UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

PEDRO DONIZETE COLOMBO JUNIOR

INOVAÇÕES CURRICULARES EM ENSINO DE FÍSICA MODERNA: INVESTIGANDO UMA PARCERIA ENTRE PROFESSORES E CENTRO DE CIÊNCIAS

São Paulo
– 2014 –

PEDRO DONIZETE COLOMBO JUNIOR

INOVAÇÕES CURRICULARES EM ENSINO DE FÍSICA MODERNA: INVESTIGANDO UMA PARCERIA ENTRE PROFESSORES E CENTRO DE CIÊNCIAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção de título de Doutor em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Física.

_____

Orientadora: Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva

São Paulo

– 2014 –

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Colombo Junior, Pedro Donizete

Inovações curriculares em ensino de física moderna: investigando uma parceria entre professores e centro de ciências. São Paulo, 2014.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientadora: Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física - Estudo e ensino; 2. Educação formal; 3. Educação não formal; 4. Inovação curricular; 5. Física moderna.

USP/IF/SBI-009/2014

Dedico este trabalho a todos que acreditam na formação
cidadã e em uma educação de qualidade
que sustente esta formação.

AGRADECIMENTOS

Seguramente este espaço limitado não é suficiente para que em poucas palavras eu possa agradecer a todas as pessoas que ao longo deste doutoramento me ajudaram a cumprir meus objetivos e realizar mais esta etapa da minha formação acadêmica. Deixo apenas algumas palavras, poucas, mas com um profundo sentimento de agradecimento.

Agradeço a Deus por ser o pilar que sustenta minha vida, por ser meu amparo e refúgio em todos os momentos e, me mostrar que sim, é possível para os que têm fé.

À minha família (de graus de parentesco e de afinidade), a qual amo muito, por sempre me apoiarem nos meus projetos e sonhos. Em especial aos meus pais, Pedro e Geny que sempre incentivaram e me amaram e, que nunca me deixaram desanimar.

Àquela que sendo amiga ouviu e aconselhou-me, como estudante mostrou que é possível superar limites, como cristã divide comigo o amor e a fé, e sendo esposa compartilha comigo a vida. Dani, este trabalho é dedicado a você!

À Profa. Dra. Cibelle, pela amizade e orientação acadêmica durante estes anos de Universidade de São Paulo. Obrigado pelas inúmeras discussões, sugestões, incentivos, "dicas" e trabalhos realizados juntos.

Aos amigos do grupo de pesquisa "Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências" (GHTC) da USP, São Carlos e aos amigos do grupo de pesquisa "Formação de Professores e Práticas Pedagógicas em Ensino de Ciências e Educação Ambiental" (ECiEA) da UNESP, Araraquara, pelas discussões acadêmicas e troca de experiências.

Aos professores participantes da pesquisa, em especial aos professores Prof. J e Prof. R, que não mediram esforços para que esta pesquisa tivesse êxito e a amiga Angélica que acompanhou, auxiliou e participou de perto de todas as etapas deste trabalho. Muito obrigado a vocês por tornarem possível esta pesquisa. Agradeço as escolas colaboradoras da pesquisa,

EE Dr. João Pires de Camargo, Araraquara/SP e EE Prof. Joaquim de Toledo Camargo, Itirapina/SP por acreditarem neste trabalho.

À Maria Cristina V. L. da Silva (Cris) do IFSC/USP e aos funcionários da secretaria de Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, pelo sempre atencioso atendimento aos alunos.

Agradeço em especial à amiga Ariane pela amizade, estudos, colaborações em trabalhos científicos e companheirismo nas inúmeras participações em eventos da área de Ensino de Física.

A Profa. Dra. Fernanda Ostermann e a Profa. Dra. Martha Marandino pela leitura crítica e valiosas sugestões no exame de qualificação da tese e, aos professores que fizeram parte do exame de defesa Prof. Dr. Nelson Studart, Prof. Dr Maurício Kleinke, Profa. Dra. Martha Marandino, Profa. Dra. Cristina Leite e Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva.

Ao diretor do CDCC, Prof. Dr. Valter Luiz Líbero, por abrir as portas do centro de ciências e permitir a realização deste trabalho. E a toda a equipe do Observatório Dietrich Schiel que auxiliaram na execução desta pesquisa. De modo especial agradeço aos amigos Jorge e André pela sempre atenciosa recepção e valiosas informações "astronômicas...". Agradeço aos professores e pesquisadores que contribuíram com a presente pesquisa ministrando palestras durante os cursos de preparo docente.

Ao Prof. Dr. Maurício Pietrocola pela vinculação deste projeto de pesquisa ao projeto temático "Inovação curricular em física: transposição didática de teorias modernas e a sobrevivência dos saberes" (FAPESP # 2008/10470-6). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP # 2010/16843-9) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Enfim, meu muito obrigado a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

COLOMBO JR, Pedro Donizete. **Inovações curriculares em ensino de física moderna: investigando uma parceria entre professores e centro de ciências.** 2014. 254f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências – Ensino de Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Esta pesquisa aborda aspectos da cultura escolar e de centros de ciências na perspectiva da transformação de saberes que utilizam a física solar com a finalidade de discutir aspectos de física moderna no ensino médio. Em parceria com professores em atuação, o objetivo foi fundamentar a utilização de Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA) que incorporassem elementos da sala de aula com atividades em um centro de ciências, levando em conta o saber docente e as especificidades de ambas as instituições. O centro de ciências em questão é o Observatório Dietrich Schiel do Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP. Assumimos como instrumento de validação das SEA a noção de transposição didática e sobrevivência dos saberes (CHEVALLARD 1991) e as regras da transposição didática (ASTOLFI et al. 1997b). Tomamos como metodologias de pesquisa a abordagem qualitativa, circundadas por uma estratégia metodológica por nós elaborada chamada de "Ciclos de Reflexão". Adotamos como instrumentos de análise dos dados coletados a noção de losango didático, suas dimensões epistêmica e pedagógica (MÉHEUT e PSILLOS 2004). Nossos resultados indicam que as SEA se adequam às regras da transposição didática e sobrevivência dos saberes em sua validação. Evidenciam também que as atividades desenvolvidas favoreceram o trabalho docente em suas dimensões didática e epistêmica na parceria centro de ciência-escola. Concluímos que, nas escolas em que os trabalhos foram desenvolvidos, as SEA e a parceria estabelecida podem ser consideradas satisfatórias e de convívio harmonioso dentro da proposta curricular do Estado de São Paulo para o 3º ano do ensino médio, possibilitando a integração da escola com o centro de ciências e favorecendo a discussão de tópicos de física moderna e física solar no ensino médio.

ABSTRACT

COLOMBO JR, Pedro Donizete. **Curricular innovations in teaching modern physics: investigating a partnership between teachers and science center.** 2014. 254f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências – Ensino de Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

This research focuses a curriculum innovation and the introduction of modern physics in the Brazilian high school based on the partnership between formal and informal education. We established the construction and use of a Teaching Learning Sequence (TLS) that incorporates classroom elements with activities in a science center, taking into account the teaching knowledge and the specificities of both institutions. The TLS elaborated were based on teaching with emphasis on the content, in this case the teaching of modern physics using solar physics in different collaborative contexts. The concerned science center was Dietrich Schiel Observatory, in the University of Sao Paulo's Center for Scientific and Cultural Dissemination, Brazil. The methodology used in the construction and implementation of the TLS was entitled "cycles of reflection", understood as a continuous research actions that provide, at every stage of investigation, didactic and pedagogical support for the teacher-researcher partnership. We used a qualitative research methodology and adopt the rules of the didactic transposition as tool for validation of the TLS. The data were analyzed using the didactic rhombus notion, with its epistemic and pedagogical dimensions. Our results indicate that the TLS obey the rules of didactic transposition and the activities favored teaching in their didactic and epistemic dimensions. We conclude that the TLS and the partnership can be considered satisfactory enabling the integration between school and science center, favoring to insert modern physics and solar physics in high school.

ÍNDICE

CONSIDERAÇÕES INICIAIS 15

CAPÍTULO 1 - Parceria entre a educação formal e a educação não formal 23
1.1 Centros de ciências um local de aprendizagem 24
1.2 Centro de ciência - escola: um romance possível 32

CAPÍTULO 2 - Inovações Curriculares e Sequências de Ensino Aprendizagem 55
2.1 Inovações curriculares no ensino de física 56
2.2 A física moderna no ensino médio 63
2.3 Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA) 73

CAPÍTULO 3 - Métodos, contextos e sujeitos da pesquisa 85
3.1 O Centro de Divulgação da Astronomia – Observatório Dietrich Schiel 86
3.2 A Sala Solar 89
3.3 Metodologia qualitativa de pesquisa 94
3.3.1 Os sujeitos da pesquisa 95
3.3.2 Sistemática da coleta de dados 97
3.4 Os ciclos de reflexão como metodologia de desenvolvimento das SEA 99
3.5 A transposição didática como instrumento de validação das SEA 103
3.5.1 Entendendo as ideias da transposição didática: um breve contexto 103
3.5.2 A sobrevivência dos saberes 109
3.5.3 As Regras da Transposição Didática (RTD) 111
3.6 O losango didático como instrumento de análise das SEA 115

CAPÍTULO 4 - O preparo docente e os Ciclos de Reflexão 121
4.1 Preparação docente 122

CAPÍTULO 5 - A construção e validação das Sequências de Ensino e Aprendizagem 145
5.1 Construção das SEA e a Inovação Curricular 146
5.2 Validação das SEA a partir da ideia de transposição didática 152
5.2.1 Regra I – Modernizar o saber escolar e sobrevivência dos saberes 154
5.2.2 Regra II – Atualizar o saber escolar e sobrevivência dos saberes 158
5.2.3 Regra III – Articular o saber novo com o antigo e sobrevivência dos saberes 160

5.2.4 Regra IV – Transformar saberes em exercícios e sobrevivência dos saberes 162
5.2.5 Regra V – Tornar um conceito mais compreensível e sobrevivência dos saberes. 164

CAPÍTULO 6 - Análise das Sequências de Ensino e Aprendizagem 171
6.1 O losango didático e as relações articuladoras 172
6.2 Análises das SEA usando as relações articuladoras do losango didático 174
6.3 Ampliando as discussões sobre as relações articuladoras delineadas 183
6.4 O antes e o depois da aplicação das SEA 193

CAPÍTULO 7 - Considerações finais 199

REFERÊNCIAS 207

APÊNDICE I 221
A – Como as lâmpadas funcionam? 222
B - Visita guiada ao Observatório Dietrich Schiel da USP 226
C - *Applet* - roteiros 232
D - Atividades práticas e experimentais 237

APÊNDICE II 243
A - Sequência de Ensino e Aprendizagem (Final) 244

APÊNDICE III 247
A – Questionário inicial 248
B - Entrevista semiestruturada 01 249
C - Entrevista semiestruturada 02 250
D - Entrevista semiestruturada 03 (professores) 251
E - Entrevista semiestruturada 04 (alunos) 253
F - Termo de autorização de uso de imagem e depoimentos 254

Considerações iniciais

A expansão do número de museus e centros de ciências pelo mundo afora, bem como a divulgação científica tem levado muitos pesquisadores da área da educação em ciências a voltarem suas pesquisas para estes locais e em seu público visitante, em especial no público escolar. No entanto há bastante espaço para as ações de investigação sobre este campo do saber quando comparadas a linhas correlatas de pesquisa em ensino de ciências, por exemplo, formação de professores de ciências. Este fato se agrava quando percebemos o pequeno número de pesquisas que versam sobre a preparação docente relacionada à pré e pós-visita aos ambientes de educação não formal e sobre a parceria entre a educação formal e a educação não formal.

O papel da aprendizagem em espaços de educação não formal pode ser considerado crescente nas sociedades modernas, um fenômeno que está intimamente relacionado com o crescente impacto da ciência e tecnologia em nossas vidas cotidianas (SALMI 2012). Segundo Bevan et al. (2010) em todo o mundo, e por muitas décadas, instituições culturais ricas em ciências, como jardins zoológicos, museus e centros de ciências, têm colaborado com as escolas para fornecer estudantes, professores e famílias oportunidades para expandir suas experiências e compreensão da ciência.

A presente pesquisa busca propiciar uma aproximação entre o ambiente escolar e o ambiente de educação não formal, abordando aspectos da cultura escolar e de centros de ciências na perspectiva da transformação de saberes que utilizam a física solar com a finalidade de discutir aspectos de física moderna no ensino médio. Não encontramos na literatura trabalhos que investiguem o trabalho de física solar e de tópicos de física moderna no ensino médio a partir de uma parceria entre o ambiente escolar e um centro de ciências. Acreditamos que visitas a centros de ciências podem oferecer a possibilidade de suprir, pelo menos em parte, algumas das lacunas deixadas pela escola tradicional e também pela formação inicial de professores. Hoje existe pouca comunicação entre professores e

educadores de espaços não formais, o que torna difícil associar o que foi visto na visita ao currículo escolar.

O centro de ciências em questão é o Observatório Dietrich Schiel do Centro de Divulgação da Astronomia, vinculado ao Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP), em particular a atividade desenvolvidas na Sala Solar, um espaço equipado e devotado ao estudo e divulgação do Sol. A física solar é um assunto que permite trabalhar a física moderna e também contextualizar os temas estruturadores dos PCN+ "Matéria e Radiação" e "Universo, Terra e Vida" (BRASIL 2002). A escolha em trabalhar o tema Sol nesta parceria foi motivada pelo fato de ser este um assunto que naturalmente possibilita uma abordagem interdisciplinar e que permite adentrar em campos do ensino de ciências pouco discutidos em sala de aula como, espectroscopia e astrofísica.

Esta pesquisa, ao abordar a física solar e discutir a parceria educação formal e educação não formal, busca contribuir com o ensino de física propiciando ao professor em atuação subsídios para uma nova abordagem de conteúdos de física moderna trabalhados dentro da proposta curricular oficial. A ideia de parceria surge em um contexto motivacional em que o setor educativo do Observatório Dietrich Schiel passa a observar, dentre outros aspectos, o expressivo número de professores e alunos que visitam o Observatório anualmente e, as possibilidades de trabalhar tópicos de física moderna em atividades desenvolvidas na Sala Solar. A pesquisa também foi motivada pela inquietação dos pesquisadores em propor novas possibilidades para os professores repensarem suas práticas docentes frente às abordagens de alguns conteúdos presentes no currículo de física no ensino médio, trabalharem a física solar com os alunos e aproximarem a educação formal e não formal.

Como afirma Griffin (2008) visitas escolares a centros de ciências podem formar uma componente integral e inovadora na prática escolar de aprendizagem em ciências. Incorporar a

visita aos trabalhos escolares é uma forma de tornar a finalidade educativa da visita mais clara, além de fornecer aos alunos a possibilidade de continuar em sala de aula a discutir as informações coletadas e situações didáticas vivenciadas durante a visita.

Os centros de ciências têm um grande potencial para auxiliar no processo de aprendizagem em ciências dos alunos, visto que são ambientes ricos em estímulos e atividades. No entanto, apenas a imersão nesses ambientes pode não refletir uma condição suficiente para que a aprendizagem ocorra de forma satisfatória, sendo necessário integrar a visita ao currículo escolar, de modo que ambos os ambientes trabalhem de maneira conjunta para que o visitante alcance uma aprendizagem eficaz e duradoura.

Nesta pesquisa propomos trabalhar tópicos de física solar e astrofísica visando inovações curriculares no ensino de 'física moderna' presentes na proposta curricular do Estado de São Paulo para a terceira série do ensino médio, por meio da elaboração de Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA), em parceria com professores em atuação. As SEA desenvolvidas abrangeram a sala de aula e um espaço de educação não formal, de modo que um ambiente completou e auxiliou o outro no processo de construção de estratégias didáticas e de saberes docentes.

O trabalho com tópicos de física moderna no ensino médio são citados em documentos oficiais (PCN, Propostas Curriculares Estaduais, PCN+) desde as últimas décadas do século XX, sendo o pensar a prática docente frente a este trabalho uma necessidade constante. Os desafios no trabalho com a física moderna no ensino médio são impostos não apenas pela complexidade intrínseca do tema, mas por uma insegurança referente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar. Além disso, o sistema de ensino na maioria das vezes dificulta e até impede qualquer tipo de inovação, seja ela de conteúdo ou de metodologias. Quando falamos em inovação curricular e discussão de tópicos de física moderna no ensino médio verificamos que além da literatura a respeito de questões metodológicas ser escassa,

encontram-se muitas divergências a respeito de qual caminho seguir (OSTERMANN e MOREIRA 2001).

Podemos pensar a inovação curricular como a criação de novos métodos e formas de abordar conteúdos que o professor pode utilizar com seus alunos no processo de ensino e aprendizagem. Acrescenta-se, também, a incorporação do espaço de educação não formal como um viés inovador da prática docente, a qual pode trazer efetivas contribuições para dos desafios de buscar melhorias no ensino de física para o ensino médio, particularmente nas escolas em que se desenvolve esta investigação. A inovação a que propomos não se restringe ao trabalho com a física solar e a novas formas de abordagens de conteúdos de física moderna, mas também a integração entre a educação formal e não formal como complementares no processo de ensino e aprendizagem. Para Ferretti (1995), o inovar compreende a participação dos alunos em diferentes esferas que não apenas o intelectual, a exemplo da integração social. Entendemos que a visita ao Observatório Dietrich Schiel configura-se como viés muito importante para a efetivação da integração sociocultural entre os alunos e os professores, visto que o desenvolvimento das atividades no espaço não formal de educação propicia aos alunos momentos intensos de interação e discussão das exposições.

Na presente pesquisa assumimos como instrumento de validação das SEA a noção de transposição didática proposto pelo francês Ives Chevallard (1991) e as regras da transposição didática propostas por Astolfi et al. (1997b). Como instrumentos de análise dos dados coletados adotamos a noção de losango didático, suas dimensões epistêmica e pedagógica em uma abordagem construtivista integrada (MÉHEUT 2005).

Como metodologia de pesquisa, tomamos a abordagem qualitativa com gravações em áudio e vídeo, questionários, observações dos visitantes e anotações pessoais e, entrevistas com alunos e professores. A metodologia utilizada buscou por meio da parceria entre a educação formal (professores) e educação não formal (pesquisadores) a elaboração de SEA

com vistas à inovação curricular e discussão de tópicos de física moderna a partir da física solar no ensino médio público do Estado de São Paulo. Destaca-se ainda uma estratégia metodológica por nós elaborada chamada de “ciclos de reflexão” como metodologia de desenvolvimento das SEA.

Objetivamos empreender uma pesquisa que: (A) enfocasse a inserção de física solar e discussão de tópicos de física moderna no ensino médio. (B) possibilitasse o desenvolvimento de SEA na parceria escola-centro de ciências e que considerasse os saberes docentes e de pesquisa neste processo. (C) Contribuísse para a efetivação de parcerias entre a educação formal e a educação não formal, na observância da proposta curricular vigente para o ensino de física de nível médio. Sobre a realização de atividades no Observatório buscamos, estimular os alunos na coleta de informações e incitá-los a terem uma participação ativa nas discussões frente às atividades, não perdendo a essência motivacional e de ludicidade destes espaços.

Debruçamo-nos sobre algumas indagações gerais de pesquisa tais como: Com um enfoque na inovação curricular, é possível o ensino de física solar no ensino médio? Como lidar (e buscar superar) os obstáculos didático-pedagógicos ligados ao ensino de tópicos de física moderna a partir da física solar por meio da construção de SEA desenvolvidas na parceria professores-centro de ciências? Como desenvolver SEA que considerem o espaço escolar em parceria com um centro de ciências e como interpretar as dimensões epistêmica e pedagógica desta relação?

A pesquisa foi estruturada a partir de cinco frentes de atuação. A primeira delas refere-se à instrumentalização da Sala Solar, na qual foram construídos um espectroscópio e um quadro de lâmpadas para o desenvolvimento de atividades relacionadas à espectroscopia. A segunda pautou-se do oferecimento de cursos de atualização aos docentes participantes da pesquisa. A terceira reflete a elaboração conjunta (professor-pesquisador) de SEA aplicadas

com os alunos em sala de aula e no Observatório Dietrich Schiel. A quarta reflete a aplicação das SEA e sua constante reelaboração, a partir do acompanhamento e discussão com os docentes no momento de sua aplicação. Por fim, a quinta frente de atuação refere-se à validação das SEA a partir da noção de transposição didática e análise dos dados coletados usando dos pressupostos teóricos do losango didático.

Este texto está estruturado em sete capítulos. No primeiro capítulo discutimos sobre a parceria entre a educação formal e não formal, enfocando os centros de ciências como locais de aprendizagem e que possui características próprias. Para esta discussão nos apoiamos em diferentes trabalhos (nacional e internacional) voltados a esta temática. No segundo capítulo as discussões se resumem a fomentar três pontos: a importância de temas da física moderna no ensino médio, as inovações curriculares no ensino de física, seja com a inserção de novos conteúdos, como tópicos de física solar ou a partir da parceria com a educação não formal. O terceiro capítulo traz os métodos, contextos e sujeitos da pesquisa. Neste capítulo apresentamos e discutimos uma metodologia de desenvolvimento das SEA que nos elaboramos - os ciclos de reflexão, bem como os instrumentos de validação e análise dos dados coletados. Apresentamos também, de forma mais extensa, o ambiente não formal pesquisado, o Observatório Dietrich Schiel. Os três capítulos seguintes referem-se aos resultados da pesquisa, ou seja, no quarto capítulo apresentamos a análise e discussão dos cursos de preparo docente realizados no Observatório. Neste capítulo evidenciamos o modo como ocorreram os encontros preparatórios, as atividades realizadas e a contribuição dos professores dentro da pesquisa. O quinto capítulo traz uma discussão, a partir das ideias de transposição didática, sobre a construção e validação das SEA. No sexto capítulo analisamos as SEA por meio dos pressupostos teóricos do losango didático e suas dimensões didática e epistêmica. Neste capítulo apresentamos ainda algumas das possibilidades e dificuldades-limitações das SEA trabalhadas. Por fim, no sétimo capítulo apresentamos os direcionamentos

finais do trabalho de pesquisa buscando contribuir, no âmbito da pesquisa com a área de Ensino de Física, no âmbito da extensão com a formação do professor e, no âmbito do ensino com a melhoria do ensino de física nas escolas por meio de inovações curriculares.

Capítulo 1 - Parceria entre a educação formal e a educação não formal

1.1 Centros de ciências um local de aprendizagem[1]

Não é difícil perceber que a escola sozinha não consegue dar conta da gama crescente do vertiginoso progresso científico e tecnológico de nossos dias. Não há tempo e nem espaço suficientes em seus limitados currículos e programas. Décadas atrás ensinar ciências era considerado uma exclusividade da escola, e o legado de educar hábitos e costumes, valores morais e cívicos era atribuído à família. Hoje, entretanto, isso não é mais válido. Se por um lado a escola passou a acumular tarefas que outrora eram atribuídas às famílias, por outro, o papel de ensinar ciências deixou de ser exclusividade das escolas.

Em geral, a ciência ensinada nas escolas é vista pelos alunos como ultrapassada, sem graça e desmotivadora. Para Falk e Dierking (2000), o aprendizado compreende um diálogo entre o indivíduo e os contexto pessoal, sociocultural e físico em que está inserido. Como na escola muitas vezes não existe este diálogo, nem mesmo contextualização do que é ensinado, o aluno acaba não incorporando o que está sendo estudado e esquece rapidamente o que lhe foi ensinado. Braund e Reiss (2006) advertem para necessidade de se incluir nos tópicos ensinados nas aulas de ciências atividades em espaços não formais de educação, como visitas a centros de ciências e observatórios astronômicos. Para eles, os alunos ao se depararem com tópicos da ciência fora do âmbito escolar formal, começam a ver a ciência como mais atraente, motivadora e desafiante.

[1] Durante a 20ª Assembleia Geral de Barcelona, Espanha (2001), com base no Comitê Internacional de Museus (ICOM), o termo "museu" foi definido como "instituição permanente, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público e que adquire, conserva, investiga, difunde e expõe os testemunhos materiais do homem e de seu entorno, para educação e deleite da sociedade". Também se estabeleceu que além das instituições designadas como "museus", se consideram incluídas nesta definição instituições como centros de ciências e planetários; sítios e monumentos naturais, arqueológicos e etnográficos; instituições que conservam coleções e exibem exemplares vivos de vegetais e animais – como os jardins zoológicos, botânicos, aquários e vivários; parques naturais, entre outras. Fonte: *International Council of Museums* - http://icom.museum/
Neste trabalho utilizaremos o termo centro de ciências para designar o Observatório Dietrich Schiel, pois consideramos ser este o termo que melhor exprime suas especificidades: um espaço sem fins lucrativo, visitado por públicos variados e que traz como missão promover o ensino e a divulgação da astronomia para toda a sociedade.

Nas últimas décadas diversas pesquisas vêm mostrando os centros de ciências como locais que favorecem a aprendizagem do educando (ALLARD e BOUCHER 1991, FALK e DIERKING 2000, MARTINS 2006, TRAN 2007) e que ampliam as possibilidades de trabalho do professor.

> [...] a caracterização dos museus como espaços educativos é parte de um entendimento de educação enquanto um processo amplo de socialização do qual participam [...] instituições e indivíduos, e no qual os museus podem desempenhar um papel na transmissão de valores, conhecimentos e competências essenciais voltados para a socialização (MARTINS 2006, p. 21).

Centros de ciências podem ser considerados instituições intrinsicamente educativas, no momento em que entendemos a educação enquanto um processo de abrangência sociocultural em que participam diversas instituições e atores sociais (KÖPTKE 2003). Estes espaços podem desempenhar um papel importante no processo de ensino e aprendizagem, visto que têm a capacidade de nutrir a curiosidade dos visitantes e de criar um senso de maravilha que sustenta o desejo em aprender. A motivação e a curiosidade desencadeadas durante uma visita podem ressurgir semanas, meses e até anos depois de uma visita (FALK e DIERKING 2000), levando os visitantes a terem uma nova postura frente ao conhecimento científico.

A comunidade escolar é um dos públicos mais assíduo dos museus em todo o mundo. No Brasil na maioria das vezes é somente por meio da escola que nossas crianças e adolescentes visitam estas instituições. Alguns estudos investigando o valor intrínseco das visitas escolares a centros de ciências indicam que aqueles que participam da visita têm um evidente ganho cognitivo quando comparado com estudantes que não participam (GRIFFIN 2004). A visita a um centro de ciências favorece não só a aprendizagem em ciências, mas o crescimento pessoal do indivíduo. É um local onde o aluno se vê questionado, desafiado e tem a possibilidade de refletir sobre sua prática enquanto estudante e cidadão.

Centros de ciências são instituições que vêm sendo caracterizadas como locais que possuem uma forma própria de desenvolver sua ação educativa. No Brasil grande parte dos pesquisadores classifica estes locais como sendo de educação não formal. Por outro lado, em muitos países de língua inglesa o termo educação não formal não é muito conhecido e os pesquisadores adotam outras denominações, como educação informal, educação comunitária ou pedagogia social (SMITH *apud* AROCA 2009).

Inúmeros estudos evidenciam que a variedade de definições para educação formal, não formal e informal torna difícil impor limites e fronteira entre essas práticas educacionais (HOFSTEIN e ROSENFELD 1996, VEDEBONCÆUR 1997, MARANDINO et al. 2003, BIANCONI e CARUSO 2005, GUISASOLA e MORENTIN 2007, MARANDINO 2008, SALMI 2012, entre outros). Não havendo também uma definição clara para os termos educação não formal e divulgação científica. Reforçando esta constatação, uma pesquisa realizada pelo Grupo de Estudos de Educação Não Formal e Divulgação em Ciências (GEENF), da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, buscou analisar as definições de profissionais atuantes na área de educação não formal (e da literatura) sobre os termos, chegando a seguinte conclusão:

> Os dados obtidos até o presente momento reforçam a percepção da inexistência de uma definição comum desses termos [educação não formal e divulgação científica] tanto na bibliografia quanto entre os profissionais da área, já que foi verificado o uso de critérios diferenciados para definição dos termos em estudo [...] o que demonstra a falta de uma linguagem comum entre aqueles que "pensam/praticam" atividades relacionadas a eles (MARANDINO et al. 2003, p.11).

Em um documento da UNESCO (1972) intitulado "Aprendendo a ser", no qual se estabeleceram metas quanto à educação ao longo da vida (SMITH 1996), encontramos uma possível definição para a categorização tripartidária do sistema educacional, formal, não formal e informal. De modo sucinto, podemos entender a **educação formal** como sendo aquela que está hierarquicamente estruturada em um sistema de educação cronologicamente graduado, incluindo estudos acadêmicos e uma variedade de programas especializados em

instituições oficiais. A **educação não formal** pauta-se em atividades organizadas fora do sistema formal de educação, operando separadamente ou como parte de atividades mais amplas (complementares), que pretendem servir a *clientes* previamente identificados como aprendizes e que possui objetivos de aprendizagem. Por fim, a **educação informal** pode ser entendida como um processo realizado ao longo da vida, em que cada indivíduo adquire atitudes, valores, competências e conhecimentos a partir da experiência cotidiana e das influências educativas, e de recursos em seu ambiente familiar, de trabalho, lazer e das diversas mídias.

Compartilhamos com Marandino (2008) de que podemos analisar nossas instituições, e as atividades que nela se desenvolvem, de forma integrada ou separadamente.

> [...] podemos ainda realizar essa análise pelo ponto de vista do aprendiz. Dessa forma, um museu, por exemplo, poderia ser nomeado como um espaço de educação não formal quando o pensamos como instituição, com um projeto de alguma forma estruturado e com um determinado conteúdo programático [...] poderíamos considerá-lo como educação formal, quando alunos o visitam com uma atividade totalmente estruturada por sua escola, buscando aprofundamento em um determinado conteúdo conceitual [...] e podemos, ainda sob o olhar do público, imaginá-lo como educação informal, ao pensarmos em um visitante que procura um museu para se divertir em um final de semana com seus amigos ou familiares (MARANDINO 2008, p. 15).

O movimento de pensar a educação formal integrada a outros ambientes torna-se cada vez mais frequente na sociedade atual e, emerge em diferentes campos do saber, no qual o estudante recebe conhecimentos e habilidades dos variados contextos de aprendizagem. Pensando na integração entre a educação formal, não formal e informal como contextos de aprendizagem, podemos entender esta integração como sendo intrinsicamente relacionada à formação cidadã do estudante. Neste sentido o estudante situa-se no centro de uma representação integradora que abrange todos os ambientes educacionais (Figura 1).

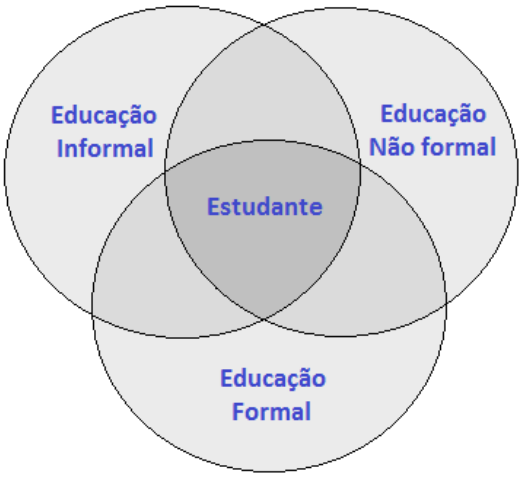


Figura 1: Integração entre educação formal, não formal e informal
Fonte: produzido pelo autor.

Nesta pesquisa adotamos o termo educação não formal por entender que suas características descrevem muito bem os espaços dos centros de ciências e suas atividades, em especial as especificidades do Observatório Dietrich Schiel e a atividade Sala Solar. Entendemos ainda que a educação não formal e educação informal devem ser vistas, não como concorrentes, mas como complementares e parceiras da educação formal, uma vez que todas podem trilhar o mesmo objetivo, ensinar.

Espaços de educação não formal, como o Observatório Dietrich Schiel são espaços com objetivos, funções e público alvo muito variado uma vez que são visitados pelas diversas faixas etárias, etnias e classes sociais de nossa sociedade. Nestes locais o público exibe diferentes níveis de compreensão das atividades trabalhadas, já que trazem uma bagagem sociocultural distinta e carregadas de aspectos pessoais. As atividades oferecidas pelo Observatório Dietrich Schiel possibilitam ao público falar e ouvir sobre astronomia, visualizar os objetos celestes, tocar, discutir e entender o funcionamento de instrumentos astronômicos, enfim, possibilita ao visitante ter uma interação ativa com o conhecimento científico, neste caso com a astronomia e astrofísica.

A educação científica em espaços não formais deve considerar a compreensão das ciências como fator necessário à formação de cidadãos críticos capazes de atuar de maneira ativa na sociedade e posicionarem-se a respeito de questões científicas e tecnológicas (SABBATINI 2004). Assim, a aproximação dos centros de ciências com a comunidade (e nesta se inserem alunos e professores) se faz muito importante, trazendo vantagens a toda sociedade e enriquecendo o saber e a cultura de todos.

Os centros de ciências vêm cada vez mais se constituindo em espaços educativos parceiros e complementares à educação formal, possibilitando a ampliação e a melhoria do conhecimento científico da sociedade (ALLARD e BOUCHER 1991, VEDEBONCÆUR 1997, BHATIA 2009). Estes locais seduzem e causam provocações raramente vivenciadas em salas de aula (AROCA 2009). Os centros de ciências ao abordarem os conteúdos científicos de modo diferenciado passaram a ser vistos por educadores e professores da área de ensino de ciências como instituições capazes de propiciar um importante complemento ao processo educacional dos alunos (JACOBUCCI 2006).

É fato que a aprendizagem não é um evento instantâneo, devendo ser entendido como um processo que demanda tempo e é diretamente influenciado por fatores extrínsecos (ambiente, materiais, adaptações) e fatores intrínsecos (memória, motivação, desenvolvimento cognitivo). Falk e Dierking (2000) estabelecem que as visitas a museus e centros de ciências devem envolver três contextos: o pessoal, o sociocultural e o físico (Figura 2). Para eles estes contextos são a janela através da qual podemos visualizar a perspectiva do visitante durante uma visita a um centro de ciências. Permeando os contextos, os autores explicitam a dimensão temporal, a qual sugere que ainda que no momento da visita algo fique incompreensível para o visitante, suas recordações e experiências vivenciadas nas visitas podem contribuir para o aprendizado futuro.

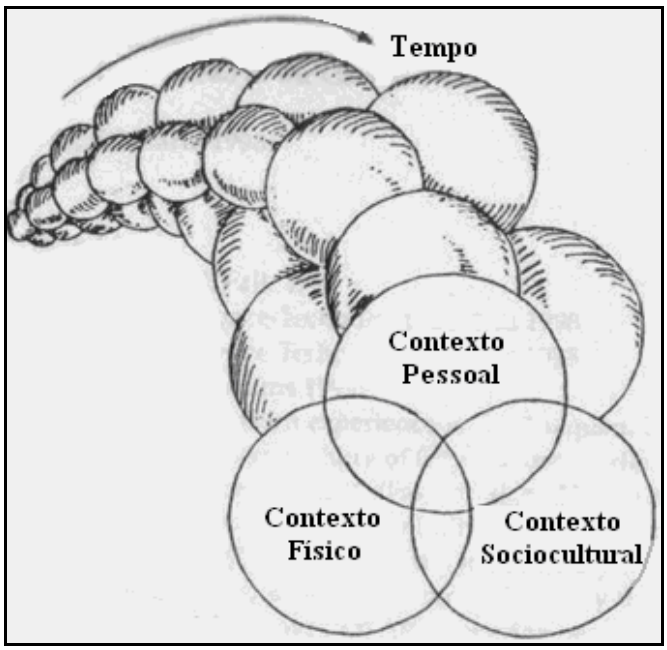


Figura 2: O Modelo Contextual de Aprendizagem (FALK e DIERKING 2000, p. 12).

O contexto pessoal é único para cada visitante que chega ao centro de ciências com um conjunto de expectativas e motivações próprias, que serão decisivas e irão influenciar seu aprendizado durante a visita. Nas palavras de Falk e Storksdieck (2005, p. 745), "[...] representa a soma total da história genética e pessoal que o indivíduo carrega com ele, em uma situação de aprendizagem". Os autores mencionam ainda que no contexto pessoal também estão envolvidas diversas ações, como: motivação e expectativa da visita, conhecimento prévio, experiências de visitas anteriores, interesses a *priori* e, controle e escolhas.

Sobre o contexto sociocultural, em geral, muitas das pessoas que visitam os museus e centros de ciências sozinhas ou em grupo, como é o caso das visitas escolares ao Observatório Dietrich Schiel, acabam interagindo com outros visitantes e socializando os conhecimentos. Segundo Aroca (2009), o contexto sociocultural também se faz importante no caminhar dos visitantes pelas exposições, onde na maioria das vezes ocorrem diálogos entre os mediadores e visitantes e entre os próprios visitantes, sempre na busca de um sentido pessoal para o que

estão vendo, ouvindo ou lendo. Para Falk e Storksdieck (2005), uma expectativa de aprendizagem em museu é sempre uma situação sociocultural. Como enfatiza Tal e Morag (2007) a mediação sociocultural desempenha um papel crítico em personalizar as experiências vivenciadas nos espações de educação não formal, em particular nos centros de ciências.

No que se refere ao contexto físico, este é decisivo no comportamento dos visitantes, pois tudo que o visitante observa e guarda na memória é fortemente influenciado pelo contexto físico (arquitetura, objetos em exibição, iluminação). Aprendizagem não requer apenas o conhecimento prévio, motivação adequada e uma combinação de ações pessoais, física e mental, mas também um contexto adequado para se expressar. Na ausência da percepção e ligação dos conteúdos ao mundo exterior, os padrões e associações intrínsecos a cada indivíduo permanecem dormentes e sem sentido. Segundo Falk e Storksdieck (2005) sobre o contexto físico há de se considerar: a organização e orientação do espaço físico, a arquitetura do ambiente e o *design* da exposição, além de atentar para as formas de retomada de atividades fora ambiente não formal.

Em determinados momentos, devido à história de vida do visitante e fatores intrínsecos, um determinado contexto pode assumir maior importância do que outro e influenciar mais o visitante. No entanto, considerar estes três contextos no planejamento e execução das atividades pode ser uma boa alternativa para que a visita a um centro de ciências possa contribuir significativamente para uma experiência de aprendizagem significativa. Assim como duas pessoas nunca veem o mundo do mesmo modo, a experiência de cada visitante também é única (FALK e DIERKING 1992).

Ampliando a ideia de contextos de aprendizagem, Falk e Dierking (2000) defendem que após uma visita o que fica gravado na memória dos visitantes constitui-se em uma forma de aprendizagem potencial. Acrescentam ainda que as recordações da visita são integradas a categorias mentais e que estas nem sempre correspondem a esquemas conceituais acadêmicos,

mas dispõem de amplo significado pessoal. Para Tran (2007) embora a experiência no centro de ciências dure poucas horas, há evidencias de que as interações são memoráveis. Assim, as experiências que ocorrem após a visita frequentemente desempenham um importante papel na determinação, em longo prazo, do que realmente foi aprendido durante a visita (FALK e STORKSDIECK 2005).

O Modelo Contextual de Aprendizagem tem sido utilizado como constructo teórico em algumas pesquisas que versam sobre a educação não formal, por exemplo: Kisiel (2003) discutindo a conexão entre a educação não formal e o currículo em salas de aula e, Falk e Storksdieck (2005) investigando a aprendizagem dentro de um cenário não formal de educação. Estes últimos, por exemplo, buscaram responder se o Modelo Contextual de Aprendizagem constitui ou não um instrumento útil para o entendimento da aprendizagem que ocorre nos museus. Debruçando sobre a questão, os autores expressam que os resultados apoiam o valor deste modelo como uma estrutura operacional para as ações desenvolvidas nos centros de ciências. Acrescentam ainda que o modelo fornece um quadro útil para começar a desvendar as complexidades da aprendizagem que ocorrem nos centro de ciências, na qual, segundo os autores, é imprescindível considerar as especificidades de cada instituição de educação não formal. Diante do exposto buscamos na realização das atividades no Observatório Dietrich Schiel considerar os pressupostos teóricos do Modelo Contextual de Aprendizagem de modo a guiar nossas ações de pesquisa.

1.2 Centro de ciência - escola: um romance possível

Temos a consciência de que a temática que propomos discutir nesta seção insere-se em um arcabouço imenso de ideias, apontamentos, interpretações e posicionamentos, os quais muitas vezes são conflitantes. Nosso intuito é situar esta investigação e ao mesmo tempo ser um chamariz para evidenciar a importância desta discussão para o ensino de ciências. Para nossos apontamentos nos apoiamos em uma gama de trabalhos científicos sobre a temática, os

quais diferem em: posicionamentos de pesquisadores, locais geográficos (Austrália, Brasil, Espanha, EUA, Finlândia, França, Israel, Itália), abordagens e sujeitos de pesquisa.

Há uma literatura muito vasta que discute a parceria centro de ciências e escola, buscando estabelecer parâmetros acerca dos possíveis caminhos para efetivar esta relação (ALLARD e BOUCHER 1991, 1998, ALLARD e LEFEBRVE 1997, VEDEBONCÆUR 1997, FALK e DIERKING 2000, FALK e STORKSDIECK 2005, ALDEROQUI 2006, etc.) e defendendo esta parceria (ALLARD e BOUCHER 1991, GRIFFIN e SYMINGTON 1997, ALLARD 1999, KÖPTKE 2003, MARTINS 2006, DUJOVNE 2006, BRAUND e REISS 2006, GUISASOLA e MORENTIN 2007, GRIFFIN 2008, BHATIA 2009, FALK e DIERKING 2010, etc.). No entanto pouco tem sido feito com o objetivo de aproximar estas instituições, um fato sinalizado por pesquisadores há pelo menos duas décadas (ALLARD et al. 1994, HOFSTEIN e ROSENFELD 1996).

> [...] enquanto nós temos boas razões para acreditar que experiências de educação não formal podem enriquecer o currículo escolar em ciências, nós sabemos relativamente pouco sobre como estas experiências podem melhor ser integradas dentro do currículo escolar. Pesquisas futuras em educação em ciências deveriam focar em como efetivamente compartilhar as experiências da educação formal e não formal, a fim de aumentar significativamente a aprendizagem em ciências (HOFSTEIN e ROSENFELD 1996, p.107, *tradução nossa*).

Nos últimos anos tem se intensificado a tomada de consciência sobre o poder educativo dos museus e centros de ciências em todo o mundo. Embora isso possa ser entendido de diferentes formas, este pode ser considerado um movimento promissor para os processos de ensino e aprendizagem e que tem sido sentido por ambas as instituições. Segundo Allard e Boucher (1998), apesar de inúmeras pesquisas evidenciarem que a parceria entre escola e centro de ciências é benéfica para ambas às instituições, são poucas as situações em que estas parcerias efetivamente ocorrem. Como exemplo, os autores citam uma pesquisa realizada pelo Ministério da Educação de Quebec, Canadá, a qual revelou que menos de 8% dos professores usam visitas escolares como parte do processo de ensino e aprendizagem dos alunos. A

justificativa é que estes professores se sentem despreparados para aproveitar as possibilidades que os espaços extraclasses oferecem no diálogo com seus alunos (ALLARD e BOUCHER 1998, p. 25).

Griffin e Symington (1997) afirmam que pouco tem sido pesquisado sobre o papel do professor como facilitar do aprendizado durante as visitas. Zeller (*apud* ALLARD et al. 1994) lembra também que a ausência de uma base teórica claramente articulada que faça a interface centro de ciências e a escola assombra os educadores e as instituições de educação não formal a algum tempo.

A parceria centro de ciência e escola é uma relação delicada e que envolve diversos fatores organizacionais (deslocamento e preparo dos alunos, escolha de atividades), pessoais (autorização de pais para a visita, ansiedade, professor acompanhante) e institucionais (agendamento, disponibilidade, espaço físico, agenda escolar). Para Alderoqui (2006) esta relação, muitas vezes, apresenta-se como conflituosa, tanto pelo lado das escolas que:

> [...] [reclamam] à perda de dia de aula de acordo com a época do ano em que é realizada a visita; geralmente os temas abordados nas visitas não coincidem com os temas que estão sendo trabalhados em sala de aula; as visitas mostram sempre a mesma coisa; os alunos têm muitas restrições à livre circulação e em alguns casos os estudantes são vistos como intrusos; não recebem instruções de como trabalhar os temas vistos durante a visita em sala de aula, perdendo o sentido da visita (ALDEROQUI 2006, p. 30, *tradução nossa*).

quanto por parte dos centros de ciências que:

> [...] reclamam do desinteresse dos alunos, os quais entendem a visita como apenas um passeio e só se preocupam com a hora da recreação; as escolas trazem pretensões de visitar apenas um espaço, o que altera a organização do museu; os professores não se responsabilizam pelos alunos durante a visita; se queixam de que as escolas não avisam quando não podem visitar o museu, deixando-os na expectativa de espera e sem pessoal suficiente (ALDEROQUI 2006, p. 30, *tradução nossa*).

Köptcke (2002b) revela ainda que diversas pesquisas no cenário francês reforçam alguns aspectos problemáticos da parceria entre os ambientes formal e não formal. Como exemplos, a autora traz a dificuldade em equacionar perspectivas e valores durante uma interação professores e profissionais das instituições visitadas.

> Os professores, em suas declarações, manifestaram sentimento de exclusão com relação ao processo de concepção das atividades oferecidas aos seus alunos, consideravam que a linguagem utilizada nem sempre era adequada [...]. Por outro lado, os mediadores ignoram, algumas vezes, o nível de informação do público a quem se dirigem, consideram os professores incapazes de conduzirem com sucesso uma visita e costumam privilegiar uma postura de abertura e independência total no que se refere ao programa escolar e às atividades oferecidas [...] (KÖPTCKE 2002b, p.75).

Para a pesquisadora argentina Dujovne (2006) algumas indagações precedem o pensar à parceria entre o formal e o não formal. Para ela é primordial refletir sobre: "Por que devemos pensar simultaneamente estas duas instituições?" "Como se relacionam suas funções?" "Podemos realmente envolvê-las em uma reflexão comum?". Os espaços de educação não formal, particularmente os centros de ciências, cada vez mais criam uma complexa rede de papéis em nossa sociedade, sendo que o pensar a parceria torna-se parte de uma problemática maior: Como promover a alfabetização científica dos cidadãos em um mundo cada vez mais tecnológico? Estas são questões importantes a serem consideradas quando se vislumbra a parceria centro de ciência escola, visto que cada instituição possui especificidades, contextos e objetivos próprios, os quais devem ser considerados dentro de uma parceira. Se por um lado esta aproximação pode trazer benefícios para ambas às instituições, por outro é preciso cuidado no sentido de não interferir nos propósitos específicos que cada uma traz.

Dujovne (2006) acrescenta que se os centros de ciências querem refletir sobre sua interação com a escola, devem primeiramente buscar conhecer as expectativas das escolas que os visitam e como se inserem as visitas escolares em sua política institucional. Neste sentido, entendemos que o sucesso de uma visita escolar dependerá em grande parte da possibilidade de entendimento de objetivos e metas traçadas por professores e também pelos mediadores das instituições visitadas. O centro de ciências pode ser para a escola uma ferramenta de ação em qualquer tentativa de sanar as lacunas culturais e/ou educacionais identificadas na educação formal. Em contrapartida, os centros de ciências encontram na escola uma

intermediária quase que imprescindível no sentido de se fixarem como instituições democratizadoras e divulgadoras da ciência para o público geral.

Köptcke (2002a) enfatiza que embora a relação entre as instituições de educação formal e não formal seja bastante antiga, esta é uma relação que envolve atores provenientes de campos específicos (cultura, educação), que muitas das vezes proclamam diferentes objetivos e, não é incomum terem interesses particulares (social, político, cultural, econômico, científico e educativo). Tem-se, então, uma relação complexa, na qual "a parceria está longe de constituir uma decorrência natural desta relação" (p.16).

Em outros trabalhos, Köptcke (2002b, 2003) relata que há duas décadas fala-se recorrentemente deste tipo de parceria educativa em terras francesas. Para ela o projeto de parceria com a escola é duplamente vantajoso para o ambiente de educação não formal: responde à demanda social de democratização de instituições e produtos culturais e ao mesmo tempo favorece a legitimação desta instituição junto a possíveis financiadores dentro da iniciativa privada. Por outro lado, para a escola a parceria também é benéfica, encontrando justificativas na materialização da abertura da instituição escolar a novos horizontes e possibilidades educacionais, possibilitando aos alunos,

> [...] experiências de aprendizagem diferentes daquelas tradicionalmente privilegiadas na sala de aula: o contato direto com o objeto, a apresentação temática, o princípio de interatividade, faz das exposições espaços pedagogicamente inovadores favorecendo outras relações entre aquele que aprende e o objeto de aquisição cognitiva, afetiva, social ou outra (KÖPTCKE 2002b, p.72-3).

Em meio a esta discussão, é importante ressaltar que nem todo trabalho extraclasse ou a ida aos centros de ciências caracteriza um trabalho de parceria. A utilização do espaço físico em si, sem atentar as suas especificidades (contextos de aprendizagem, temporalidade, espaço, exposições) ou ainda a realização de atividades mecanicamente, sem uma reflexão sobre a prática, reflete um pseudobenefício de "troca" entre o sistema escolar o espaço visitado. É preciso que o professor crie, juntamente com a equipe do local visitado, situações e

experiências que harmonizem a atuação dos visitantes com a proposta do espaço visitado e, busque também interligar a experiência vivenciada a prática de sala de aula.

Centros de ciências são locais poli funcionais, onde, por um lado, os estudantes podem ter um contato mais próximo com as ciências, manusear e interagir com objetos científicos e, por outro lado, permitem aos professores maximizar seu desenvolvimento profissional e atualizar seus conhecimentos acerca da ciência. Na interpretação de Köptke (2003) os professores deveriam interpretar os centros de ciências como espaço de abertura didático-pedagógica, desenvolvendo práticas diferenciadas daquelas de sala de aula, ou em complementaridade a estas, aproveitando ao máximo os potenciais de cada meio.

Para Julião (2004) o principal objetivo dos espaços de educação não formal é potencializar a motivação, interesse e participação do aluno, buscando um diálogo da ciência com a comunidade. Porém para outros pesquisadores, por exemplo, Mintz (2005), o "potenciar a motivação" muitas vezes distorce o objetivo principal do centro de ciências, no que tange a um diálogo consistente entre a ciência e a sociedade.

> É mesmo uma ironia que em um mundo que enfrenta uma variedade de questões graves, muitas delas calcadas na ciência e na tecnologia, muitos centros de ciência se preocupem quase que exclusivamente em fazer da ciência algo divertido e animado, parques de diversões para a mente. Os mesmos verbos de ação aparecem [...] nas propagandas de marketing – Explore, Imagine, Descubra, Construa, Experimente, [...] supervalorizando a diversão, corremos o risco de, literalmente, perder a ciência dos centros de ciência [...] (MINTZ 2005, p.7).

Assim, a aproximação e parceria entre a educação formal e não formal deve ser vista com cautela e objetos bem definidos. Pilo et al. (2011) debate o uso dos centros de ciências italianos como recursos para maximizar as ações da escola e ressalta a importância do envolvimento do professor nas atividades visitadas. Para eles os professores são a componente vital para o desenvolvimento de cidadãos alfabetizados cientificamente. Enfatizam que os centros de ciências não apenas injetam um elemento de diversão nas ciências, mas também desempenham um importante papel como "educadores" das ciências.

Os visitantes, ao explorar as atividades e discutirem com seus pares, estão sendo constantemente estimuladas a expressar opiniões e construir seu conhecimento através de uma aprendizagem cooperativa, ou seja, um conhecimento socialmente construído (PILO et al. 2011).

Allard et al. (1994) apresentam parte dos resultados de um trabalho desenvolvido por seu grupo de pesquisa (*Groupe de recherche sur l'éducation et les musées* - GREM), Universidade de Québec-Montreal, sobre a colaboração educacional que pode ser aplicada a parceria museu-escola. Com o objetivo de analisar esta parceria, os autores atentam para quatro componentes pedagógicos: finalidade, assunto, método e meio. Apontam que todos os grupos escolares participantes do estudo tiveram significativos progressos em níveis cognitivo (fatos, conceitos e habilidades) e afetivo (atitudes em relação ao museu). Em meio às discussões, os autores concluem que o museu pode ser um local de aprendizagem e desenvolvimento. E explicitam que o processo de estruturação de parceria envolvendo a dicotomia educação formal e não formal requer três momentos/estágios temporais: aquele que antecede a chegada à exposição, a visita da exposição e o retorno à sala de aula (Tabela 1).

Tabela 1: Parceria centro de ciência e escola*

Período	Local	Momento	Ações desenvolvidas	Percepção
Antes	Escola	Preparação	Preparação dos alunos para a visita; início dos tópicos a serem trabalhados em sala e na visita; desenvolvimento de questões.	Integração dos objetos de estudo
Durante	Centro de ciências	Realização	Realização de atividades; coleta e discussão de dados com pares e professores.	Observação, discussão dos objetos de estudo
Depois	Escola	Continuidade	Retomada de tópicos trabalhados em ambos os ambientes; *Feedback* e discussão com os alunos; Sistematização dos trabalhos e síntese final.	Apropriação do objeto de estudo

*Tabela elaborada e adaptada a partir de Allard et al. (1994, p. 6) e Allard (1999, p. 29)

Este modelo oferece a possibilidades do desenvolvimento de atividades, implementação e ampliação das ações educativas em ambos os ambientes educacionais não confrontando as instituições e respeitando as suas especificidades (ALLARD 1999). Allard (1999) enfatiza ainda que as pesquisas realizadas em seu grupo tem mostrado o museu como um verdadeiro lugar de aprendizagem. O autor enfatiza ainda que suas pesquisas vêm mostrando que os espaços de educação não formal ultrapassam a mera aquisição de conhecimentos factuais e informativos, pelo contrário, contribuem para a aquisição de conceitos nos diferentes níveis de ensino, do jardim de infância à universidade.

As ações descritas na Tabela 1 retratam um "diálogo" entre a educação formal e a educação não formal e trazem elementos que vão muito além da fronteira entre a escola e o centro de ciências. Sobre o preparo para a visita, um estudo realizado por Allard e Boucher (1991) constatou que alunos participantes de visitas guiadas a museus de ciências, que incluíram a pré-visita (preparação), obtiveram mais progressos em termos de habilidades cognitivas e atitudes do que aqueles que realizaram a visita sem o prévio acompanhamento (preparação). Por outro lado, sobre o pós-visita, Allard et al. (1994) mencionam:

> Uma vez que os alunos já visitaram o museu, a coleta de dados seja concluída. Para completar o seu processo de aprendizagem e obter todos os possíveis benefícios da visita ao museu, os alunos devem, ao retornar para a aula, começar a analisar e sintetizar as informações que recolheu, integrando, assim, o conhecimento. A visita ao museu se torna parte de um processo de aprendizagem e de educação continuada e permanente. A análise deve proporcionar aos alunos uma oportunidade de comparar e classificar seus dados. Após uma breve revisão das atividades, classificar os dados e pôr de lado a informação que é incerto ou não relacionado à pesquisa. Eles, então, comparar os dados e identificar semelhanças e diferenças óbvias em vários elementos (ALLARD et al. 1994, p. 11, *tradução nossa*).

Confirmando tais colocações, no artigo *Effets d'un programme éducatif muséal comprenant des activités de prolongement en classe*, Allard et al (1995) revela que a visita e atividades em um espaço de educação não formal, incluindo a preparação e posterior continuidade em sala, em comparação com programas de visitas sem uma preparação adequada, promove nos alunos: o desenvolvimento de atitudes positivas em relação as

ciências, o desenvolvimento de atitudes positivas em relação ao museu e, a aquisição de aprendizagens efetivas. Este estudo, realizado com 19 classes de quinto ano de escolas de Montreal (10 classes controle e 09 classes experimental) demonstra ainda a eficácia do espaço não formal como um lugar de aprendizagem e da visita como uma estratégia de ensino.

Os autores alertam a comunidade científica sobre este tipo de colaboração ressaltando que muitos estudos realizados nas últimas décadas têm mostrado que visitas a museus e centros de ciências evidenciam estes locais não como uma atividade isolada da escola, mas como parte de um processo de aprendizagem que pode contribuir significativamente para o progresso e desenvolvimento dos alunos.

Torna-se cada vez mais evidente o crescente papel dos ambientes de educação não formal em nossa sociedade, um fenômeno que está intimamente relacionado com o crescente impacto da ciência e da tecnologia em nossas vidas cotidianas. Hoje a educação científica não é apenas uma questão de formar pessoas cientificamente qualificadas, mas uma questão de inclusão social, sendo este um aspecto fundamental a ser atentado nos cursos de formação inicial de professores. Para Salmi (2012) os espaços não formais, em especial os centros de ciências, tem um grande potencial sociocultural e educacional que pode contribuir nesta formação. Sobre este aspecto o autor apresenta algumas relações e interligações na qual propõem uma forma de diálogo e ligação entre as posições de um centro de ciência em sua relação à ciência, tecnologia e educação (Figura 3).

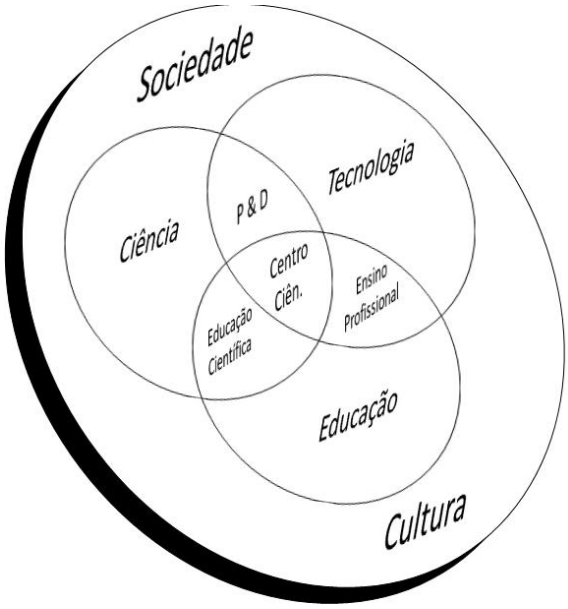


Figura 3: Educação, Ciência e Tecnologia no contexto da Sociedade e da Cultura (SALMI 1993, p. 65; SALMI 2012, p. 46, *tradução nossa*).

Localizado na intersecção "Ciência - Tecnologia - Educação", os centros de ciências tem uma posição de destaque na representação de Salmi (1993, 2012). O objetivo do autor é mostrar que qualquer que seja a exposição, evento ou atividade educacional presente nos centros de ciências, eles levam a combinação destes três elementos. Sua representação pode ser interpretada como uma forma de expressar os principais objetivos relacionados com o papel de um centro de ciência na vida dos cidadãos. Em outros elos encontram-se em destaque: a educação científica situando-se na intersecção entre a "Ciência - Educação", a pesquisa e desenvolvimento (P & D) partilhando da base "Ciência - Tecnologia", e o ensino profissional enquadrado na intersecção "Tecnologia - Educação", todos interligados entre si e inseridos em um contexto mais amplo, o da Cultura e Sociedade.

Tal e Morag (2007) durante três anos acompanharam inúmeras visitas escolares a quatro museus de história natural de Israel e analisaram o processo de aprendizagem frente às ações desenvolvidas naquelas instituições. Dentre os resultados da pesquisa, um se refere à postura docente frente às atividades desenvolvidas, na qual poucos professores estavam envolvidos na

produção e abordagem das atividades trabalhadas com os alunos e, menos ainda, no auxiliar o mediador a esclarecer as dúvidas dos alunos. Os autores relatam a ínfima aprendizagem dos alunos durante as visitas, o que segundo eles, sugere a necessidade de um maior envolvimento dos professores frente às atividades trabalhadas com os alunos no centro de ciências. De modo a contribuir para melhorar este quadro defendem que sejam pensadas ações que visem o desenvolvimento profissional dos professores e uma melhor preparação dos mediadores das instituições visitadas. Tal e Morag (2007) mencionam ainda a preocupação do Ministério da Educação israelense frente esta situação.

> [...] felizmente, o Ministério da Educação, que suporta grande parte da atividade educativa em museus israelenses exigirá que os museus revejam suas práticas para aumentar o valor educativo de visitas de classe (TAL e MORAG 2007, p. 767, *tradução nossa*).

Tal e Morag (2007) chamam a atenção da comunidade científica para a importância desta postura governamental, visto que visitas de grupos escolares a centros de ciências são muito comum em Israel, e se realizadas de modo eficaz, podem contribuir significativamente para a construção do conhecimento científico dos alunos.

Ampliando esta discussão, um relatório elaborado pelo *Center for Advancement of Informal Science Education* (CAISE), um grupo norte americano de pesquisa que investiga a relação entre os ambientes formal e não formal, defende a parceria da escola com o centro de ciências com vistas à promoção da educação científica na sociedade (BEVAN et al. 2010). Ressalta ainda que este tipo de parceria traz ganhos para ambas as instituições. O relatório oferece uma alternativa à visão tradicional de educação não formal como secundária ou suplementar às escolas e expressa o que chama de natureza híbrida de colaboração educação formal - não formal.

Segundo Bevan et al. (2010), respeitadas as particularidades de cada instituição, as colaborações entre a educação formal e a educação não formal podem atingir objetivos

comuns, como promover e deixar a aprendizagem em ciência mais acessível e atraente para os jovens de nossa sociedade. Os autores revelam que um recente estudo realizado nos Estados Unidos (PHILLIPS et al 2007 *apud* BEVAN et al. 2010) constatou que mais de 70% da instituições culturais e científicas do país têm programas planejados especificamente para o público escolar e que, dentre estes programas, destacam-se as atividades complementares às salas de aula, integradas ao núcleo acadêmico e, programas de desenvolvimento profissional de professores. O relatório da CAISE sugere que tais colaborações podem contribuir para (p. 14, *tradução nossa*):

- *Apoiar a integração de investigação do professor e de novos materiais em sala de aula.*
- *Melhorar o desempenho escolar dos alunos.*
- *Promover a compreensão conceitual em ciência pelos alunos.*
- *Fortalecer ações positivas dos alunos em relação à ciência.*
- *Promover a compreensão conceitual dos professores em ciência.*

De maneira provocativa, Bevan et al. (2010) encerram o relatório enfatizando a necessidade de ações de parceria e colaboração entre a educação formal e não formal de modo a tornar a ciência algo mais próximo da comunidade. Explicitam:

> Há uma grande quantidade de trabalhos que vem discutindo a parceria educação formal e não formal. Muitas pesquisas são pioneiras em novas ideias e abordagens, outras estão preocupadas em documentar os resultados dessas colaborações de forma significativa e útil. Nós argumentamos [...] que, enquanto pesquisas de opinião pública continuam a mostrar que o público, especialmente o público de comunidades mais carentes em ciências, caracteriza a ciência como alienígena, chato, excessivamente difícil, ou não diretamente relevante para as suas vidas, devemos aumentar nossos esforços em colaborações formais e não formais para que esta ciência chegue ao maior número de pessoas possível (BEVAN et al. 2010, p. 61, *tradução nossa*).

Griffin e Symington (1997) realizaram um estudo investigando as estratégias utilizadas por professores antes, durante e após as visitas a dois espaços de educação não formal em Sydney, Austrália (*Australian Museum* e *Science Education Centre*). O estudo envolveu 12 grupos escolares, 29 docentes e 735 alunos de ensino fundamental, e trazia como uma de suas questões de pesquisa: “Existe alguma ligação entre os temas das visitas e os temas trabalhados

em sala de aula?". Como resultado, os autores mencionam que pouco esforço tem sido feito para ligar e correlacionar aos tópicos estudados em sala de aula com os trabalhados durante as visitas, o que corrobora pesquisas desenvolvidas por Kisiel (2003, 2005), Dewitt e Osborne (2007) e Bhatia (2009). Nas palavras de Dewitt e Osborne,

> Embora os centros de ciências sejam importantes recursos para a aprendizagem, ainda existe a necessidade de melhorar a maneira como os professores utilizam estas instituições [...] um dos maiores objetivos de muitos educadores de ambientes não formais, é encontrar maneiras de melhorar as visitas escolares [...] dadas as grandes diferenças contextuais entre sala de aula e centros de ciências, não é surpreendente que professores encontrem dificuldades para adaptar suas práticas com o cenário dos museus [e centros de ciências] (DEWITT e OSBORNE 2007, p. 687, *tradução e grifos nosso*).

Griffin e Symington (1997) relatam que somente metade dos professores pesquisados foi capaz de mencionar finalidades para a visita, as quais podem estar relacionadas ao aprendizado de conteúdos ou desenvolvimento de habilidades dos alunos. Em alguns casos, enquanto os professores tinham um propósito em mente e não o comunicava aos alunos, estes ficavam sem direcionamento durante a visita. Sobre este aspecto, uma pesquisa desenvolvida por Falk e Balling (*apud* GRIFFIN e SYMINGTON 1997) concluiu que sem preparação e orientação prévia os alunos são mais propensos a concentrar-se em aspectos não relevantes do ambiente visitado, ao invés daqueles pretendidos pelos idealizadores da visita e pelos professores. A título de sugestões Griffin e Symington (1997, p. 777) defendem que as visitas a espaços de educação não formais devem ser pensadas de forma a:

- *Integrar a visita ao museu com unidades de ensino em sala de aula.*
- *Utilizar uma abordagem centrada no aluno, onde o aluno possa buscar respostas para suas próprias questões.*
- *Encorajar os alunos a fazer mais perguntas durante as visitas e estimular o interesse em saber mais sobre os tópicos apreciados.*
- *Desenvolver estilos de aprendizagem, abordagens e estratégias que reconheçam a importância da interação social.*
- *Reconhecer a necessidade de alunos e professores de se adaptarem a este novo ambiente de aprendizagem.*

Na pesquisa intitulada *Bridging the gap between formal and informal Science learning*, Hofstein e Rosenfeld (1996) assumem claramente a educação formal e não formal como contextos complementares para a educação em ciências. Os autores buscam verificar como a educação não formal pode melhor ser integrada a educação formal em ciências, e sugerem a seguinte reflexão: "Porque experiências da educação formal e não formal deveriam ser trabalhadas juntas na ciência escolar?".

Os autores realizaram uma ampla revisão da literatura internacional sobre o assunto e sugerem que os contextos escolares deveriam obrigatoriamente incluir experiências de aprendizagem em ambientes não formais de educação, pois há fortes evidencias na literatura de que a experiência não formal pode efetivamente ampliar o entendimento das ciências e enriquecer as oportunidades de aprendizagem. Defendem que a integração de experiências de aprendizagem não formal dentro do currículo escolar poderia proporcionar uma importante contribuição para pensar e enfrentar o desafio da "Ciência para todos" (HOFSTEIN e ROSENFELD 1996, p. 107).

Encontramos diversos exemplos de parcerias entre a educação formal e não formal na literatura da área, particularmente na literatura internacional. Como exemplo, o trabalho de **(1)** Bhatia (2009) realizado no *Fort Collins Museum,* Colorado, Estados Unidos e o trabalho de **(2)** Anderson et al. (2000) realizado no *Sciencentre,* Brisbane, Austrália.

(1) No estudo de Bhatia (2009), o objetivo foi examinar a parceria entre o *Fort Collins Museum* (FCM) e algumas escolas do *Poudre school District'* (PSD). O estudo centrou-se em visitas escolares de alunos do ensino fundamental ao FCM, examinando os objetivos do programa dos educadores do museu, sua implementação e os métodos de avaliação. Na interpretação de Bhatia (2009) além de diversos estudos revelarem que as visitas de campo não correspondem bem ao ensino de sala de aula, outros estudos invariavelmente mostram que os mesmos métodos de instrução formal são frequentemente usados pelos educadores em

ambientes não formais. A autora chama a atenção para o fato de que nas escolas a aprendizagem do aluno é baseada principalmente em motivações extrínsecas (notas, presença, aprovação ou não) e nos espaços de educação não formal sobressai-se a motivação intrínsecas dos visitantes (curiosidade, desejo em aprender, expectativas), sendo necessária outras formas de pensar a aprendizagem nestes locais. Bhatia (2009) menciona alguns pontos a serem atentados quando da parceria centro de ciência e escola visando o processo colaborativo de ensino e aprendizagem (pp. 38-42):

- *Propósito:* Educadores e professores devem ter um propósito bem definido do programa oferecido como uma visita a grupos escolares. A verdadeira colaboração entre educadores e professores deve começar com a criação de agendas e preparação adequada de modo que as relações de aprendizagem sejam sustentadas em longo prazo.
- *Preparação:* A preparação deve levar em conta a idade dos alunos, os meios materiais empregados e a ligação com os conteúdos trabalhados em sala de aula. Os professores devem comunicar as suas necessidades curriculares com os educadores dos museus para desenvolverem programas que se integram bem com o ensino em sala de aula e proporcionem experiências além das possíveis em ambientes escolares. Os professores devem preparar os alunos, discutindo e explicando o propósito da visita.
- *Implementação*: É importante que os visitantes tenham tempo para interagir com educadores, professores, colegas e com os objetos para construir seus próprios significados.
- *Avaliação*: Contínua e durante todas as etapas (pré, durante e pós-visita). Os professores estão em melhor posição para implementar atividades de pós-visita e para iniciar uma discussão sobre a visita reforçando o que foi apreciado durante a visita.

Os resultados do estudo realizado por Bhatia (2009) sugerem que os professores planejam visitas de campo para complementar ou enriquecer a aprendizagem em sala de aula, no entanto, a limitada comunicação entre educadores e professores leva a propósitos distintos, restringindo a parceria e não avançando na colaboração (ou integração). Este fato nos remete a pesquisa realizada por Griffin e Symington (1997) onde apenas metade dos professores foi capaz de descrever um propósito para a visita e, a pesquisa realizada por Kisiel (2003) na qual apesar dos professores reconhecerem a necessidade de vincular as visitas de campo ao currículo escolar raramente são preparados para tais visitas. Para Kisiel (2005) a capacidade de conectar as experiências das visitas ao currículo escolar vigente deve ser uma motivação predominante entre os professores de ciências.

(2) Anderson et al. (2000) relata parte de um estudo desenvolvido com 12 alunos inspirados na parceria entre um centro de ciências de Brisbane, Austrália e uma escola australiana. O estudo teve como objetivo verificar a construção do conhecimento acerca dos temas eletricidade e magnetismo a partir de atividades desenvolvidas na escola e no centro de ciências. Neste trabalho os autores enfocam dois estudos de casos (estudantes Roger e Heidi). Um dos resultados evidencia que a integração da visita com atividades pós-visita resultou em uma (re)construção pessoal do conhecimento e significados relativos à eletricidade e eletromagnetismo por parte de ambos os estudantes.

Como recomendações os autores sugerem que o planejamento para as visitas não se restrinja a apenas apoiar o desenvolvimento das atividades, mas que procure detectar concepções alternativas que eventualmente possam ser produzidas ou reforçadas durante a visita ao espaço de educação não formal (ANDERSON et al. 2000).

Os pesquisadores espanhóis Guisasola e Morentin (2007) defendem que as visitas escolares além de gerarem atitudes positivas em relação à ciência, também revelam um ambiente intensamente motivador para “o aprender ciências”. E alertam os professores para o

fato de que é possível aprender muito (e ampliar as possibilidades de intervenção) sobre ciências em ambientes de educação não formal, sendo imprescindível o preparo dos alunos para a visita a estes locais. Os autores ressaltam que é difícil (talvez impossível) durante uma visita ensinar conceitos completamente desconhecido. Sugerem que para maximizar os benefícios de uma visita é fundamental integrá-la ao programa de sala de aula, de modo que os alunos ampliem sua compreensão dos fenômenos estudados e façam conexões com o que estão estudando na escola.

No trabalho intitulado *The 95 Percent Solution - School is not where most Americans learn most of their Science*, Falk e Dierking (2010) apontam que os americanos gastam em media menos que 5% de suas vidas em sala de aula e, que um corpo crescente de pesquisa ressalta que a maioria da ciência é aprendida fora da escola. Segundo os autores o objetivo do trabalho não foi diminuir a importância e o valor da educação formal, mas chamar a atenção para o que se passa nos demais 95% pode ser igualmente importante e, possivelmente, mais importante para a crescente alfabetização científica entre o público geral (FALK e DIERKING 2010). Com este mesmo viés Braund e Reiss (2006) e Falk e Dierking (2010) defendem a tese de que os recursos extraclasses representam a maior parte do aprendizado em ciências que os alunos possuem.

> [...] alunos em idade escolar gastam cerca de dois terços da sua vida fora da escolaridade formal, e ainda há educadores que tendem a ignorar, ou pelo menos minimizar, as influências cruciais que experiências fora da escola têm no conhecimento e entendimento dos alunos, e sobre suas crenças, atitudes e motivação para aprender (BRAUND e REISS 2006, p. 1375, *tradução nossa*).
>
> **********
>
> Evidentemente as pessoas estão mais abertas ao aprendizado em ciências quando se predispõem a buscar respostas as suas curiosidades. Este fato é frequente nos centros de ciências e raro em salas de aula. Como exemplo, temos que [...] um estudo conduzido a partir de um projeto da NASA chamado *Night Sky Network* mostrou que membros do clube de astrônomos amadores, sem nível universitário e formação formal em astronomia, muitas vezes sabiam mais do que graduados em astronomia (FALK e DIERKING 2010, p. 488-489, *tradução nossa*).

Olhando para a formação inicial de professores, Guisasola e Morentin (2007) defendem que deve haver nos cursos de formação inicial e continuada de professores uma profunda reflexão sobre a importância de não ignorar as experiências adquiridas pelos alunos fora da escola, em especial nas visitas a campo.

> Nas formações iniciais e continuadas em ensino de ciências, se analisam aspectos relativos à educação formal [conteúdos didáticos, materiais e estratégias, atividades, etc. para desenvolver em sala de aula], mas não se tem uma reflexão sobre a importância de relacionar as aprendizagens que os alunos obtêm de fontes não formais com os currículos estabelecidos [...] tampouco se discutem as transposições didáticas que o futuro professorado terá que integrar, dentro dos concretos programas em sala de aula, saídas a campo e visitas a centros de ciências (GUISASOLA e MORENTIN 2007, p. 411, *tradução nossa*).

Tal et al. (2005) revelam que no cenário israelense são poucos os casos em que os professores atuam como facilitadores da aprendizagem e, em muitos casos os professores também desconhecem o programa e os conceitos que serão abordados na visita. Um dos resultados do trabalho evidencia que quando os professores estão fortemente envolvidos nas visitas orientadas o aprendizado é facilitado e torna-se mais eficaz (TAL et al. 2005).

As colocações de Tal et al. (2005) reacendem as ideias defendidas por Vedeboncæur (1997) de que uma nova dinâmica profissional emerge quando se olha mais de perto para a relação centro de ciência e escola. Para eles esta parceria busca manter um relacionamento significativo em torno de objetivo compartilhado, o qual evolui através de negociações a fim de agir em conjunto, ou seja, a "parceria é um processo, não um produto" (VEDEBONCÆUR 1997, p. 54).

Allard e Boucher (1991) nos apresenta um extenso trabalho sobre o dialogar entre o formal e o não formal no qual culminou no livro *Le musée et l'école*. Os autores dedicam três capítulos do livro para discutir as visitas didáticas em seus momentos distintos e interligados: o preparo da sala (capítulo III), a visita em si (capítulo IV) e após a visita (capítulo V). Explicitar o que é discutido nestes capítulos é uma forma de retomar e ampliar o que foi

discutido até o momento, encaminhar o fechamento desta revisão bibliográfica, além de servir como um balizar para nossas ações de pesquisa.

A preparação para a visita assume a forma de atividades escolar, ficando as informações sobre o conteúdo, o espaço físico e a organização da visita a cargo do professor. De acordo com Allard e Boucher (1991, p. 52-66) as atividades de preparação podem ser divididas em três etapas:

(1) Pré-requisitos relacionados ao tema a ser trabalhado e a visita. O aluno deve dominar os pré-requisitos necessários para a introdução da atividade escolar que se pretende trabalhar e, para o trabalho da temática durante a visita. Para efetuar uma visita o aluno deve ter o domínio dos pré-requisitos sobre o tema, de modo a ser capaz de interpretar e compreender as exposições e, analisar os objetos de diferentes ângulos.

(2) Introdução da temática e contextualização. É o aspecto mais importante da preparação, pois é o que garantirá o significado da visita. Nas palavras dos autores: "Não se pode ignorar esta introdução ao tema, a qual confere o significado da visita" (p. 58) e, permite que durante a visita o alunado busque responder aos questionamentos elaborados anteriormente na escola. É também o momento em que se busca conectar os objetivos do currículo escolar as atividade do local visitado.

(3) Preparo em si para a visita. Inclui atividades relacionadas especificamente sobre a preparação de materiais e técnica para a visita, ou seja, voltadas a preparar os alunos para a de coleta de dados que serão efetuadas durante a visita. Nesta última etapa da preparação se discute também as especificidades do local que será visitado, suas exposições, coleções, localização, etc.

Allard e Boucher (1991) mencionam que a preparação é um dos momentos cruciais, na qual se integram as ações desenvolvidas na parceria da educação formal com a educação não formal. Neste sentido não se deve repetir em sala de aula ações que podem ser realizadas no centro de ciências, caso contrário corre-se o risco de abalar a importância de se realizar a visita. Tão importante quanto à fase de preparação é a visita propriamente. A visita a centros de ciências pode ser interpretada como um processo contínuo de aprendizagem e de desenvolvimento de atitudes positivas frente ao conhecimento científico. Nestes locais, abre-se um leque de oportunidades para que os alunos maximizem o entendimento do que foi previamente estudado em sala de aula, além de propiciar o desenvolvimento de atitudes favoráveis frente às ações desenvolvidas pelos centros de ciências.

Allard e Boucher (1991, p. 67-82), discutindo o momento da visita, elencam uma série de princípios que cunham como importante é a ida a estes espaços de educação não formal:

(1) Incita os alunos a terem uma participação ativa frente aos conteúdos trabalhados,

(2) Favorece a coleta de informação,

(3) Confere um aspecto lúdico às atividades,

(4) Promove momentos de relaxamento,

(5) Proporcionar atividades próprias no museu,

(6) Esforça-se para alcançar diversos objetivos,

(7) Resguarda uma atenção especial atenção para o pós-visita frente o vivenciado.

Para os autores o pós-visita e continuidade dos trabalhos em sala de aula é o momento de reflexão sobre a própria prática. Momento em que os alunos analisam e debruçam sobre os dados coletados, além de configurarem a visita como sendo uma extensão das ações desenvolvidas em sala de aula:

> A visita ao museu se insere numa marcha contínua e permanente de aprendizagem e formação. O museu e a escola não aparecem mais como duas instituições culturais paralelas, mas como instituições complementares uma em relação à outra. Pode-se,

> deste ponto de vista, fazer frutificar os dados recolhidos no museu e inseri-los em um processo de formação (ALLARD e BOUCHER 1991, p. 84, *tradução nossa*).

Os autores concluem ressaltando a importância de se atentar a estes momentos para o efetivo ganho cognitivo dos alunos e para pensar a parceria como uma real colaboração entre a educação formal e não formal.

> No fim desta atividade que se desenrola em três momentos, antes, durante e depois da visita ao museu, acreditamos que o aluno terá progressos no nível cognitivo e no desenvolvimento de atitudes positivas em relação ao museu. A visita ao museu realizada por um grupo escolar não é mais considerada como um simples momento de distração que vem quebrar a rotina da escola. Ela pode ser ao mesmo tempo objeto e estratégia de aprendizagem que se insere em um processo educacional contínuo. Assim, o museu participa como um todo da formação do aluno. Acreditamos que nosso modelo [três fases] favorece, e é indispensável, para a cooperação entre escola e museu (ALLARD e BOUCHER 1991, p. 88, *tradução nossa*).

Até o momento apresentamos um recorte de diversas pesquisas que abordaram a relação educação formal (escolar) e não formal (centro de ciências). A partir do que foi apresentado, extraímos diversos apontamentos que guiaram, fomentaram e serviram de base para justificar e apoiar nossas ações de pesquisa.

Encontramos um arcabouço de ideias, discussões, fundamentos e práticas de pesquisas científicas validadas, no qual podemos alicerçar nosso trabalho de pesquisa. Vimos dentre tantos fatores que a parceria educação formal e educação não formal: (1) traz ganhos para ambas as instituições, (2) favorece a aprendizagem do educando, (3) os participantes têm um evidente ganho cognitivo quando comparado com estudantes que não participam da visita, (4) é uma relação delicada e que envolve diversos fatores organizacionais, pessoais e institucionais, (5) que é imprescindível considerar os momentos de preparação, da visita e o pós-visita para efetivar ganhos cognitivos e afetivos dos alunos e ter uma real colaboração. Vimos ainda à necessidade de novos métodos de pesquisa para educação não formal, que

diferem dos adotados na instrução formal, e que em hipótese alguma a escola deve substituir o centro de ciência ou vice-versa.

Entendemos que a parceria entre a educação formal e a educação não formal amplia as possibilidades e estratégias didáticas do professor, no entanto, é imprescindível o trabalho conjunto de professores e monitores no planejamento das atividades, de modo a distanciar ao máximo a base de improvisações durante as visitas escolares. Neste contexto, utilizamos das ideias apresentadas para balizar nossas ações de pesquisa e efetivar a parceria entre o Observatório Dietrich Schiel e duas escolas públicas do Estado de São Paulo.

Capítulo 2 - Inovações Curriculares e Sequências de Ensino Aprendizagem

2.1 Inovações curriculares no ensino de física

Ao refletir sobre o ensino de física no Brasil não é difícil perceber um dúbio cenário educacional. Por um lado encontramos alunos cada vez mais conectados às novas tecnologias do século XXI, cercados de aparatos com telas LED-Plasma-LCD, celular *wi-fi*, *iPhones*, *iPod*, modernos computador, tablets e, por outro lado professores arraigados em uma física do século XIX, senão do século XVIII. Uma infeliz constatação que traz à tona a urgência de pensar, discutir e propor inovações curriculares, particularmente nas áreas científicas. Preocupação esta que se agrava quando notamos que para a maioria dos alunos o ensino médio esta é a última oportunidade de ter contato com a ciência escolarizada e, particularmente com o estudo formal de física moderna.

A temática da inovação curricular no âmbito educacional tem crescido rapidamente nas últimas décadas (FULLAN 2002, HERNANDEZ et al 2000, CARDOSO 2003, PEREIRA 2013), fruto de muitas pesquisas, particularmente nas áreas científicas (BROCKINGTON e PIETROCOLA 2005, BORGES 2005, PIETROCOLA 2008, SIQUEIRA 2012). Tais pesquisas se organizam em diferentes frentes, sejam elas relativas a conteúdos e metodologias, ou organização de atividades de ensino-aprendizagem. Torna-se importante neste momento um breve resgate do que se pode entender como inovação curricular, particularmente vinculada ao ensino de física e, como nós nos apropriamos desta *ideia* na presente pesquisa. Inovação caracteriza-se como termo polissêmico e suas interpretações consideram os contextos de sua aplicabilidade, imersas em um processo de introdução de algo novo, conforme explicitaremos nos parágrafos que seguem.

Podemos interpretar a inovação na realidade educacional como a introdução de mudanças, de forma planejada e orientada por finalidades específicas, visando ao desenvolvimento de melhorias na ação educacional (PEREIRA 2013). Para Hernández e colaboradores (2000) a inovação sob o olhar escolar não inclui apenas mudanças curriculares,

mas também a inclusão de novas formas e procedimentos que facilitem o processo de ensino e aprendizagem, como por exemplo, materiais, produtos, ideias e abordagens. Desse modo, um processo de inovação curricular compreende diferentes dimensões. Exemplos incluem a inserção e/ou reorganização dos conteúdos curriculares e materiais a serem utilizados, bem como a ampliação do espaço físico em que se desenvolve o processo de ensino, de modo a focalizar novas formas de abordagem de conteúdos. Nas palavras de Pereira (2013):

> As inovações [...] se dão estimuladas por diferentes fatores: diferenciação na postura filosófica, sociológica, cultural, econômica e política da educação; reformas ou mudanças na estrutura curricular; novos enfoques teóricos e prática; autonomia docente; mudanças nas técnicas e nas possibilidades tecnológicas; mudança na infraestrutura institucional [...] inovação pode abranger toda uma instituição, um curso, uma disciplina, ou se referir a um método de ensino, a uma técnica, a um material, à avaliação, à atitude pedagógica, aos meios educacionais (PEREIRA 2013, p. 2).

A autora acrescenta ainda que a inovação curricular é uma mudança significativa em alguns dos aspectos curriculares, dentre os quais podem ser citados, em âmbito geral, o projeto pedagógico de curso e/ou introdução de disciplinas e, em âmbito específico, estratégias e métodos de aula, formas de abordar o conteúdo, relação com o conhecimento, orientação de alunos, relação professor–aluno, entre outros. Para Fullan (*apud* ARRUDA e CAETANO 2012) a (I) utilização de novos materiais, currículos e tecnologias, (II) o uso das novas abordagens de ensino, estratégias e atividades e, (III) a possibilidade de mudanças nas crenças e pressupostos, constituem pilares de possibilidades que podem sustentar a inovação no campo educacional. Acrescentam, ainda, que para que as inovações ocasionem melhorias prolongadas torna-se necessário interligar estas três dimensões.

Quando pensada sob a ótica das tecnologias educacionais, a inovação pode ser entendida no empregar as modernas tecnologias educacionais para tornar mais significativas as situações de aprendizagens (PEREIRA 2013). Sob este viés, a inovação que propomos busca atender a esta vertente por meio do uso de *Applets* sobre temas variados, trabalhados pelos

professores no decorrer da aplicação das SEA com os alunos. Ao pensar na inovação curricular relacionada a métodos de ensino, esta pode ser vista como algo que ultrapassa a simples criação de novas técnicas de integração de conteúdos didáticos. O inovar também compreende a participação do educando em esferas além da intelectual, por exemplo, na integração social (FERRETTI 1995). Neste aspecto entendemos que a visita ao Observatório Dietrich Schiel pode contribuir para a efetivação da integração sociocultural entre os alunos e os professores, visto que o desenvolvimento das atividades no espaço não formal de educação tem o potencial de propiciar aos alunos momentos de interação e discussão das exposições.

A partir do exposto, interpretamos inovação curricular como a criação de novos métodos e formas de abordar conteúdos que o professor pode utilizar com seus alunos no processo de ensino. Acrescenta-se, também, a incorporação do espaço de educação não formal como um espaço inovador, em potencial, da prática docente que pode trazer contribuições para a abordagem da física no ensino médio, especificamente nas escolas em que se desenvolve esta investigação.

Em consonância com as ideias dos autores acima citados, as inovações curriculares desenvolvidas neste trabalho não se restringem à releitura de alguns tópicos de física moderna no ensino médio presentes na proposta curricular vigente do Estado de São Paulo. As inovações curriculares aqui se concretizam na inserção de tópicos de física solar no currículo escolar e nas formas pelos quais esta inserção pode ser facilitada e efetivada, bem como na aproximação entre a educação formal e a educação não formal.

Sob uma perspectiva voltada para a intenção didático-pedagógica, propomos uma inovação curricular que rompe com as abordagens tradicionais empregadas na educação formal quando do ensino de alguns conceitos de física moderna, como átomo de Bohr e espectroscopia, adequando-as à realidade e necessidade atual dos educandos. Neste sentido, esta inovação expressa não apenas o desejo de uma nova abordagem de conteúdos relativos à

física moderna, mas também uma inovação metodológica no trabalhar os conteúdos com os alunos. Concordamos com Ribeiro (1992, p. 73) quando diz que "a inovação pode englobar processos que vão desde a alteração de componentes específicas, tais como objetivos e conteúdos propostos, métodos e estratégias sugeridas, materiais didáticos de apoio a programas de ensino desenvolvidos, até a reestruturação global do currículo". No decorrer do texto, empregaremos estas ideias para o emprego do *termo* 'inovação curricular'.

A necessidade de inovar o currículo das disciplinas científicas do ensino médio, em especial a física, vem sendo debatida desde a década de 1980 (BAROJAS 1998). Diversas pesquisas em ensino de física apontam para a necessidade da inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio (BROCKINGTON e PIETROCOLA 2005, BORGES 2005, PEREIRA e OSTERMANN 2009), porém, na prática esta inserção não tem sido percebida de forma efetiva. Um dos principais motivos pode estar vinculado ao fato de grande parte dos professores não conseguirem (ou não saberem) ensinar este tema tão amplo e presente em nossa vida cotidiana, já que não o estudaram durante sua formação inicial e/ou tiveram contato durante práticas de formação continuada.

Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, como também por uma insegurança referente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar (HÖTTECKE e SILVA 2011). Além disso, o sistema de ensino na maioria das vezes dificulta, e até impede, qualquer tipo de inovação, ou seja, "grande parte dos professores está preso a um cenário pedagógico com pouca flexibilidade" (BROCKINGTON e PIETROCOLA 2005, p. 387). Neste cenário, professores e alunos ficam reféns de uma física clássica que, apesar de muito importante, não é suficiente para explicar nossa realidade atual. Pensar o trabalho com tópicos de física moderna em sala de aula é refletir sobre a recorrente necessidade da inovação curricular com os fins de propiciar a alfabetização científica dos cidadãos.

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), publicados a partir de 1998, sinalizaram por mudanças sugerindo uma educação mais interdisciplinar e contextualizada. Estes documentos surgiram em um contexto de profundas mudanças do cenário educacional com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) em 1996, a qual manifestou claramente as necessidades e desafios da educação moderna, e a preocupação com a inovação dos currículos escolares e formação de professores do nível básico. Os PCN manifestam que a atualização curricular é necessária para que o indivíduo possa interagir e decidir sobre novas tecnologias, sendo imprescindível ao estudante ter contato com novos conhecimentos em sua escolarização formal, de modo a possibilitar a formação de um cidadão crítico e atuante na sociedade em que vive.

Para que uma inovação seja plenamente aceita no contexto escolar é necessário cuidar para que esta possa ser adaptada em função das restrições locais, contexto social, estrutura escolar, e ainda em função das potencialidades docente. O saber docente é a chave para qualquer processo de inovação curricular, sendo, portanto, fundamental o envolvimento dos professores neste processo (BROWN e MCINTYRE 1978, FULLAN e HARGREAVES 1992, PIETROCOLA 2008). A não adesão, o não entendimento de determinada proposta ou ainda sua imposição, podem aumentar as chances de insucesso de qualquer inovação dentro de um sistema de ensino.

Atentos a este fato, em nossa pesquisa trabalhamos em parceria com professores em atuação, uma vez que os professores representam o pilar que sustenta toda e qualquer estrutura de inovação curricular. Entendemos que quando se pensa em um processo de inovação curricular, não basta considerar apenas os conteúdos específicos a serem trabalhados, mas também novas formas de ensinar estes conteúdos e os agentes que lidam diretamente esta prática com os alunos. As inovações podem produzir perturbações da ordem pré-estabelecida dos saberes, levantando indagações como: "*Por que ensinar*?", "*O que*

ensinar?", "*Como ensinar*?" (BROCKINGTON e PIETROCOLA 2005). Ao mesmo tempo em que ocorre a transformação dos saberes com a finalidade de serem inseridos em sala de aula, entendemos ser preciso considerar a formação do professor e sua capacidade de transformar suas práticas profissionais em objeto de investigação. Assim, torna-se fundamental permitir ao professor uma reflexão sobre suas práticas, ações e obstáculos didático-pedagógicos enfrentados (NUNES 2001).

É fato que a inovação curricular carrega consigo riscos e dificuldades, visto que envolve a adequação e pertinência dos saberes ao sistema de ensino pré-estabelecido. Nesta direção, a escolha de "*O que*" e do "*Como*" os conteúdos serão ensinados em sala de aula podem ser interpretados a partir do processo no qual Chevallard (1991) chamou de transposição didática. Na transposição didática se constrói, compartilha, implementa e valida o conhecimento que ao final tornará (ou não) novos saberes formativos no âmbito escolar.

Méheut e Psillos (2004) enfatizam o fato de que as inovações de conteúdo são particularmente importantes no contexto dos currículos de ciências. Uma linha de pesquisa que remonta a década de 1980 envolve a concepção e implementação de estudos concentrados e de pequena e média escala de tempo, em detrimento de estudos tradicionais de longa duração. Uma característica marcante destes estudos é tratar ao mesmo tempo pesquisa e desenvolvimento de atividades de ensino (MEHEUT e PSILLOS 2004).

A implementação deste tipo de estudos concentrados pode gerar inovações curriculares em ensino de ciências envolvendo professores por meio das chamadas Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA) de tópicos específicos, que geralmente duram algumas semanas. A menção a pesquisas em ensino de ciências relacionadas a Sequências de Ensino Aprendizagem tem sua gênese nos trabalhos de Lijnse (1994, 1995) e chamaram a atenção da comunidade europeia quanto caráter de pesquisas em sequência de ensino (FAZIO 2006). Uma das características notáveis de uma SEA com vistas à inovação curricular é a sua

inclusão em um processo de investigação baseado no processo evolutivo gradual, ligando o conhecimento científico à perspectiva do estudante e às ações docentes, buscando preencher as lacunas existentes entre os "modelos" científicos e as preconcepções dos alunos quanto aos fenômenos naturais estudados. SEA podem ser usadas como ferramenta de pesquisa e inovações curriculares, pois permitem produzir conteúdos diferenciados dos encontrados nos livros didáticos, no sentido em que buscam englobar tanto o conhecimento científico quanto o saber docente.

Os resultados obtidos com as sequências podem ainda auxiliar na superação de obstáculos didático-pedagógicos presentes no ensino de física moderna, resultando na distinção entre o que é essencial e periférico no ensino de um determinado tópico (LIJSNE e KLAASSEN 2004). Tal ação pode ser concretizada na medida em que conteúdos essenciais tenham uma nova abordagem a partir do momento de sua apresentação aos alunos, em diferentes contextos, considerando as preconcepções sobre o tema e, de maneira interdisciplinar, trazendo um significado do conteúdo no momento de sua apresentação ao aluno.

Atemo-nos a dois requisitos básicos de inovação em nossa pesquisa: o ensino e releitura e abordagem de tópicos de física moderna, a partir da física solar, na prática docente e, o trabalho conjunto de professores e pesquisadores de espaços de educação formal e não formal, por meio das SEA. Tais ações demandam uma reflexão sobre o preparo de professores aptos para este trabalho de inovação curricular. A atualização profissional é uma prática corriqueira em todas as profissões e na docente não poderia ser diferente. O professor é o agente de sua própria formação. Não apenas por obrigação, mas por desejo, vontade e necessidade de se atualizar. A busca por formação contínua está em acordo com o processo de inovação curricular, visto que há uma necessidade evidente de se buscar conhecer para ensinar. Professor faz-se professor em uma tarefa diária.

2.2 A física moderna no ensino médio

Tornam-se cada vez mais evidente os avanços científicos e tecnológicos na sociedade atual, frutos de uma politica global de tecnologização. Um avanço que não se restringem ao universo científico, mas se reflete na sociedade em geral. O que nos aflige é o fato de que o ensino de ciências e, em particular o ensino de física do ensino médio, não acompanha estes avanços, pelo contrário, se distância cada vez mais da necessidade do aluno em conhecer, entender e dialogar com tal ciência. Pensar a física moderna no ensino médio é uma temática que vem ganhando força desde a década de noventa do século passado, sendo ainda hoje objeto de muitas pesquisas na área de ensino de física.

Existe um consenso em nível nacional e internacional quanto à necessidade de introduzir tópicos de física moderna e contemporânea no currículo do ensino médio (OSTERMANN et al. 1998). São inúmeras as razões para a inserção desses tópicos na escola, dentre elas:

> Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em física, pois não veem nenhuma física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente. É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de física (OSTERMANN et al. 1998, p. 270).

Inúmeras pesquisas evidenciam a possibilidade de se ensinar tópicos de física moderna na educação básica e, em alguns casos propõem materiais e métodos para esta inserção. Alguns exemplos são os trabalhos de: Valadares e Moreira (1998) com radiação de corpo negro e efeito fotoelétrico, Ostermann et al. (1998) e Ostermann e Moreira (2000a) com partículas elementares e supercondutividade, Rodrigues (2001) com relatividade, Brockington (2005) com dualidade onda-partícula, Pereira e Aguiar (2006) com efeito fotoelétrico, Azevedo (2008) com espectroscopia, Siqueira (2006) com física das partículas elementares, Oliveira et. al. (2007) com raios-X, e Souza (2009) com física das radiações.

Apesar da importância e das possibilidades da inserção de física moderna em sala de aula ser enfatizada por diversos trabalhos de pesquisa, percebemos que, pelo nas escolas parceiras desta pesquisa, poucas ações visando o trabalho com física moderna efetivamente se concretizavam na prática do professor em sala de aula. Outras pesquisas corroboram esta percepção (Monteiro et al. 2009). Interpretamos que há três grandes dificuldades que impedem esta efetividade no contexto escolar:

- *A primeira dificuldade vincula-se a formação inicial e continuada de professores*[2].

Em geral, os cursos de licenciatura têm poucas disciplinas que abordam tópicos de física moderna adequadamente. Quando a abordam não trabalham de modo a discutir sua transposição para os contextos de educação de nível médio, restringindo-se a tarefa do licenciando a resolução de exercícios por meio do que podemos chamar de mecanização matemática. Destaca-se ainda a carência de licenciandos em física atuando na educação básica. Diversas pesquisas corroboram esta dificuldade, dentre elas Borges (2005) e Azevedo (2008). Apoiamos a ideia de Oliveira et al. (2007) de que não basta apenas mudar o currículo e introduzir novos tópicos aos alunos, deve-se ter uma preparação adequada para os alunos de licenciaturas em ciências e física.

- *A segunda dificuldade pauta-se da pouca disponibilidade de materiais (viáveis) de ensino que tratam de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio.*

De fato, por exigências governamentais, este é um cenário que vem sendo alterado a partir das últimas avaliações do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

[2] Esforços têm sido realizados para mudar este cenário, dentre eles o Programa Rede São Paulo de Formação Docente (REDEFOR), criado pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo em parceria com o governo estadual e universidades públicas de São Paulo (USP, UNESP e UNICAMP). O REDEFOR oferece diversos cursos gratuitos de pós-graduação aos docentes da rede estadual, atuando na capacitação de professores que desejam se especializar. O programa almeja que a complementação na formação docente promova impactos positivos na formação do professor em serviço e consequentemente no resultado de aprendizagem dos alunos da rede pública estadual. Fonte: http://www.educacao.sp.gov.br/portal/projetos/redefor-rede-sao-paulo-de-formacao-docente

(PNLEM). No entanto, entendemos que na prática docente este ainda é um cenário que está longe de se concretizar como ação efetiva na escola. Hoje a maioria dos materiais de ensino que efetivamente tratam de tópicos de física moderna e contemporânea e como abordá-los em sala de aula concentram-se no âmbito da pesquisa acadêmica, em projetos de pesquisa e, em intervenções pontuais de sala de aula. Somados a este fato, encontramos em muitos livros (aprovados no PNLEM) um conteúdo imerso em uma realidade utópica que não leva em conta os contextos social e cultural dos alunos, a realidade das escolas e os bens materiais necessários para trabalhar as atividades propostas, a carga horária disponível na componente curricular física, entre outras.

- *A terceira dificuldade diz respeito ao excessivo conteúdo de física no ensino médio e o limitado tempo que o professor tem para trabalhá-los com seus alunos.*

Em geral, destina-se à componente física uma carga horária de duas aulas semanais, ou seja, muito aquém do necessário para se trabalhar adequadamente o volume imenso de conteúdos curriculares de física. É recorrente a divisão do ensino de física em grandes tópicos, como: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica, Eletromagnetismo e Física Moderna, contudo, na maioria das vezes esse programa não é cumprido, ficando a física escolar restrita a conteúdos desenvolvidos até meados do século XIX, deixando de fora a efervescência científica ocorrida no século XX.

> [...] a prática escolar usual exclui tanto o nascimento da ciência, como a entendemos, a partir da Grécia Antiga, como as grandes mudanças no pensamento científico ocorridas na virada deste século e as teorias daí decorrentes. A grande concentração de tópicos se dá na física desenvolvida aproximadamente entre 1600 e 1850 [...] Assim, os conteúdos que comumente abrigamos sob a denominação de física moderna, não atingem os nossos estudantes. Menos ainda os desenvolvimentos mais recentes da física contemporânea (TERRAZZAN 1992, p. 210).

Esta tríade de dificuldades compreende um cenário que entendemos ser um grande desafio para professores e pesquisadores no trabalho de inovação curricular em física. Por

outro lado, a pouca atenção dada aos professores também tem se tornado um grande desafio para o processo de inovação curricular (CARVALHO e GIL-PEREZ *apud* SIQUEIRA 2012). Visando mudar este cenário é que buscamos discutir o ensino de tópicos de física moderna na prática do professor, tendo por base a parceria professor-pesquisador e centro de ciências-escola. Entendemos ser imprescindível o envolvimento do professor em qualquer tentativa de inovação curricular. Neste sentido, como pré-requisito da inovação curricular, buscamos instrumentar os professor a partir de cursos de aperfeiçoamento docente e elaboração conjunta de SEA a serem desenvolvidas com os alunos nos contextos, formal (escolar) e não formal (centro de ciências).

Ostermann e Moreira (2001) a partir de um levantamento junto a físicos, pesquisadores em ensino de física e, professores de física de ensino médio concluíram que não há uma definição de consenso acerca do que é física contemporânea e como distingui-la da física moderna[3]. Também não encontramos na literatura uma fronteira evidente que defina onde termina a física moderna e inicia a física contemporânea, apesar de Sun e Lau (1996) e Dominguini et al. (2012) entenderem que a chamada física moderna corresponde ao período determinado entre o final do século XIX até a segunda guerra mundial, iniciando-se então a chamada física contemporânea. Na presente pesquisa utilizaremos a termo 'física moderna' para discutir a inovação curricular no ensino médio, pois entendemos que este é o termo que melhor representa os tópicos que pretendemos trabalhar com os alunos: física solar, espectroscopia, átomo de Bohr e radiação de corpo negro.

A seguir apresentamos um breve recorte da literatura que evidencia a necessidade de se trabalhar tópicos de física moderna no currículo escolar. Como veremos apesar de parecer consensual a necessidade de esta inserção fazer parte da prática docente, não podemos afirmar o mesmo sobre como essa introdução deve ser feita. Ostermann e Moreira (2000b)

[3] Para este levantamento os autores utilizaram uma técnica consagrada de consulta conhecida como técnica Delphi (LINSTONE e TUROFF *apud* OSTERMANN e MOREIRA 2001).

apresentam uma revisão da literatura sobre pesquisa física moderna no ensino médio englobando os primeiros trabalhos publicados nesta linha no final da década de 70. Os autores buscaram dentre outros aspectos, verificar: justificativas para esta inserção, questões metodológicas, epistemológicas e históricas referentes à temática, estratégias de ensino e currículos, concepções alternativas dos estudantes, temas apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de nível médio, propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem e, livros didáticos de nível médio que inserem tais temas (OSTERMANN e MOREIRA 2000b, p. 24).

A partir do levantamento realizado, concluíram ser grande o número de justificativas e reflexões em favor da atualização curricular, entretanto ser um grande desafio colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula. Ostermann e Moreira (2000b) ressaltam que há uma grande concentração de pesquisas que se enquadram na vertente "apresentação de um tema de física moderna e contemporânea" em contraposição com pesquisas sobre "concepções alternativas sobre física moderna e contemporânea" e "propostas testadas em sala de aula", o que na visão dos autores demonstra a necessidade de amadurecimento do pensar a física moderna e contemporânea no ensino médio.

Apesar da necessidade iminente de inovar e repensar os currículos de ensino médio na componente física, Ostermann e Moreira (2000b) mencionam que: "ainda é reduzido o número de trabalhos publicados que encaram a problemática sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização" (p. 27). Ampliando este estudo, Pereira e Ostermann (2009) apresenta uma revisão da literatura nacional (revistas Qualis CAPES A e B) e internacional (revistas Qualis CAPES A) sobre o ensino de física moderna e contemporânea no período de 2001 a 2006. Foram levantados quatro grandes categorias de classificação: propostas didáticas testadas em sala de aula, levantamento de concepções, bibliografia de consulta para professores e, análise curricular.

Novamente foi observado o crescimento das publicações sobre o ensino de física moderna e contemporânea com resultados de pesquisa, porém, a maioria dos artigos ainda se refere à "bibliografia de consulta para professores" (52 de 102 artigos consultados), sendo escassos os trabalhos que "investigam os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimentos relativo a temas de física moderna e contemporânea em sala de aula" e/ou "propostas didáticas testadas em sala de aula".

> Isto significa uma produção de 52 "trabalhos de desenvolvimento" contra 50 artigos apresentando "resultados de pesquisa" [102 foi o total de artigos consultados]. [...] embora os trabalhos de desenvolvimentos sejam extremamente relevantes para o ensino de ciências, pois são fontes de informação e recursos para professores e alunos, é necessário que o material resultante desses trabalhos seja submetido a uma avaliação crítica para verificar em que medida eles realmente facilitam os processos de ensino-aprendizagem (PEREIRA e OSTERMANN 2009, p. 414).

Interpretando o conhecimento como uma produção cultural, Torre (1998) expressa a necessidade de ensinar física moderna no ensino médio de modo a conectar o estudante com sua própria história e preservá-lo dos obscurantismos pós-modernos, possibilitar ao estudante localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza, propiciar o entendimento sobre as múltiplas e evidentes consequências tecnológicas da física moderna. Torna-se preciso, então, atrair a atenção e o interesse dos estudantes pela física, pois:

> [...] cada um de nós que está ligado de uma forma ou de outra ao ensino de física, [...] o seu estudo permite uma compreensão básica da natureza, além de desenvolver nos estudantes uma série de habilidades que podem dar vazão à sua criatividade, proporcionando prazer, alegria e desafios (VALADARES e MOREIRA 1998, p. 122).

Encontramos no ensino de ciências um número crescente de pesquisas que contemplam o ensino da física moderna e que buscam contribuir para sua inserção no ensino médio. Borges (2005), por exemplo, explorou a abordagem de tópico de relatividade restrita como forma de contribuir para atenuar a necessidade de atualização curricular em física no ensino médio. Os resultados do trabalho demonstram que esta inserção foi viável, tendo grande aceitação dos alunos. Com relação aos professores, em entrevista a onze docentes da rede

pública estadual de Porto Alegre/RS concluiu que, apesar deles apoiarem a inserção de física moderna no ensino médio e concordarem que o ensino de física encontra-se defasado, nenhum dos entrevistados trabalhava em suas aulas tópicos de física moderna.

Para Ostermann e Ricci (2002) a semelhança dos currículos nas escolas brasileiras e o fato da física desenvolvida a partir do século XX estar excluída dos currículos escolares são fatores que contribuem para a necessidade de uma reformulação curricular, sendo também obstáculos a serem enfrentados. Segundo Siqueira (2006) outros obstáculos podem ser citados, dentre eles: a falta de material didático adequado, a deficiência na formação inicial e continuada de professores, e as dificuldades relacionadas ao formalismo matemático. Também é preciso cuidados para que a física moderna inserida no ensino médio não seja ensinada de maneira tradicional.

Para Souza (2009) ao inserir física moderna no ensino médio nos moldes tradicionais corre-se o risco de apenas ampliar os conteúdos de física, sem propiciar aos alunos a chance de reconhecer as diferenças existentes entre a física clássica e a moderna. Ampliando esta ideia, Brockington (2005) expressa a necessidade de que o ensino de física moderna seja capaz de integrar o aluno ao invés de excluí-lo, ser apresentada como uma construção humana, ser ensinada "de forma que os alunos sejam seduzidos por ela, e não rejeitados".

Ostermann e Moreira (2001) dissertam sobre a experiência em trabalhar partículas elementares e supercondutividade em escolas de ensino médio de Porto Alegre e, com professores em formação inicial. Segundo os autores, para um avanço significativo na problemática da atualização curricular é fundamental a elaboração de materiais acessíveis ao professor e inseri-los nos cursos de formação (inicial e continuada). Os autores destacam que os resultados da pesquisa evidenciam que os alunos não apenas se sentiram motivados sobre com os tópicos trabalhados, mas também aprenderam conceitos físicos nessa área. A título de orientação, ressaltam a importância de investir na produção de materiais didáticos sobre temas

de física moderna e, trabalhar a formação docente de modo a formar professores críticos em relação ao currículo atual de física. Finalizam afirmando que "é viável ensinar física contemporânea no ensino médio, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos [...] e é fundamental preparar adequadamente os futuros professores para essa complexa tarefa de inovação curricular" (OSTERMANN e MOREIRA 2001, p. 145-6).

Uma pesquisa realizada por Monteiro et al (2009), com cinco professores licenciados em física e, formados há menos de três anos em universidades públicas, mostrou que apesar de todos atribuírem relevância ao ensino da física moderna na educação básica, esta não era contemplada em seus planejamentos de ensino. Havia um descompasso entre a fala e a ação dos professores no domínio escolar. Segundo os autores, como justificativas os professores citavam: o reduzido tempo disponibilizado às aulas de física, possuírem uma compreensão da física moderna restrita ao seu formalismo matemático, a ausência de experiência docente em relação ao ensino de tais assuntos e, formação insuficiente para esta inserção. Frente a estas constatações, Monteiro et al (2009) reforça as colocações de Terrazzan (1992) de que a inserção de física moderna na educação básica requer uma profunda reflexão sobre:

> [...] até que ponto os cursos de formação de professores de física estão trabalhando a FMC [física moderna e contemporânea] em uma perspectiva que possibilite ao futuro professor introduzir aquela na educação básica, em uma perspectiva crítica em relação à ciência, à tecnologia, bem como quais as consequências sociais delas (MONTEIRO et al 2009, p. 157).

Oliveira et al. (2007) desenvolveram uma pesquisa tendo como um de seus objetivos levantar a opinião de dez docentes que atuavam no ensino médio público e privado da cidade do Rio de Janeiro sobre a introdução de tópicos de física moderna no ensino médio. Em um segundo momento os autores sugerem aos professores uma proposta metodológica para ensinar o tema raios-X com ênfase CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Dentre os resultados da pesquisa, ressaltam que 70% dos professores nunca havia trabalhado com física moderna com seus alunos, sendo que os demais (30%) apenas haviam trabalhado de modo

superficial. Revela ainda que a maioria dos professores (60%) desconhecia o que as orientações oficiais (PCN e PCN+) diziam sobre a introdução de tópicos de física moderna no ensino médio.

Este é um fator preocupante, visto que os documentos oficiais são leituras básicas em cursos de licenciaturas e sinalizam em vários momentos que os conhecimentos de física moderna e contemporânea são fundamentais para a formação científica do cidadão contemporâneo. Sobre este aspecto, Oliveira et al (2007) menciona que:

> [...] a atualização do currículo não pode ser desvinculada da preocupação com a formação inicial e continuada de professores. Não basta introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar. Os professores precisam ser os atores principais no processo de mudança curricular, pois serão eles que as implementarão na sua prática pedagógica (OLIVEIRA et al. 2007, p. 448).

Na segunda parte da pesquisa, a construção de uma proposta metodológica para ensinar raios-X, os professores interpretam como sendo importante ter disponível materiais didáticos sobre o tema e, concordam que há uma necessidade de um curso de aprimoramento docente para que possam trabalhar com esse material em sala de aula. Ao final dos trabalhos Oliveira et al. (2007) comenta que a proposta metodológica para o ensino do tema raios-X foi efetivada nas escolas, sendo validada por um grupo de professores com a obtenção de resultados bastante satisfatório.

Pereira e Aguiar (2006) apresentam uma proposta de atividade prática para o professor trabalhar o efeito fotoelétrico em sala de aula e promovem uma reflexão e discussão sobre o ensino de física moderna e a necessidade de abordagens experimentais no ensino médio. Os autores ressaltam que existe um limitado número de materiais didático-pedagógicos para apoiar o professor na empreitada de trabalhar a física moderna (PEREIRA e AGUIAR 2006, p. 69), sejam eles na forma de livros didáticos, apostilas, cursos ou ainda apoio as ações desenvolvidas pelos docentes, e chamam a atenção da comunidade científica para este fato:

> No atual ensino de física, as atividades experimentais, na maioria das escolas, raramente fazem parte das aulas, e quando ocorrem, estão associadas à manipulação de materiais/aparatos, limitando-se à observação superficial de fenômenos físicos, não viabilizando a necessária reflexão e as condições para desenvolver o processo investigativo (PEREIRA e AGUIAR 2006, p. 71).

Sobre este aspecto, em nossa pesquisa buscamos propiciar aos estudantes a realização de algumas atividades experimentais vinculadas aos tópicos de física moderna que propusemos trabalhar. Como exemplo, duas das atividades realizadas experimentais foram: "determinação da temperatura da fotosfera solar" e "construção do espectroscópio amador" e, seu uso na identificação de espectros de diferentes lâmpadas. Tais atividades viabilizaram a discussão, inserção e reflexão de alguns tópicos de física moderna como: radiação de corpo negro e espectroscopia.

Para Pietrocola (2011) uma das funções primordiais da inserção de física moderna no ensino médio é convidar os estudantes a participarem do processo de superação das formas de entendimento oriundas do mundo que os cerca. Reforçando esta ideia Siqueira (2006) destaca que "como educadores, não podemos deixar que esses assuntos cheguem aos jovens somente pelos meios de divulgação. Pode-se e, deve-se, discutir esses assuntos na sala de aula. Desta forma, os jovens, poderão entender melhor os artigos das revistas de divulgação científica e compreenderão porque os cientistas fazem essas pesquisas, tendo um posicionamento mais crítico, perante esses artigos veiculados pela mídia" (p. 16).

A inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio pode ser interpretada de diferentes formas, como: expandir o entendimento e explicar fenômenos que a física clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo (PINTO e ZANETIC 1999, FREIRE JR et al. 1995), reconhecer a física como uma construção humana (ZANETIC 1989), possibilitar ao estudante do ensino médio conhecer os fundamentos da tecnologia atual (VALADARES e MOREIRA 1998), atrair jovens para a carreira científica (STANNARD 1990), construir uma visão da física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário,

com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (BRASIL 2002), ou ainda capacitar o estudante para que este seja capaz de avaliar a veracidade de informações e emitir opiniões frente a situações de conhecimento físico.

Para a efetiva inserção da física moderna no ensino médio, muitos autores colocam que se deve atentar para fatores como: as possibilidades de desenvolvimento de tópicos com uma exigência matemática compatível ao nível em que o aluno se encontra, a realidade vivencial de nossas escolas e, a precária formação tanto de nossos professores quanto de nossos alunos (TERRAZZAN 1992, OSTERMANN e MOREIRA 2001, SIQUEIRA 2006, SOUZA 2009).

De modo a atentar a estes aspectos, buscamos individualizar a elaboração das SEA levando em conta o contexto sociocultural em que a escola e os estudantes estão inseridos. Desta forma elaboramos juntamente com os professores participantes da pesquisa SEA distintas, a serem aplicadas em duas escolas (EE Dr. João Pires de Camargo/Araraquara e EE Prof. Joaquim de Toledo Camargo/Itirapina). Atentamos também para a abordagem de tópicos de física solar e física moderna de modo a ocorrer uma transposição didática satisfatória frente ao nível escolar dos alunos. Cabe ressaltar que este fato só foi possível devido ao trabalho conjunto com os professores. Em relação à formação docente, ressaltamos que a primeira etapa da pesquisa buscou justamente preparar os professores por meio de cursos de aperfeiçoamento abordando a física solar e tópicos de física moderna.

2.3 Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA)

Muitos estudos têm analisado o processo de construção de SEA como uma atividade de ensino e pesquisa, havendo um crescente interesse da comunidade de ensino de ciências por esta temática (VIIRI e SAVINAINEN 2008). Tanto que um número especial da revista *International Journal of Science Education* (2004, v.26, n.5) foi dedicado a pesquisas que tratavam do tema SEA, contemplando temas como: fluidos (PSILLOS, TSELFES e KARIOTOGLOU 2004), óptica e condutividade (BUTY, TIBERGHIEN e LE MARÉCHAL

2004), solubilidade (KABAPINAR, LEACH e SCOTT 2004), modelos de partículas (MÉHEUT 2004), sistemas não lineares (KOMOREK e DUIT 2004), novas questões relacionadas com a literatura científica (LINJSE e KLAASSEN 2004).

Com a finalidade de aprofundar e entender mais sobre as ideias chave de SEA nós apresentamos uma síntese de alguns trabalhos sobre pesquisas que abordaram o tema. Este recorte abrange uma diversidade de temas, sujeitos de pesquisa, níveis de conhecimento e ilustra diferentes vieses de pesquisadores, em relação às SEA, em diferentes países (Alemanha, Brasil, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Itália e Turquia).

- Méheut e Psillos (2004) no artigo "*Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research"*, apresentam um panorama geral da evolução e tendências de trabalhos usando SEA. Discutem dados de estudos empíricos, propostas teóricas e instrumentos metodológicos usados no uso das sequências. Os autores resssaltam que apesar de vários termos terem sido usados no passado, o termo Sequência de Ensino Aprendizagem é hoje amplamente utilizado para designar a estreita ligação entre o ensino proposto e a aprendizagem esperada dos alunos. Méheut e Psillos (2004) trabalham com a ideia de losango didático (*The didactical rhombus*), o qual pode ser interpretado a partir de seus eixos: epistêmico, ligando conhecimento científico-mundo material e, pedagógico, relacionando as ações do professor e o entendimento dos alunos. Nas palavras dos autores,

> [...] ao longo do eixo epistêmico, por exemplo, encontramos os pressupostos sobre os métodos científicos [...] a validação dos conhecimentos científicos que fundamentam a concepção da sequência. Ao longo do eixo pedagógico, encontramos opções sobre o papel do professor, tipos de interação entre professor e alunos [...] ao longo do lado "Aluno-Mundo Material" colocamos as concepções de fenômenos físicos. [...] atitudes dos alunos em relação ao conhecimento científico serão colocado ao longo do lado "Aluno-Conhecimento Científico" (MÉHEUT e PSILLOS 2004, p. 518).

A concepção de uma SEA não é uma atividade instantânea, mas um esforço de longo prazo, um produto que muitas vezes é uma representação dos conteúdos inovadores, diferindo-se daqueles historicamente presentes em livros e currículos. Adotados a noção de losango didático como referencial de análise de nossas SEA. Discutiremos sobre tal apropriação no momento em que apresentarmos as metodologias da pesquisa.

- Os pesquisadores holandeses, Linjse e Klaassen (2004) discutem sobre a importância das pesquisas que adotam a perspectiva das SEA. A partir de uma abordagem problematizadora, a ênfase da pesquisa recai sobre a "qualidade didática" com que situações de ensino podem ser postas em prática em sala de aula, visto o processo de ensino e aprendizagem de um tópico específico.

> [...] embora conceber a melhor maneira de ensinar um tópico possa ser uma ilusão, nós pensamos que alguns aspectos são melhores do que outros; e, portanto seria importante buscar evidências sobre o "como" e sobre o "por que", e então seria o caso de ser capaz de exprimir e discutir a "qualidade didática" desta sequência [...] (LINJSE e KLAASSEN 2004, p. 538).

Linjse e Klaassen (2004) chamam a atenção para a consideração das crenças que os estudantes têm sobre as ciências e o mundo vivencial. Explicitam que as crenças, se devidamente interpretadas, representam um ponto de partida, um "[...] terreno fértil para iniciar o processo de ensino e aprendizagem. Novos conhecimentos podem ser acomodados ou construídos sobre os conhecimentos que eles próprios entendem" (LINJSE e KLAASSEN 2004, p. 539). Segundo os autores há um número crescente de pesquisas que utilizam SEA com o intuito de identificar concepções dos estudantes sobre determinado tópicos, e qual a melhor forma de ensiná-los. Por outro lado, pouca informação é publicada sobre a estrutura de tais SEA, não permitindo uma análise aprofundada do progresso e da qualidade didática de tais pesquisas (LINJSE e KLAASSEN 2004).

Os autores são ácidos ao enfatizar que se os resultados das pesquisas sobre as SEA fossem mais relatadas em termos de estruturas didáticas (operacionalizações explícita de um lado e percursos de aprendizagem de outro), uma profunda comparação entre os prós e os contras das abordagens didáticas empregadas poderiam ser realizadas. Neste contexto, levantam diversas questões, como: Será que o professor [durante a aplicação das SEA] proporciona espaço suficiente de construção para os alunos e será que consegue interagir com eles de forma produtiva?

Os autores encerram a discussão enfatizando a necessidade de se apresentar as estruturas didáticas das sequências no momento de sua divulgação e publicação em periódicos, o que certamente propiciaria uma visão privilegiada e mais clara sobre a qualidade didática, e facilitaria o desenvolvimento de pesquisas futuras.

- Psillos et al. (2004) a partir do tema "fluido" apresentam uma análise epistemológica da evolução de atividades didáticas em SEA. Trabalham com três SEA atendendo a alunos do ensino médio de 13 e 14 anos e futuros professores gregos. Os autores propõem uma estrutura que compreende três categorias: *Cosmos–Evidência–Ideias* (CEI). *Cosmos* representado pelas entidades materiais, fenômenos do mundo real; *Evidência*, abrangendo dados quantitativos ou qualitativos e *Ideias* sendo as considerações a respeito de fenômenos naturais (conceitos, teorias, modelos, crenças).

Os autores reforçam as colocações de Lijnse (1994; 1995) e Méheut e Psillos (2004) atentando e discutindo duas características fundamentais do trabalho com SEA: as sequências estreitam a relação entre pesquisa e ensino e, desenvolvem-se gradualmente a partir de um ciclo evolutivo, apoiado por dados de pesquisa. Psillos et al. (2004) propõem que a análise e a comparação de versões das SEA podem ser muito frutíferas, uma vez que podem revelar possíveis padrões nas práticas, e pressuposições implícitas realizadas por um pesquisador específico.

Buty, et al. (2004), da Universidade de Lyon, França, apresentam uma ferramenta elaborada por eles e intitulada "*The grid*", a qual sugere que uma sequência de ensino deve considerar, entre outras coisas, o currículo atual, o conhecimento cotidiano e o que se pretende alcançar. "*The grid*" é uma ferramenta elaborada a partir de uma estrutura teórica ligando as estruturas epistemológicas, de aprendizagem e didáticas. Esta estrutura leva à concepção de sequências de ensino a partir de uma perspectiva sócio-construtivista, e tem como base o papel desempenhado por modelos das ciências, além dos conhecimentos prévios dos alunos.

Os autores fazem parte de um grupo de pesquisa que há dez anos desenvolvem pesquisa em colaboração com professores franceses do ensino médio por meio de sequências de ensino em vários campos da física e química. Enfatizam a importância do papel do professor durante todas as etapas de uma sequência de ensino e das concepções iniciais dos alunos sobre o tema trabalhado. Neste contexto, afirmam:

> [...] projetar sequências de ensino é uma atividade complexa que exige três 'polos' clássicos: conhecimento, aprendizagem e ensino, sem esquecer a instituição em que o ensino e as atividades de aprendizagem se desenvolveram e os artefatos através dos quais as atividades serão mediadas [...] (BUTY et al. 2004, p. 582).

Os autores são enfáticos em afirmarem a importância da construção da sequência, o qual precisa ser refinado depois de julgado por outros professores. Nas palavras dos autores, refinamentos sucessivos são necessários, uma vez que:

> [...] o caminho da estrutura teórica para o *design* de uma sequência é mais do que uma dedução racional, mas também exige [...] fazer escolhas baseadas em práticas de ensino [por exemplo] e estimar a duração de uma tarefa (BUTY et al. 2004, p. 587).

Por fim, colocam que validar uma sequência de ensino, dentro de um sistema educativo, deve remeter a três indagações É viável? (ou seja, será possível ao professor ensinar a sequência em uma classe real?); É extensível? (ou seja, os professores que não participaram

da elaboração da sequência, conseguem ensiná-la?); É reprodutível? (ou seja, o professor pode ensinar a mesma sequência por vários anos consecutivos?).

- Kabapinar et al. (2004) investigaram a viabilidade de introduzir, por meio de SEA conceitos de solubilidade no currículo turco de química para estudantes do primeiro ano do ensino médio (idade entre 14 e 15 anos). Foram elaboradas intervenções de ensino de modo a respeitar o currículo vigente e explicar, em termos de partículas, aspectos macroscópicos e quantitativos de solubilidade.

A abordagem metodológica adotada por Kabapinar et al. (2004) pautou-se em aplicar e avaliar o desempenho dos estudantes sobre várias questões de solubilidade, dentro de Sequências de Ensino e Aprendizagem, antes e após os trabalhos em sala. E reavaliar os estudantes após seis meses dos trabalhos iniciais. Como forma de "controle", também foi considerada uma sala similar, onde os estudantes seguiram o currículo turco vigente, no que se refere ao tema solubilidade. A SEA compreendeu quatro fases (introdução; criando uma necessidade para o modelo de partículas; construção do modelo de partículas; aprender a aplicar o modelo de partícula) com nove lições de 50 minutos cada, e teve como ancora a questão "É possível concluir que a sequência de ensino projetada foi melhor do que o ensinamento tradicional? Em caso afirmativo de que forma?" (KABAPINAR et al. 2004, p. 650).

Kabapinar et al. (2004) afirmam que embora seja possível projetar uma sequência de ensino que auxilie com sucesso os alunos na explicação de diversos fenômenos de solubilidade, os alunos que seguiram tal instrução (sequência) não demonstraram desempenho muito além aos que não a seguiram. Em contrapartida, enfatizam que a sequência concebida pode ser considerada melhor do que a abordagem tradicional turca no que diz respeito ao tema trabalhado, pois:

> [...] o professor pareceu compreender e aprovar, a lógica da sequência de ensino projetada e implementada mais ou menos como o planejado [...] muitos alunos, após a sequência de ensino, foram capazes de responder a perguntas sobre aspectos macroscópicos e quantitativo de solubilidade [...] (KABAPINAR et al. 2004, p. 650).

Os autores mencionam ainda que há evidências da fixação há longo prazo das ideias trabalhadas sobre o tema partículas pelos estudantes, sugerindo a possibilidade de trabalhar este assunto em um ensino futuro.

Nos últimos anos foram publicados trabalhos nacionais e internacionais que utilizam Sequências de Ensino e Aprendizagem para inserção de tópicos pontuais nos currículos escolares. Seguiremos esta breve revisão apresentando os trabalhos de Viiri e Savinainen (2008) no contexto educacional da Finlândia, Fazio et al. (2008) com estudantes italianos; Vilela et al. (2007) com estudante do ensino médio brasileiro, e Soares e Tato (2011) refletindo sobre o ensino de física e a prática de professores no ensino fundamental (9ª ano) brasileiro.

- Viiri e Savinainen (2008) enfatizam que variados marcos teóricos têm sido utilizados na construção de SEA. Neste trabalho discutem sobre dois destes marcos de referência: Demanda de Aprendizagem (*Learning Demand*) e Reconstrução Educacional (*Educational Reconstruction*). Os autores apresentam alguns exemplos de estudos onde estes referenciais foram usados, e algumas orientações gerais para o desenvolvimento de SEA a partir deles. Segundo os autores, uma reflexão sobre estes dois vieses é importante para o desenvolvimento das SEA, no entanto afirmam que não há na literatura uma comparação sistemática de semelhanças e diferenças entre eles.

Demanda de Aprendizagem (*Learning Demand*) é apoiada por uma perspectiva de aprendizagem das ciências que incorpora tanto pontos de vista individual quanto sociocultural da aprendizagem. Devendo-se atentar para a ciência a ser ensinada, a valorização de eventos de natureza diferentes (conceitual, epistemológica, ontológica), e identificação dos objetivos

de ensino em cada fase da sequência, como planos de atividades que atendam a objetivos específicos. Reconstrução Educacional (*Educational Reconstruction*) se concentra na reconstrução do conhecimento da ciência, a fim de ajudar os alunos a compreender os pontos-chave de um conceito em questão. O objetivo geral é identificar as conexões entre o conhecimento científico e as preconcepções trazidas pelos alunos a partir da vivência cotidiana (VIIRI e SAVINAINEN 2008). A Reconstrução Educacional, alicerçada na tradição "*Didaktik*" alemã, é uma estrutura promissora para a concepção de sequências de ensino, considerando as ideias dos estudantes como uma ajuda valiosa para o processo de ensino e aprendizagem (KATTMAN et al. *apud* MÉHEUT 2004, KOMOREK e DUIT 2004, p. 624).

- O pesquisador italiano Claudio Fazio discute sobre o processo de concepção e experimentação em uma SEA abordando o conceito de propagação de ondas mecânicas (FAZIO et al. 2008). O estudo envolve 75 estudantes italianos (16 e 17 anos) divididos em três turmas (salas), sendo o pesquisador ocupante do cargo de professor em uma delas.

Os autores explicam que a construção de SEA, com tópicos específicos e orientados, a partir do modelo de Reconstrução Educacional (*Educational Reconstruction*), envolve um processo cíclico focado na perspectiva dos alunos, na análise do conteúdo físico e no *design* do ambiente de ensino-aprendizagem (Figura 4).

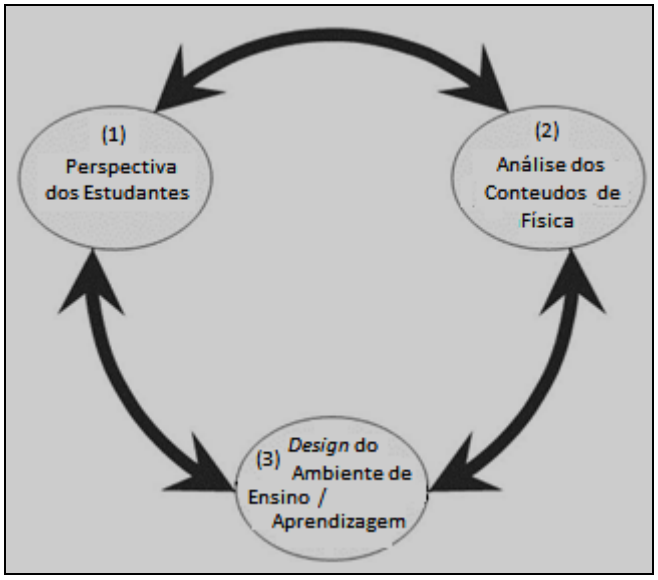


Figura 4: O Modelo de Reconstrução Educacional (FAZIO et al. 2008, p. 1493, *tradução nossa*).

Quanto à perspectiva do estudante, a fase de concepção de uma SEA envolve preliminarmente uma análise mais profunda da visão dos alunos sobre o tema que se pretende trabalhar. Sobre a análise do conteúdo físico as SEA se centram no percurso da aprendizagem, sendo enquadradas em uma abordagem de instrução bem definida, onde se trabalha o ponto de vista científico sobre determinado assunto, a partir da perspectiva dos objetivos educacionais. Quanto ao *design*, os autores enfatizam que a crescente compreensão das concepções que os alunos têm sobre ciência, tem sido acompanhada pelas pedagogias na tentativa de rever o descompasso entre a 'ciência' dos estudantes e a 'ciência dos cientistas, usando modelos de mudança conceitual de aprendizagem.

- Vilela et al. (2007) a partir do losango didático (*The didactical rhombus*) proposto por Méheut e Psillos (2004), desenvolveram, aplicaram e analisaram uma SEA sobre o tema "Aquecimento Global" com uma turma da 1ª série do Ensino Médio (16 e 18 anos) de uma escola da Rede Pública Estadual de Pernambuco, Brasil. As autoras buscaram analisar a SEA sob dois vieses: *design* e aplicação. No processo de design o foco da análise pautou-se em aspectos relativos à inclusão das dimensões epistêmica e pedagógica em situação de ensino e

aprendizagem, planejamento e estruturação das atividades e elaboração de material didático. Já na aplicação o foco se volta para os aspectos que se mostraram relevantes para o sucesso ou não da mesma (VILELA et al. 2007, p. 6), em um repensar contínuo da sequência. A SEA apresentou aspectos positivos e negativos. Quanto aos aspectos positivos, Vilela et al. (2007) destacam a motivação e interesse dos alunos, o debate mais significativo na aula, a organização dos alunos em grupos estabelecendo uma dinâmica de aprendizagem que transcende o limite do conteúdo estudado. Os aspectos negativos podem ser sintetizados pela dificuldades inerentes à aprendizagem dos conceitos, a não familiaridade de alunos com um processo mais participativo. De modo geral, as autoras consideram que a eficácia global da sequência aplicada foi satisfatória, no entanto fazem um alerta:

> [...] pareceu-nos que há uma expectativa muito limitada da coordenação pedagógica da escola com relação ao retorno de aprendizagem dos alunos e, dessa forma, eles parecem desobrigados de alguns compromissos escolares. No entanto, é importante marcar que mesmo em um contexto desfavorável, um grupo significativo de alunos se sobrepôs aos obstáculos e foram participativos em todas as atividades, fazendo valer a esperança de mudar alguns cenários [...] da educação brasileira, e de vencer os desafios (VILELA et al. 2007, p. 11).

As considerações apresentadas até o momento serviram de guia e nos auxiliaram a construção das SEA. Resumidamente podemos entender SEA como sendo um conjunto de aulas que tratam de um tema específico, não necessariamente relacionado ao currículo escolar, e duram poucas semanas. Elas funcionam como instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional dos docentes, uma vez que são desenvolvidas e aperfeiçoadas pelos professores que as aplicam, podendo isso ser feito ou não em parceria com pesquisadores acadêmicos. As sequências evoluem progressivamente, tendo como uma de suas características a sua inclusão dentro de um gradual processo de ensino e pesquisa com base evolutiva, visando o entrelaçamento da ciência e da perspectiva do aluno.

Sobre este viés, elaboramos as SEA, em parceria com professores, e de forma processual desenvolvemo-las em sala de aula e no Observatório Dietrich Schiel, com especial

atenção para os conhecimentos prévios dos alunos, o contexto escolar em que estavam inseridos e as particularidades do centro de ciências em questão.

Na implementação de SEA, procuramos gerar inovações curriculares a partir de tópicos específicos da física moderna trabalhados em poucas semanas e, produzir conteúdos diferenciados dos encontrados nos livros didáticos. Buscamos englobar tanto o conhecimento científico quanto o saber docente, além de propiciar a aproximação entre os ambientes educacionais: formal e não formal. Entendemos que esta postura permitiu um real significado de conteúdos no momento de sua apresentação ao aluno, o que corrobora com as ideias de SEA, haja vista os estudos realizados.

Abordando tópicos de física moderna a partir da física solar, as SEA visaram à inovação curricular em física e emergiram da constante negociação entre demandas de várias naturezas e contextos, como explicitado pelo losango didático proposto por Méheut e Psillos (2004). Assim as exigências epistemológicas inerentes ao campo de conhecimento da física moderna (dimensão epistêmica) e os condicionantes de sala de aula (dimensão pedagógica) estiveram presentes durante todo processo de *design*, aplicação e análise das SEA. A primeira dimensão nas discussões e contextualização do saber científico frente o mundo material, e a segunda no aspecto interacionista entre professor-aluno e entre os pares. A análise da construção coletiva das SEA e a interatividade com os alunos nos fornecem fortes indícios que sustentam esta afirmação. É importante ressaltar ainda que as SEA elaboradas estão em ressonância com a proposta curricular vigente para a componente física e apostilas oficiais dos alunos do 3º ano do ensino médio[4]. Não buscamos excluir ou substituir as apostilas dos alunos, pelo contrário,

[4] Esta proposta curricular foi implementada todas as escolas da rede pública do Estado de São Paulo por meio da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo no ano de 2008. A proposta traz na componente curricular física alguns tópicos de física moderna e propostas de atividades. Buscamos com esta pesquisa realizar uma releitura de parte destes tópicos, a partir de novos métodos e formas de abordar os conteúdos, e também a inserção de novos conteúdos relacionados à física solar por meio da parceria com um espaço de educação não formal. Em 2013, a Secretária da Educação lançou uma atualização do Currículo com a publicação de uma nova edição da proposta. Mais informações sobre a proposta curricular do Estado de São Paulo (atualizada) acesse: http://www.educacao.sp.gov.br/portal/projetos/curriculo-do-estado-de-sao-paulo

nesta nova roupagem, temas como espectroscopia e átomo de Bohr ganharam uma nova leitura no momento de suas abordagens com os alunos, uma nova abordagem metodológica. Sendo também, inserida na dinâmica do trabalho docente, a visita didática ao Observatório Dietrich Schiel como forma de aprofundar os assuntos iniciados em sala de aula com os alunos. Assim, entendemos que a parceria entre a educação formal e não formal, com a elaboração das SEA e materiais para os alunos, vem instrumentalizar as ações do professor em sala de aula.

Capítulo 3 - Métodos, contextos e sujeitos da Pesquisa

Neste capítulo buscamos descrever a dinâmica e os métodos utilizados no decorrer da pesquisa, tanto para a obtenção quanto para a análise dos dados coletados. A metodologia da pesquisa teve quatro componentes:

- Metodologia de pesquisa qualitativa, a qual compreende toda a coleta de dados,
- Os ciclos de reflexão como metodologia de desenvolvimento das SEA,
- A transposição didática como instrumento de validação das SEA,
- O losango didático como instrumento de análise das SEA e dos dados coletados.

De modo a contextualizar a presente pesquisa, iniciamos este capítulo apresentando o espaço de educação não formal (centro de ciências) pesquisado e suas especificidades.

3.1 O Centro de Divulgação da Astronomia – Observatório Dietrich Schiel

Figura 5: Centro de Divulgação da Astronomia - Observatório Dietrich Schiel, localizado no *campus* I da Universidade de São Paulo, São Carlos.

O Observatório Dietrich Schiel (Figura 5) tem tradição de décadas no ensino e divulgação de astronomia. Inaugurado em 1986, por ocasião da passagem do cometa Halley, o Observatório é um dos setores do CDCC com instalações correspondentes a um Observatório profissional. A criação do Observatório partiu da iniciativa do antigo Instituto de Física e Química de São Carlos (IFQSC/USP) e Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, a partir da doação, do Instituto Astronômico e Geofísico da USP, do Telescópio Refrator Grubb 204/3000 de montagem equatorial alemã (Figura 6). As instalações físicas iniciais do Setor de Astronomia contaram com o apoio financeiro da USP, do CNPq e de indústrias da cidade de São Carlos (HÖNEL 2004).

Figura 6: Telescópio Refrator Grubb. A imagem à direita mostra uma visão geral do telescópio refrator. As imagens mostram o Sol sendo projetado em um anteparo. Fonte: Observatório Dietrich Schiel

Em comemoração aos 25 anos de sua existência, em dezembro de 2011 o informalmente chamado "Observatório Astronômico do CDCC/USP" passou oficialmente a "Observatório Dietrich Schiel", mantendo vínculo ao Centro de Divulgação Científico e Cultural (CDCC/USP). A homenagem ao Prof. Dr. Dietrich Schiel (1940-2012) deveu-se aos esforços exercidos pelo docente do Instituto de Física de São Carlos (IFSC/USP) como coordenador do CDCC no período 1984-1996. Neste ano de 2014, com a troca de sua cúpula o Observatório Dietrich Schiel iniciou uma nova fase de sua história.

As instalações do Observatório são divididas em três pavimentos[5]. No térreo, além de uma portaria permanente, sanitários, auditório com capacidade para 65 pessoas e sala de áudio visual, há várias atividades e maquetes demonstrativas para o ensino de astronomia, como: lunário (fases da lua e eclipses), telúrio (estações do ano), diorama de topocentrismo (latitude e longitude), diorama de geocentrismo (posição do Sol em relação à Terra) e diversos quadros de imagem astronômicas espalhados pelo hall. No segundo pavimento há uma sala de instrumentação onde são guardados telescópios, livros e equipamentos diversos (globos lunar, terrestre e marciano e esferas celestes) e externamente uma parede meridiana marcando as principais posições do Sol referentes aos solstícios e aos equinócios, e a Sala Solar. No terceiro pavimento localiza-se a cúpula do telescópio refrator Grubb 204/3000 (204 mm de diâmetro e 3000 mm de distância focal), além de uma área externa de observação para montagem de telescópios menores e a plataforma do heliostato da Sala Solar.

Nos arredores do Observatório há a exposição permanente "Jardim do céu na Terra", com instalações referentes ao Sistema Solar em escala ocupando todo o campus I da USP, rosa dos ventos, totem lunar (visão tridimensional do aspecto da Lua), semiesfera armilar, representação tridimensional da constelação do cruzeiro do sul e a constelação de Órion em 3D.

Com a missão de promover o ensino e a divulgação da astronomia, o Observatório, traz dentre seus objetivos, divulgar e ensinar astronomia, motivar para a ciência e valorizar o papel cultural da astronomia. Para isso atende a comunidade local e redes de ensino fundamental e médio (pública e privada), além de colaborar com a formação dos alunos do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da USP, *campus* São Carlos, e formação continuada de professores da região. Dentre as atividades realizadas pelo Observatório estão: orientações de trabalhos escolares, visitas aos finais de semana dirigidas ao público com observação do céu

[5] Informações extraídas e adaptadas da *website* do Observatório Dietrich Schiel.

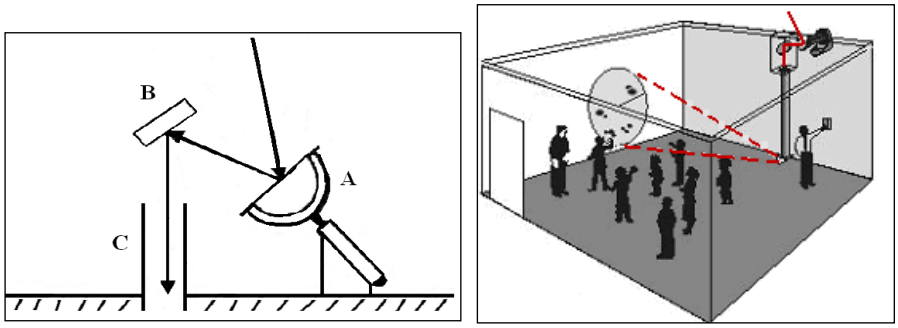
noturno e palestras, além de visitas orientadas a grupos escolares e oferecimento de minicursos preparatórios para olimpíadas de Astronomia e Astronáutica. O público atendido nestes minicursos é ordem de 50 alunos, divididos entre ensino fundamental II e ensino médio. Em média a equipe é formada por cerca de sete mediadores (monitores temporários) de diferentes cursos da USP, dois técnicos efetivos e um docente responsável.

Mais recentemente, o Observatório passou a promover uma atividade específica sobre o Sol, intitulada "Domingos Solares". Esta atividade é aberta a comunidade e realizada no segundo e no último domingo de cada mês no período da manhã ou tarde. Com a atividade, o visitante tem a oportunidade de assistir uma palestra sobre o Sol e observar o Sol por projeção (imagem de luz branca), com filtro solar e com filtro H-alfa. O público tem também a oportunidade de visitar a Sala Solar e observar, entre outras coisas, o espectro solar e manchas solares.

3.2 A Sala Solar

A Sala Solar[6] é um espaço equipado e devotado ao estudo do Sol e a divulgação científica para público escolar e leigo. Com área aproximada de 10 m^2, a sala possui painéis com fotos de diversas estruturas solares, um painel com espectros de estrelas, um telescópio newtoniano 200/2000 com ocular de 42 mm para projeção do Sol em um anteparo, espectroscópio, e um computador com acesso a internet para demonstração e atividades interativas sobre o Sol no momento de visitação. Sobre a Sala Solar há um heliostato (Figura 7) com controle eletrônico do posicionamento do Sol, declinação e movimento horário.

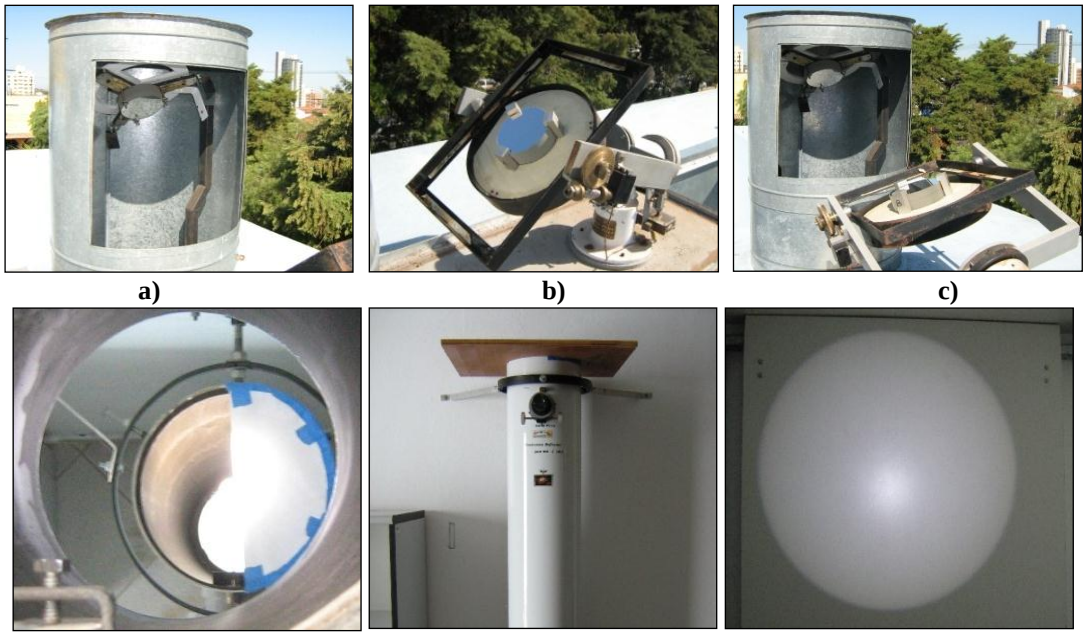
[6] A Sala Solar foi inspirada no espaço solar da "Fundação Planetário do Rio de Janeiro" (AROCA 2009).



a) **b)**

Figura 7: Ilustração da Sala Solar: a) a letra A indica o espelho móvel, a letra B o espelho fixo e a letra C o tubo do telescópio situado no interior da Sala Solar; b) projeção do Sol no interior da sala (AROCA 2009).

Este aparato (heliostato) é conectado a um telescópio (Figura 8) que projeta a imagem do Sol em um anteparo branco de 1,2 m x 1,2 m no interior da sala, permitindo a observação de manchas solares e fáculas da fotosfera solar, às vezes com tamanhos superiores a 2 cm.



a) **b)** **c)**

d) **e)** **f)**

Figura 8: Etapas do funcionamento do heliostato
As fotos evidenciam as etapas da projeção da imagem do Sol, desde a "captação" pelo heliostato (a), passando pelo telescópio, até a imagem do Sol projetada sobre o anteparo no interior da sala (f).
Fonte: Observatório Dietrich Schiel.

A sala também está equipada com um espectroscópio que nós construímos no desenvolvimento da pesquisa com o intuito de observar e estudar as linhas do espectro solar. O espectroscópio é aberto de modo que seus constituintes são visíveis (trilho, fenda, lente

colimadora – dubleto, rede de difração e anteparo). O heliostato e o telescópio mencionados completam a montagem do espectroscópio na obtenção do espectro solar (Figuras 9).

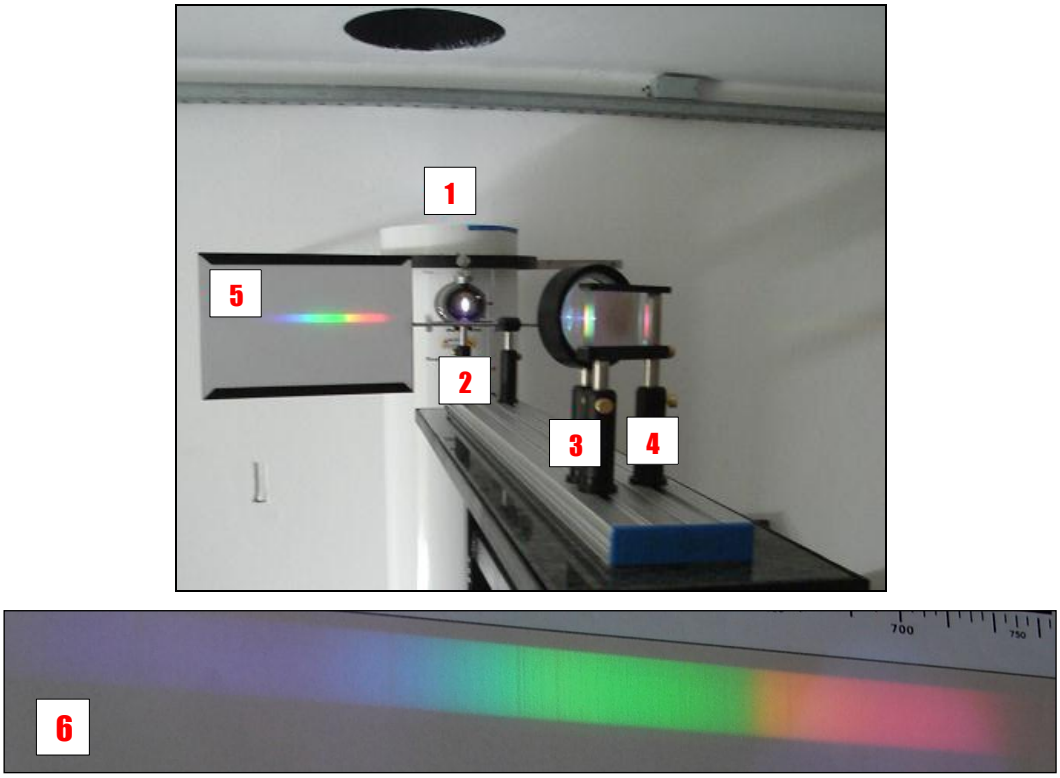


Figura 9: Espectroscópio Littrow da Sala Solar. A luz entra pelo telescópio em 1, é direcionada para a fenda em 2, e atravessa uma lente colimadora em 3 (dubleto). A lente direciona o feixe incidente para uma rede de difração de reflexão em 4, a qual esta posicionada de modo a refletir o espectro solar em 5. Em 6 temos uma ampliação do espectro projetado, evidenciando algumas linhas espectrais de Fraunhofer.

A Sala Solar possui também um painel contendo diversos tipos de lâmpadas (Figura 10). Este painel de lâmpadas, construído no decorrer da presente pesquisa, permite discutir com os visitantes sobre os diferentes tipos de espectros (emissão e contínuo), além de problematizar a observação do espectro solar de absorção.

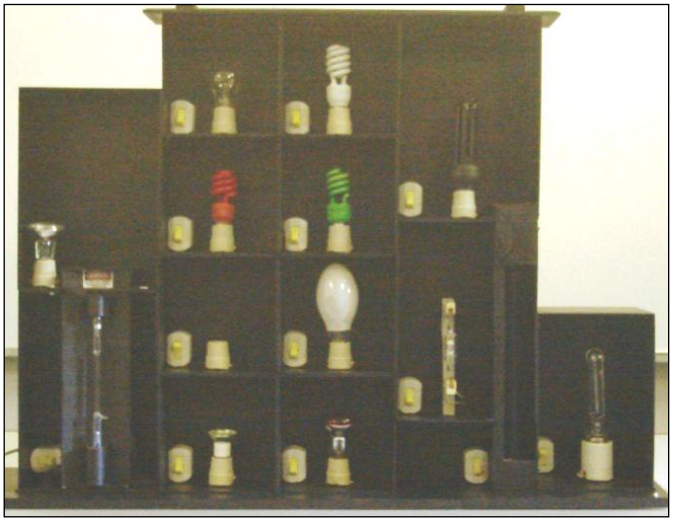


Figura 10: Quadro de lâmpadas no Observatório.

Compartilhamos com Aroca (2009) de que na escola tradicional o ensino de tópicos referentes à astronomia e astrofísica é raramente ensinado por meio de atividades práticas, ficando na maioria das vezes restritos às informações de livros didáticos. A experimentação fez parte de diversas abordagens das SEA, privilegiando o questionar, formular hipóteses e agir, de modo a propiciar ao aluno construir seu próprio conhecimento, a partir da curiosidade, do hábito de indagar e da prática.

Visando à inovação curricular no ensino de física do ensino médio, elaboramos em parceria com professores algumas atividades a serem desenvolvidas com os alunos e vinculadas a SEA aplicada em sala de aula e no Observatório Dietrich Schiel. Na elaboração das SEA buscamos contemplar e ampliar tópicos de física moderna que fazem dos conteúdos contidos na Proposta Curricular do Estado de São Paulo para a componente curricular Física. A idealização de construir o painel de lâmpadas partiu das discussões dos cursos preparatórios realizados com os professores participantes do projeto.

A tabela 2 traz algumas das ações desenvolvidas e trabalhadas com os alunos a partir da parceria entre a educação formal (escola) e a educação não formal (Observatório). O intuito

foi pensar em abordagens que propiciassem a inovação curricular no ensino de física do ensino médio a partir da inserção de física moderna a partir da física solar. As descrições das atividades práticas e o uso de simuladores (*Applets*), bem como a SEA (versão final) elaborada, estão sistematizadas nos apêndices I e II.

Tabela 2: Parceria Educação Formal e educação Não formal

Tópicos trabalhados com os alunos durante a execução das atividades presentes nas SEA	**Ambiente Escolar**	**Observatório Dietrich Schiel**
A Física Solar: o Sol e as interações com a Terra	X	X
A Física Solar: estruturas (manchas solares, fáculas...)	X	X
Observação de manchas solares e outras estruturas		X
Atividade prática: Diâmetro solar	X	
Radiações α, β e γ. Neutrinos.	X	
O Espectro eletromagnético. Átomo de Bohr	X	
Transições eletrônicas e quantização de energia	X	X
Espectroscopia e as linhas espectrais	X	
As Leis de Kirchhoff para a espectroscopia	X	X
Espectros de diferentes lâmpadas	X	
Atividade prática: espectroscópio amador	X	
Painel de lâmpadas e identificação de espectros		X
Atividade prática: Temperatura da fotosfera solar	X	
Atividades e Exercícios de fixação	X	X
Síntese final. Uso de diversos *Applets* relativos ao átomo de Bohr, espectroscopia e radiações.	X	

Dentre os objetivos das SEA, buscamos elucidar o importante papel desempenhado pelo Sol em nossa sociedade e também pela espectroscopia na astrofísica, contextualizando o conteúdo ensinado às atividades práticas. Tais ações permitiram abordagens interdisciplinares incluindo tópicos de física e a química moderna no ensino médio. Compartilhamos com Aroca (2009) de que temas como corpo negro e espectroscopia não são muito abordados em sala de aula do ensino médio, "e quando o são, tornam-se temas abstratos para os alunos, já

que dificilmente terão oportunidade de visualizarem linhas espectrais na escola ou aplicarem conceitos de corpo negro de maneira prática" (p. 135).

3.3 Metodologia qualitativa de pesquisa

Com o intuito de sondar e verificar a aceitação das SEA nós adotamos metodologia de pesquisa qualitativa (LÜDKE e ANDRÉ 1986, TRIVIÑOS 1987, BOGDAN e BIKLEN 1994, ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER 1998). Dada a relação de parceria entre a educação formal e não formal esta pesquisa sugere-nos a aquisição de formas de captura de dados que contemplem ambos os ambientes. Fez parte dos métodos de obtenção de dados a observação contínua de atitudes e comentários dos alunos durante todo o tempo destinado à execução dos trabalhos, tanto em sala de aula como na Sala Solar (Observatório), a gravação em áudio e vídeo em ambos os ambientes de pesquisa, a aplicação de questionários e realização de entrevistas semiestruturadas com professores e alunos. Como afirmam Lüdke e André (1986) esta combinação é importante, pois fornece subsídios fundamentais para a coleta e análise dos dados.

O uso de diferentes instrumentos de coleta dos dados nos permitiu obter dados de maneira mais confiável e consequentemente uma melhor validação de nossas SEA. Quanto ao uso de questionários, como destaca Gil (1999) sua vantagens está em propiciar aos entrevistados tranquilidade na hora de responder e garantir o anonimato das respostas enunciadas. A realização de entrevistas semiestruturadas e gravação em áudio e vídeo (registro das atividades) propiciou aprofundar as discussões com os sujeitos da pesquisa.

Nas palavras de Lüdke e André (1986, p. 25), é fato bastante conhecido que a mente humana é altamente seletiva e a seleção de um ou de outro objeto tem muito a ver com a bagagem cultural e com a história pessoal de cada um. O fato de que cada pessoa centra sua atenção em determinados aspectos da realidade desviando-se de outros nos revela a

importância da observação dos visitantes, como meio de coleta de dados, durante as atividades. Também possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o pesquisado, sendo uma forma direta de perceber as emoções, sentimentos e motivações expressadas pelos visitantes frente às atividades desenvolvidas.

3.3.1 Os sujeitos da pesquisa

Conscientes de que a parceria entre o conhecimento escolar (curricular) e o não formal não é uma tarefa fácil, buscamos iniciar nossa pesquisa formando um grupo de trabalho composto por professores em atuação e pesquisadores. Assim, divulgamos via Diretoria de Ensino (DE) nossa proposta de pesquisa e os requisitos para a participação do docente. Os critérios para a seleção dos professores foram:

1. Ser concursado no Estado de São Paulo e não estar em época de se aposentar. Esta exigência se justifica, pois a seleção dos professores ocorreu em 2011 e os cursos de preparação docente, desenvolvimento e aplicação das SEA estavam previstos para o ano letivo de 2012.

2. Ter formação inicial em física ou química. Entendemos que a constituição de um grupo heterogêneo poderia enriquecer os trabalhos de elaboração das SEA. Visamos também desenvolver ações de parceria que adequasse a proposta curricular de São Paulo para o 3º ano do ensino médio.

3. Ser voluntário e ter disponibilidade para a realização dos cursos preparatórios aos sábados nas dependências do Observatório Dietrich Schiel. Acreditamos que esta foi a exigência que mais filtrou a participação de professores no projeto.

Nove professores se interessaram em participar do projeto, dos quais selecionamos 07 professores que atendiam aos critérios citados. Destes, 04 realizaram os cursos preparatórios integralmente (Tabela 3), sendo que 02 ficaram responsáveis de aplicar as SEA elaboradas. Esta ocorrência é justificada pelo fato de que apenas estes professores ministravam aulas para 3º bimestre do 3º ano do ensino médio (Prof. J e Prof. R), e as SEA elaboradas deveriam

adequar-se à proposta curricular do Estado de São Paulo para este período letivo, o que restringiu a aplicação pelos demais professores.

Tabela 3: Perfil dos professores colaboradores

Participantes	Formação acadêmica	Tempo de atuação até 2011 (em anos)	Escola/Cidade
Professor J	Mestrando em Ensino de Ciências Exatas (UFSCar), Graduado em Licenciatura em Ciências Exatas (USP), 2004.	08	EE Prof. Joaquim de Toledo Camargo. Itirapina/SP.
Professor MP	Mestre em Ensino de Física (USP), 2011, Graduado em Licenciatura em Ciências Exatas (USP), 2008.	02	EE Álvaro Guião. São Carlos/SP.
Professor M	Graduado em Licenciatura em Física (UFSCar), 1993.	21	EE Jesuíno de Arruda. São Carlos/ SP.
Professor R	Graduado em licenciatura e bacharelado em Física (UFSCar), 2006.	05	EE João Pires de Camargo Dr. Araraquara/SP.

Assumimos os professores como parceiros da pesquisa em todas as suas etapas, sendo este o mediador de todas as ações ocorridas tanto em sala de aula quanto na visita ao Observatório Dietrich Schiel. Entendemos que este seja um dos principais pontos a serem atentados para que haja uma integração entre o ambiente escolar e o centro de ciências de forma satisfatória e que estratégias para alcançar os objetivos traçados transcorram de modo eficaz. As escolas parceiras da pesquisa pertencem a duas Diretorias de Ensino do interior do Estado de São Paulo (Tabela 4).

Tabela 4: Escolas participantes da pesquisa

Escola/Cidade	Diretoria de ensino	Nº total de alunos atendidos	Estrutura física da escola
EE Prof. Joaquim de Toledo Camargo. Itirapina/SP.*	São Carlos	1.160 (Ensino fundamental e ensino médio).	14 salas de aula, sala de informática com 30 computadores com estagiário permanente, projetor multimídia portátil, biblioteca, refeitório, 02 quadras poliesportivas e bicicletário. Não possui laboratórios didáticos de física e ciências afins.
EE João Pires de Camargo Dr. Araraquara/SP.	Araraquara	912 (Ensino fundamental, ensino médio e EJA).	08 salas de aula, sala de informática com 35 computadores e projetor multimídia, além de estagiário permanente, biblioteca, refeitório e 01 quadra poliesportiva. Não possui laboratórios didáticos de física e ciências afins.

* É a única escola estadual da cidade, e que oferece o ensino médio.

3.3.2 Sistemática da coleta de dados

Em ambas as fases nós utilizamos da metodologia de pesquisa qualitativa como forma de obtenção de dados. Allard e Boucher (1991) sugerem que a realização de uma visita escolar a um centro de ciências deve ser dividida em três momentos: planejamento educacional, desenvolvimento das ações planejadas, e fase de finalização ou avaliação do programa. Para Köptke (2003) o sucesso do trabalho de parceria depende da articulação entre esses três momentos. Este "modelo" foi utilizado por Martins (2006) e mostrou-se eficaz na compreensão e estruturação da relação educacional entre escolas e visitas ao Museu de Zoologia da USP. Em nossa pesquisa adotamos uma sistemática de atuação muito próxima da proposta por Allard e Boucher (1991), porém com um acréscimo: anteriormente aos momentos propostos, realizamos o preparo docente no qual os professores participantes da pesquisa realizaram e discutiram todas as atividades (teóricas e práticas) que seriam trabalhadas com os alunos em um nível de profundidade e exigências coerentes a sua função.

Assim, a coleta de dados ocorreu em duas fases distintas:

(1) Minicursos de aperfeiçoamento aos professores participantes da pesquisa,

(2) Aplicação das Sequências de Ensino e Aprendizagem em sala de aula e no Observatório.

A primeira fase da pesquisa, o preparo docente, foi realizada entre os meses de Maio e Agosto de 2012 com aquisição de aproximadamente 25 horas de gravações em áudio e vídeo, e realização de 12 entrevistas semiestruturadas individuais com os professores, além de registros de observação e questionários respondidos. Nesta fase, cabe destacar a participação de pesquisadores colaboradores da área de física, ensino de física e astronomia na função de palestrantes dos minicursos aos professores. Entendemos que a equipe formada por professores e pesquisadores foi essencial para o pleno desenvolvimento dos trabalhos e aprofundamento dos temas abordados.

Apesar de ser ampla a bibliografia em inglês sobre física solar, são poucos os materiais escritos em língua portuguesa que discutem este tema, o que do ponto de vista do aperfeiçoamento docente torna-se um obstáculo a ser enfrentado. Neste sentido, optamos por elaborar materiais (textos) próprios sobre tópicos de física solar para serem trabalhados com os professores, nos cursos de preparo docente. Realizamos o mesmo procedimento para a temática educação não formal e para alguns tópicos de física moderna. Tais materiais (textos) serviram de base para o trabalho dos professores com seus alunos e, realização de atividades práticas em sala de aula e no Observatório Dietrich Schiel, além do uso de *Applets* (Apêndice I-C). Os materiais utilizados no preparo docente estão disponíveis no site do Observatório em: http://www.cdcc.usp.br/cda/producao/parceria-centro-de-ciencias-escola/index.html

A segunda fase de coleta de dados compreendeu os meses de Agosto à Outubro de 2012 com aquisição de cerca de 30 horas de gravações em áudio e vídeo, realização de 10 entrevistas semiestruturadas individuais com 02 professores e 08 alunos, além de registros das observações das aulas e das atividades realizadas pelos alunos, em salas de aula e na visita ao Observatório. A grande quantidade de dados gerada pela pesquisa foi analisada buscando identificar tendências, padrões e relações que pudessem dialogar com nosso referencial de análise adotado. Nos Capítulos 5 e 6 apresentamos e discutimos em detalhes as SEA, nas quais:

- ✓ Utilizamos a transposição didática (CHEVALLARD 1991) como instrumento de validação das SEA. Buscamos em nossas análises evidências e padrões que fornecessem indícios da sobrevivência dos saberes em sala de aula e a obediência às regras da transposição didática (ASTOLFI et al. 1997b).
- ✓ Adotamos o losango didático suas dimensões epistêmica e didática (MÉHEUT e PSILLOS 2004) como instrumento de análise das SEA e dos dados coletados, de modo a buscar evidências que demonstrassem a eficácia da SEA visando à parceria entre a

educação formal e a educação não formal e inovação curricular e o favorecimento das dimensões epistêmica e didática frente as ações desenvolvidas em sala de aula e no Observatório Dietrich Schiel.

3.4 Os ciclos de reflexão como metodologia de desenvolvimento das SEA

Usamos como metodologia de desenvolvimento das SEA a noção de ciclos de reflexão, como propósito a elaboração SEA. Os ciclos de reflexão (Figura 11) é um método que nós desenvolvemos e que pode ser interpretado como ações contínuas de parceria entre professores e pesquisadores, seja na preparação docente ou na elaboração e aplicação das SEA. Esta metodologia compreende três etapas: (A) Constituição do grupo de trabalho, (B) Atualização de conteúdos, compartilhamento de ideias, perspectivas e identificação de problemas e soluções, coleta de material já disponível e desenvolvimento das SEA, (C) Aplicação do material desenvolvido, avaliação contínua e reelaboração SEA. Esta última etapa interpretada a partir de subciclos de reflexão que englobam: o ambiente escolar, o ambiente de educação não formal, e a parceria entre pesquisadores e professores.

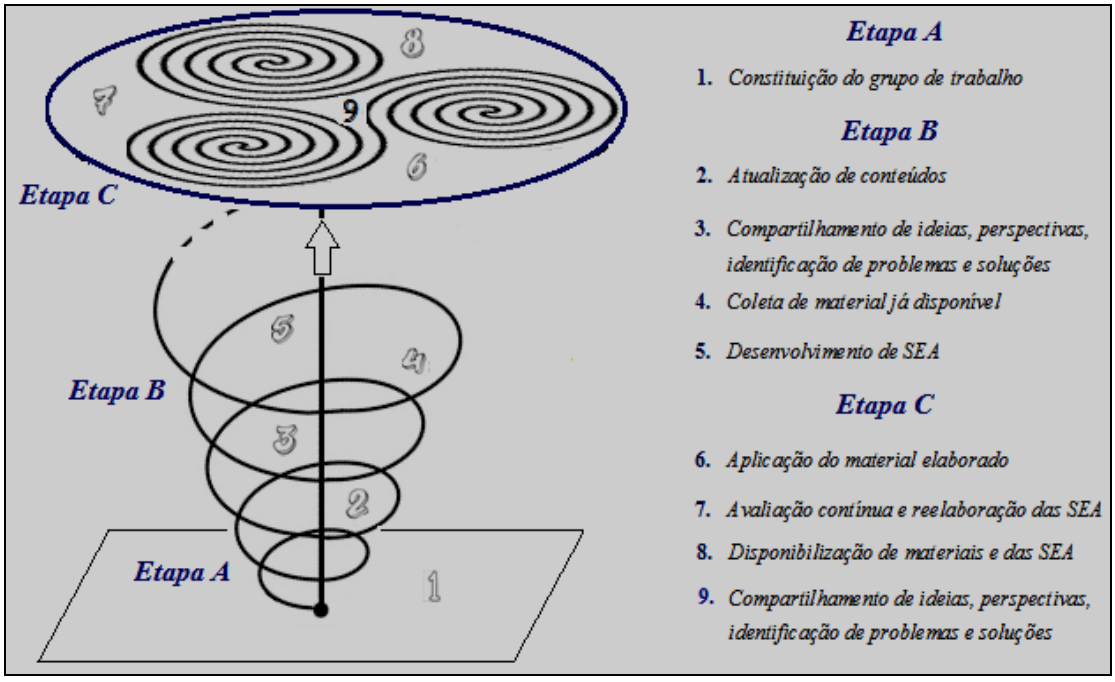


Figura 11: Esquema representativo dos Ciclos de Reflexão
Fonte: produzido pelo autor

✓ *Constituição do grupo de trabalho*

Para a constituição do grupo foram convidados professores de física e química, via Diretoria de Ensino (DE), que voluntariamente quisessem participar desta pesquisa. Como mencionado dos 07 professores selecionados, 04 realizaram os cursos integralmente e 02 ficaram responsáveis de aplicar as SEA elaboradas. Também fizeram parte da equipe de trabalho uma aluna de iniciação científica e mediadores do Observatório Dietrich Schiel. A elaboração das SEA contou com a participação de toda a equipe.

✓ *Atualização de conteúdos*

Apesar de ser interpretada dentro da etapa de preparo docente, esta não se encerrou com os cursos preparatórios, perfazendo todo o desenvolvimento da pesquisa, tanto em sala de aula quanto nas visitas ao centro de ciências. Sobre a preparação docente, foram realizados 08 encontros totalizando cerca de 40 horas de atividades presenciais. A maioria dos encontros ocorreu aos sábados no Observatório Dietrich Schiel. Precedendo os encontros em uma semana os professores recebiam uma síntese, em forma de texto dissertativo, dos assuntos a serem abordados nos minicursos.

✓ *Compartilhamento de ideias, perspectivas e identificação de problemas e soluções.*

O compartilhamento de ideias e discussões sobre o conteúdo específico, assim como as questões didático-pedagógicas a ele relacionadas estão intrinsecamente relacionado à etapa anterior. O compartilhar ideias e identificar problemas convida o professor a (re)pensar sua prática docente, antes e durante da execução dos trabalhos com os alunos. Esta abordagem ganha novos significados no momento em que o professor avalia e reconstrói sua aula visando novas aplicações das SEA em outras turmas.

✓ *Coleta de material já disponível*

Entendida como uma etapa seletiva do ciclo de reflexão, este foi o momento em que professores e pesquisadores retomaram textos e anotações realizadas durante a preparação docente e, em comum acordo, definem os tópicos que serão contemplados na elaboração das SEA. Aqui a experiência docente assume o papel de protagonista nos ciclos de reflexão, sendo o agente mais capaz de apontar as especificidades de sua escola, seus entornos socioculturais, tempo didático, adequação aos conhecimentos prévios e possibilidades de trabalho com seus alunos.

- ✓ *Desenvolvimento das SEA*

Este é um momento rico para a pesquisa e para a parceria educação formal e educação não formal. É o momento em que o professor, enquanto representante do ambiente escolar, explicita seus anseios e escolhas de temas que acredita ser importante para a SEA. Por outro lado, o pesquisador, dialoga, propõe e discute na busca de adequar a SEA aos seus anseios da parceria e problema de pesquisa. O desenvolvimento das sequências inicia-se, direta ou indiretamente, desde o momento da constituição do grupo de trabalho, podendo ser entendida a partir de seleção de conteúdos, coleta de materiais, e elaboração das SEA. É importante ressaltar que o desenvolvimento das SEA seguiu alimentado por dados de pesquisa e discussões entre professores e pesquisadores no momento de sua aplicação com os alunos.

- ✓ *Aplicação do material desenvolvido, avaliação contínua e reelaboração*

Propositalmente o início da aplicação das SEA ocorreu com um atraso de duas semanas entre as escolas participantes e também entre as salas de aula de uma mesma escola. Tal decisão visou possibilitar espaços de discussão, avaliação e reflexão no momento em que se desenvolviam as SEA com os alunos e permitir que os professores pudessem reelaborá-la para a segunda aplicação. As discussões sobre a aplicação das SEA foram ininterruptas durante sua

aplicação, sendo realizadas reuniões semanais com os professores, em suas escolas, e no horário de "Aula de Trabalho Pedagógico Coletivo" (ATPC)[7].

Esta abordagem corrobora a gênese das SEA (LIJNSE 1995), na qual as SEA derivam de ciclos evolutivos iluminados por dados de pesquisa. Iniciar as SEA em momentos distintos nas escolas e salas de aulas foi uma estratégia metodológica que possibilitou aos professores reverem e adequarem as SEA em meio ao processo aplicatório. Entendemos que este fato representa um ganho significativo para o viés processual das atividades de ensino e aprendizagem, pois possibilita rever decisões, mudar abordagens e incluir tópicos não apreciados na aplicação inicial, além de permitir o contínuo diálogo entre professores e pesquisadores.

✓ *Disponibilização do material e das SEA.*

A última etapa dos ciclos de reflexão refere-se à divulgação e disponibilização de todo o material produzido. Na presente pesquisa, a disponibilidade do material concentra-se na publicação de artigos científicos, participação em congressos e encontros da área de ensino de física e, disponibilidade da tese final para acesso público.

[7] 'Aula de Trabalho Pedagógico Coletivo' integra a carga horária docente e "se constitui em um espaço no qual toda a equipe de professores pode debater e organizar o processo educativo naquela unidade escolar, discutir e estudar temas relevantes para o seu trabalho e, muito importante, deve ser dedicado também à formação continuada dos professores no próprio local de trabalho". **Fonte**: http://portal.mec.gov.br/index.php

3.5 A transposição didática como instrumento de validação das SEA[8]

3.5.1 Entendendo as ideias da transposição didática: um breve contexto

Não é difícil perceber que muito dos avanços científicos e tecnológicos ocorridos a partir do início do século XX não se encontram presentes nos currículos das salas de aula brasileiras, mais especificamente no ensino de física. É evidente também que tais avanços, comumente presentes em revistas especializadas de divulgação científica e tecnológica, necessitam ser "transformados" em linguagem e profundidade para se adequarem aos nichos das salas de aula. Este é um processo complexo e não requer apenas a mera simplificação de conteúdos ou "deixá-los mais fáceis", decorre de uma intensa batalha didática e epistemológica de transposição do novo saber à sala de aula[9]. Nesta pesquisa, adotamos a noção de transposição didática (CHEVALLARD 1991) e regras da transposição didática (ASTOLFI et al. 1997a), como um instrumento de validação das SEA elaboradas.

A transposição didática propõe a existência de três níveis ou esferas do saber. O **Saber de Referência (Saber Sábio)** (onde se inicia o processo, geralmente na academia), o **Saber a Ensinar** (a materialização em "manuais" didáticos) e o **Saber Ensinado** (o "fim" do processo, geralmente na sala de aula) . Cada uma destas esferas do saber envolve sua própria comunidade, seus representantes ou grupos, de modo que intimamente ligado aos saberes

[8] A ideia de Transposição Didática proposta pelo francês Ives Chevallard (1991) e suas apropriações no cenário de ensino de ciências, conta tanto com críticas, por vezes vinculadas a ideia de saberes de referência (saber sábio) e pressuposto de sua aplicabilidade em campos além dos da matemática (CAILLOT 1996, PETITJEAN 1998), quanto com aceitações e seu uso no ensino de ciências (PIETROCOLA 2011). Não entraremos no mérito desta discussão em nosso trabalho de pesquisa, uma vez que, apesar de entendermos a importância deste *debate*, isto demandaria tempo e desfocaria nosso objetivo de pesquisa. Apropriarmo-nos da noção de Transposição Didática, não como referencial teórico, mas como um referencial de validação de nossas SEA, uma vez que entendemos que as ideias trazidas pela Transposição Didática são condizentes com nossos propósitos de inovação curricular e sobrevivência dos saberes, vinculado ao trabalho de parceria entre os professores e o centro de ciências. No entanto, é importante explicitar que as abordagens mais recentes relacionadas a esta temática, a Teoria Antropológica do Didático (TAD) (CHEVALLARD 1999), ampliam as discussões e traz um novo viés das ideias de Chevallard para a área de ensino. Na TAD o autor propõe a consideração de dois aspectos complementares da atividade humana: o aspecto estrutural, descrito em termos de *praxeologias* e o aspecto funcional, que pode ser analisado por meio da teoria dos momentos didáticos.

[9] Utilizaremos o termo "saber" em lugar do termo conhecimento. Os textos originais utilizam o termo "savoir" (saber) uma vez que parece traduzir mais coerentemente o objeto do processo da transposição didática do que o termo "connaissance" (conhecimento).

encontramos em Chevallard (1991) a noção de **Noosfera**, sumariamente entendida como uma esfera de ação onde diversos *atores* atuam na transformação do saber.

A primeira esfera do saber: saber de referência (por Chevallard (1991), *Saber Sábio*)

Esta primeira esfera do saber diz respeito ao saber original, aquele que é ostentado como referência na definição de determinada disciplinar escolar. Tal saber é construído no interior da comunidade científica. Há dois momentos do saber de referência: a produção do saber em si, e o momento em que este saber torna-se público, ambos no âmbito da academia.

A busca por respostas para questões de pesquisa, juntamente com diálogos entre os pares caracteriza o contexto da descoberta do conhecimento científico. Este é o momento em que o ser humano trabalha na produção de um novo saber e, ao encontrar respostas satisfatórias à sua inquietação, busca socializá-lo com a comunidade científica. Ao final, o texto produzido adquire uma forma impessoal, não apresentando dúvidas, recomeços, conflitos e principalmente o tempo necessário a sua produção e aceitação. Não é incomum passar-se anos até que um saber de referência seja aceito e compartilhado pela comunidade científica.

Ao se concretizar nos manuais didáticos, o saber a ensinar sofreu o que Chevallard chamou de transposição didática externa. A degradação ou descontextualização é uma característica marcante transposição didática externa. O saber ganha também uma roupagem impessoal, comum ao processo de produção social do conhecimento, processo denominado por Chevallard de despersonalização. Inúmeros são os exemplos da despersonalização sofrida pelo saber no âmbito da história da ciência. Chevallard (1991) cita que o hoje nós chamamos de mecânica clássica. Para ele este foi o primeiro um saber pessoal, quase esotérico de Isaac Newton, e que devido a pressões de seu entorno culminou com os *Principia*. Outro exemplo remete-nos ao início da teoria quântica e a inquietação de Max Planck com seus conflitos

pessoais quanto à inserção de uma constante (*h* constante de Planck) na explicação da radiação do corpo negro. Tais inquietações e conflitos pessoais não fizeram parte da publicação dos manuscritos de Planck, porém tornaram-se públicas quando confessadas a um amigo, o físico norte americano R. W. Wood.

> [...] Foi um ato de desespero. Durante seis anos fiquei lutando com a teoria dos corpos negros. Era preciso que eu descobrisse uma explicação teórica a qualquer preço que não fosse à inviolabilidade das duas leis da termodinâmica (Armin Hermann, *The Genesis of Quantum Theory*, 1971, p. 23 *apud* SEGRÈ 1987, p. 78, *tradução nossa*).

O saber de referência ao ser apresentado e aceito pela comunidade cientifica já se encontra despersonalizado e descontextualizado. O saber ao ser transposto para o saber a ensinar gera uma nova rede epistemológica e uma reorganização harmoniosa que o leve a fazer parte dos manuais didáticos e programas curriculares: a textualização.

A segunda esfera do saber: saber a ensinar

O saber a ensinar é a primeira transformação sofrida pelo saber de referência depois de ser estabelecido e aceito pela comunidade científica. Este é o momento de sua materialização na produção de "manuais didáticos" e de divulgação, ocorrendo o que Chevallard (1991) chamou de descontextualização. O saber ao extrapolar a fronteira imaginária do saber de referência torna-se saber a ensinar, perdendo sua essência contextual e sendo reestruturado em uma linguagem adequada (não menos importante) ao nível de ensino que fará parte. Diversas esferas da sociedade fazem parte do saber a ensinar, como autores e editores de manuais didáticos, professores, representantes do governo, cientistas ligados à educação e pais de alunos, na forma de opinião pública. Com a materialização dos conteúdos no saber a ensinar, este futuramente tornar-se-á o saber ensinado, caracterizando o que Chevallard chamou de transposição didática interna.

Ao referir-se a transposição interna o autor evidencia o importante papel do professor neste contexto, o qual, por meio de sua autonomia, explora as inúmeras possibilidades de

reorganizar a estrutura didática do saber ensinado. Ao selecionar o que e como ensinar, o professor conduz o saber de modo que esteja plenamente adaptado ao sistema de ensino, público alvo, tempo didático e infraestrutura escolar disponível. Não apenas trabalha-se com aspectos pedagógicos, mas também epistemológicos, psicológicos e estruturais do processo de ensino e aprendizagem.

A terceira esfera do saber: saber ensinado

A transposição do saber a ensinar em saber ensinado talvez seja uma das tarefas mais árduas e complexas de toda a transposição didática, pois se encontra no âmbito do 'Sistema Didático', o qual por natureza é revestido de dificuldades e conflitos inerentes à prática docente.

O saber ensinado é fruto de escolhas, muitas vezes ligadas à adaptação dos saberes ao tempo didático, o qual difere em muitos aspectos, por exemplo, das noções de tempo real, lógico e de aprendizagem. Tempo real está intimamente relacionado à ideia de tempo histórico no qual determinado saber se desenvolveu. O tempo lógico relaciona-se à maneira de transpor a apresentação desse conhecimento para fins de ensino. Tempo didático, a causa de muitas das angústias dos professores, está vinculado àquilo que de fato poderá ser feito no contexto de sala de aula. É o momento de fazer escolhas. Por fim, o tempo de aprendizagem, em sua essência é relativo, pois depende das ações de cada aluno. Alguns alunos aprendem durante as próprias aulas, aproximando muito o tempo didático do tempo de aprendizagem. Outros, porém, talvez aprendam semanas, meses depois, e extrapolando, a aprendizagem de determinados tópicos para alguns talvez nunca ocorra.

Os saberes escolares e a noção de noosfera

Para Chevallard o sistema binário professor-aluno, oriundo de uma pedagogia tradicional, deve ser superado, devendo este sistema ser respaldado em uma base ternária,

onde o Saber é o vértice que falta nesta relação. Assim, o autor é enfático ao enunciar uma relação ternária é uma relação didática (Figura 12).

> O entorno imediato de um sistema didático está constituído inicialmente pelo sistema de ensino, que reúne o conjunto de sistemas didáticos e tem ao seu lado um conjunto diversificado de dispositivos estruturais que permitem o funcionamento didático e que interveem nos diversos níveis [...] O sistema de ensino [...] possui por sua vez um entorno, que podemos denominar, se desejarmos, a sociedade [...]. (CHEVALLARD 1991, p.27, *grifos e tradução nossa*).

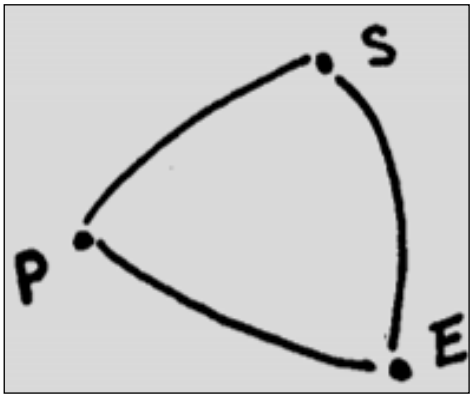


Figura 12. Relação Professor (P), Aluno (E), Saber Ensinado (S) e inter-relações (CHEVALLARD 1991, p. 26).

Podem-se entender melhor as relações acima ao considerar a sociedade e os Sistemas de Ensino como mediados por meio de uma noosfera. A noosfera é considerada uma central gerenciadora do processo de transposição didática, tanto que Chevallard (1991) a coloca como essencial para o entendimento da transposição didática. A noosfera é o agente mediador entre as aspirações da sociedade e o pleno funcionamento do sistema escolar, para isso, julga e seleciona interesses político-social e acadêmico-pedagógico (Figura 13). A noosfera além de englobar todas as esferas do saber, também perfaz de maneira muito particular a mediação entre cada esfera do saber.

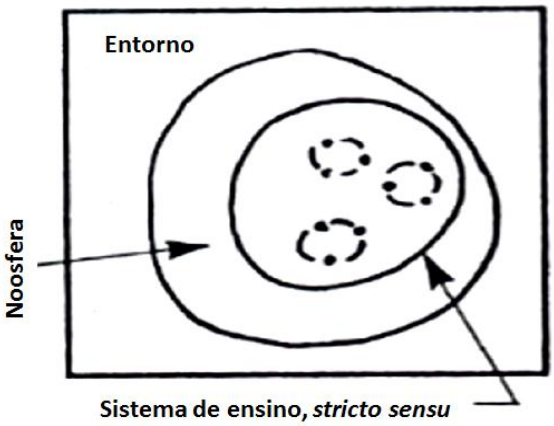


Figura 13: Representação da Noosfera, evidenciando o sistema de ensino *stricto sensu* e seu entorno (CHEVALLARD 1991, p.28, *tradução nossa*).

O principal objetivo da noosfera é otimizar a negociação dos dilemas e riscos inerentes ao processo de transposição didática. A partir do que foi abordado até o momento, é possível representar o processo de transposição didática da seguinte forma (Figura 14):

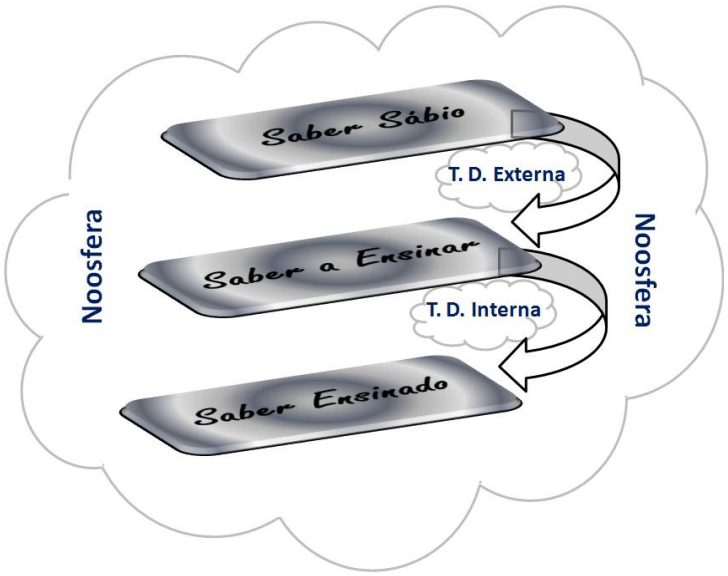


Figura 14: Esquema representativo da Transposição Didática.
Fonte: Produzido pelo autor com base em Chevallard (1991)

Alguns pontos chamam a atenção nesta representação. Dentre eles, o fato da noosfera englobar todas as esferas do saber; o caminho estabelecido entre o saber de referência, saber a ensinar e saber ensinado; e a distinção entre os saberes. Sobre este último aspecto, distintos elementos pautam-se de distinguir os saberes, como atores principais, grupos sociais de

referencia, focalização das atividades, atividades cognitivas e fontes de pressão intrínseca a cada atividade. Tais elementos são pormenorizados por Astolfi et al. (1997b) tomando como base as esferas do saber (Tabela 5).

Tabela 5: Distinções entre os saberes (ASTOLFI et al. 1997b, p. 196, *adaptação nossa*) *

	Saber de Referência (Saber Sábio)	**Saber a Ensinar**	**Saber Ensinado**
Atores principais	Cientistas e pesquisadores da academia	Autores de manuais didáticos	Docentes
Grupos sociais de referência	Os pares e árbitros da comunidade científica. Escolas e correntes de pensamentos e suas publicações	Especialistas da disciplina escolar. Docentes e opinião pública	Alunos. Estabelecimentos escolares e o seu meio social. Pais de alunos e inspetores
Focalização da sua atividade	Estado do debate científico. Oportunidades pessoais de trabalho. Avanço do conhecimento	Disponibilidade de elementos recentes do saber. Transformação do saber em propostas de atividades...	Noções de base a <fazer passar>. Dificuldades reconhecidas a <trabalhar>. Comunicação didática a manter
Atividade cognitiva dos atores	Trabalha sobre o seu estado de conhecimento. Resolve problemas de pesquisa e deve fazer aprovar suas soluções pelos seus pares	Integra novos conhecimentos nos saberes já existentes. *Simplifica* o saber, procurando melhores formas de apresentá-lo	Seleciona, para cada *noção*, exercícios a fazer, lições a ministrar. Toma decisões para determinar uma intervenção coerente
Fontes de pressão da sua atividade	Competição científica e de carreira (comunicações, publicações...). Justificação de fomentos à investigação	Competição e dificuldades editoriais. Respeito pelos programas pré-estabelecidos (normas, clareza...). Controle mútuo de coautores	Exigência do <aval> (exames, níveis superiores de ensino). Dificuldades do tempo didático. Conformidades em cânones escolares estabelecidos

* Com base nos trabalhos de Perret-Clermont et al. (1982 *apud* Astolfi et al. 1997b).

3.5.2 A sobrevivência dos saberes

A transposição didática como instrumento de validação das SEA elaboradas reflete os caminhos trilhados pelos saberes, deste a sua produção até a sala de aula, tendo a noosfera como guia que seleciona os saberes que farão parte do nicho escolar. Ocorre que alguns saberes não sobrevivem ao processo de transposição didática, de modo que não chegam ao *status* de saber ensinado. Com o passar dos anos, alguns saberes acabam "envelhecendo" e deixando de serem objetos dos currículos escolares, sendo, portanto, descartados e/ou

substituídos por novos saberes. Chevallard (1991, pp. 11-44) definiu cinco condições necessárias para que um determinado saber sobreviva ao processo de transposição didática:

- ✓ Ser *Consensual.* O saber ao chegar à sala de aula não pode apresentar dúvidas de veracidade pelos representantes do sistema didático. Esta é uma característica primordial para a sobrevivência do saber.
- ✓ É pretendido que o saber esteja em acordo com *Atualidade Moral e Biológica.* Atualidade Moral: deve-se abordar saberes que possam ser avaliados, e que a sociedade entenda como importantes e necessários à composição curricular. Na presente pesquisa, atentamos para o fato de explicitar o Sol como o astro que propicia a vida na Terra, sendo fundamental entender sua dinâmica. Atualidade Biológica: o saber deve ser ensinado em consonância com a atual ciência praticada. Hoje, configura-se como uma inadequação biológica ensinar, por exemplo, o "modelo atômico" tendo como base o modelo de bola de bilhar ou de pudim de passas, ou ainda estudar o Sol a partir de uma visão geocêntrica, salvo em uma perspectiva histórica. De fato, de tempos em tempos a atualização biológica se faz necessária. Novas descobertas são geradas pela comunidade científica, o que acarreta no distanciamento do saber de referência ao saber a ensinar.
- ✓ O saber a ensinar deve ter *Operacionalidade.* Espera-se que um saber a ensinar seja operacional, no sentido de produção e desenvolvimento de atividades que possibilitem uma avaliação coerente daquilo que foi transposto. Certamente, uma Sequência de Ensino e Aprendizagem que não seja *operacionável* não satisfaz as exigências do saber a ensinar, correndo, portanto, risco de não se adequar ao contexto escolar.
- ✓ Ter *Criatividade Didática.* Este é um elemento essencial na transposição do saber de referência em saber a ensinar, e está intimamente ligada a criação de um saber com identidade própria. Em eletricidade, por exemplo, o tema associação de resistores

ensinada na escola não encontra paralelos no domínio do saber de referência, sendo, portanto, fruto da criatividade didática. A criatividade didática nos atesta que a transposição didática não é fruto de uma mera simplificação dos saberes de referência.

- ✓ A última característica necessária à sobrevivência dos saberes é a *Terapêutica*. O autor enfatiza que o saber a ensinar deve se submeter aos testes *in loco*, definidos por Chevallard como terapêutica. Em poucas palavras, só permanece nos domínios escolares aquele saber didatizado e que deu certo, desta forma o incoerente e o que se mostrou errado, entra no esquecimento e não permanece nos domínios escolares. Trabalhar com SEA com vistas à inovação curricular, permite-nos verificar tal característica no momento de sua execução, uma vez que as frequentes discussões com os professores e o acompanhamentos das aplicações das sequências naturalmente seleciona aquilo que deu certo e serve de guia para as ações futuras.

As características descritas nos revelam fortes indícios dos *porquês* temas de física moderna raramente são ensinados no ensino médio, apesar de sua importância ser consensual entre educadores e pesquisadores. Talvez um dos principais motivos seja que esta inovação curricular não obedeça aos critérios estabelecidos por Chevallard.

3.5.3 As Regras da Transposição Didática (RTD)

As regras da transposição didática complementam a ideia original da sobrevivência dos saberes e fornecem um promissor caminho para melhor descrever a dinâmica da transposição dos saberes no contexto da inovação curricular no ensino de física.

Regra I - Modernizar o saber escolar

Ao passo que novos saberes surgem, trazem consigo a necessidade de repensar periodicamente o saber escolar, tanto no campo de recursos humanos (formação) quanto na inserção de novos conteúdos. Modernizar o saber escolar surge como uma necessidade frente

aos avanços científicos e tecnológicos da sociedade, legitimando o programa da disciplina escolar frente à realidade contemporânea.

> Em diferentes disciplinas, parece periodicamente necessário que os especialistas atualizem os conteúdos de ensino, para aproximá-los dos conhecimentos acadêmicos. Neste caso, frequentemente criam-se comissões que tomam por base vários trabalhos e proposições anteriores difundidas na noosfera (ASTOLFI et al. 1997b, p.198, *tradução nossa*).

Acreditamos que trabalhar em parceria com professores a elaboração de SEA que busque a inovação curricular possa representar um primeiro passo na direção da modernização do saber escolar. Entendemos que a inovação curricular propiciada com a abordagem da física solar em sala de aula permitiu trabalhar temas pouco abordados no domínio escolar, como: espectroscopia, fusão nuclear, radiação de corpo negro, além de tópicos do campo da astrofísica. Tais ações certamente são ressonantes com a necessidade de atualização do saber escolar.

Regra II – Atualizar o saber escolar, a luta contra a obsolência didática.

Em atenção à primeira regra da transposição didática, não basta apenas inserir novos conteúdos aos domínios escolares, é preciso eliminar e/ou atualizar saberes que se "envelheceram" no domínio escolar. Atualizar os saberes escolares tem estrita ligação com a modernização dos saberes, no entanto, por vezes, ocorre mediante a substituição de conteúdos e/ou atualização dos mesmos, "contrapondo-se" a inserção de novos conteúdos.

Muitos dos saberes são eliminados da sala de aula não por estarem errados, mas por encontrarem-se banalizados, tornando-se ilegítimo aos pressupostos da academia. Por outro lado, no campo da astrofísica, por exemplo, entender a produção de energia no interior das estrelas a partir da fusão nuclear, abordando a emissão de partículas e radiação, pode possibilitar ao professor discutir tópicos mais atuais da física, por exemplo, a emissão de neutrinos solares.

Regra III - Articular o saber novo com o antigo

Um novo saber escolar é fruto de uma necessidade intrínseca do domínio escolar, porém, em geral, um novo saber é mais bem aceito pelo sistema didático quando este se associa aos saberes antigos. A ruptura total de um dado saber em detrimento a outro deve, sempre que possível, ser evitada, pois pode gerar um sentimento de desconfiança em sua aceitação. O "novo" é quase sempre um novo relativo, pois guarda as marcas dos obstáculos que uma cultura teve que superar. Parafraseando Paulo Freire, ao ser produzido, um saber novo "supera outro antes que foi novo e se fez velho e se dispõe a ser ultrapassado por outro amanhã".

Olhando para nossos objetivos de pesquisa, pensar a inovação curricular a partir da inserção de física moderna (e física solar) no ensino médio não implica necessariamente excluir a física trabalhada, mas sim mostrar o novo como uma necessidade para olhar e entender de modo mais completo as situações cotidianas. Por exemplo: entender o Sol, sua energia e luminosidade permite inferir as demais estrelas; estudar o espectro solar a partir da discussão do átomo de Bohr e transições eletrônicas permite abordar tópicos de física quântica e evolução atômica.

Regra IV - Aptidão para transformar saberes em exercícios e problemas

Operacionalizar o saber permitindo que a prática da resolução de exercícios e problemas certamente é mais valorizado no âmbito escolar em detrimento de saberes que são limitados a abordagens apenas qualitativos. Em física, a prática da resolução de exercícios possibilita traduzir a teoria em desafios reais para o estudante, onde o estudante é instigado a mobilizar meios que lhe permitam interpretar, perceber e esboçar planos de resolução.

Ao propor a inserção de tópicos de física solar no ensino médio e discutir a abordagem da física moderna com os professores frente a parceria educação formal (sala de aula) e

educação não formal (centro de ciências), a operacionalização dos saberes tornou-se um agente estruturante de nossas ações. Entendemos que a operacionalização, além de essencial, é característica de ambos os contextos educacionais, seja na forma de resolução de exercícios em sala de aula ou na realização de atividades do tipo *hand on* nos centros de ciências. As atividades pensadas na parceria professor-pesquisador (Apêndice I) refletem algumas das possibilidades de colocar em prática tal operacionalização dos conteúdos abordados.

Regra V - Tornar um conceito mais compreensível

Esta última regra da transposição didática pode ser entendida como intrinsecamente ligada à postura docente e à produção textual. Tornar um conceito mais compreensível remete-nos a ideia da melhoria expositiva de determinado conceito sem, no entanto, reduzir a precisão necessária para a correta compreensão do conceito em questão.

> Um conceito [...] é visto como suscetível de fazer desaparecer as dificuldades bem conhecidas como as que os alunos se encontram. [...] a "coisa" do professor é um texto do saber. É, portanto, do texto do saber que ele aproximará, mais facilmente, a etiologia [ciência das causas] do insucesso e, consequentemente, é nas variações do texto do saber que ele procurará uma arma terapêutica para agir sobre as dificuldades encontradas. Pode-se aqui medir o caminho que vai da primeira justificação da introdução do conceito, tal qual como aparece nas instruções, ao interesse que este mesmo conceito toma conscientemente para o docente [diferentes daquele do programa] (ASTOLFI 1997b et al., p. 200, *tradução nossa*).

Visando tornar os conceitos mais compreensíveis para os alunos, acreditamos que as particularidades da presente pesquisa representaram uma estruturação fundamental para o sucesso dos trabalhos. Os alunos ao vivenciarem o que estão aprendendo, seja por meio de visitas didáticas ou atividades práticas, certamente veem ampliadas as possibilidades de entendimento do que esta sendo estudado.

Buscamos em nosso trabalho de pesquisa utilizar as ideias de Chevallard (1991) e Astolfi et al. (1997b) não como referencial de análise de nossos dados, mas sim como instrumentos de validação das SEA. Acreditamos que a noção de sobrevivência dos saberes e

as regras da transposição didática são suficientes e condizentes para a construção de nossas SEA e prosseguimento da pesquisa em âmbito de aplicação e análise por outros referenciais. É no mínimo inadequado falar em transposição didática "certa ou errada", "boa ou ruim", uma vez que a transposição apenas agrega valores de instrumento de análise e, no nosso caso de validação, tendo o intuito de verificar se determinada transposição do 'Saber' foi possível ou não de ser realizada.

3.6 O losango didático como instrumento de análise das SEA

Adotamos como referencial de análise das SEA e dos dados coletados a noção de losango didático proposta por Méheut e Psillos (2004). Para os autores o processo de elaboração de SEA aponta para dois polos de interesse, dentro de um modelo que define quatro componentes básicos interligados: professor, alunos, mundo material e conhecimento científico. Estes polos compõem as dimensões epistêmica e pedagógica, formando o chamado "losango didático" (*The didactical rhombus*) (Figura 15).

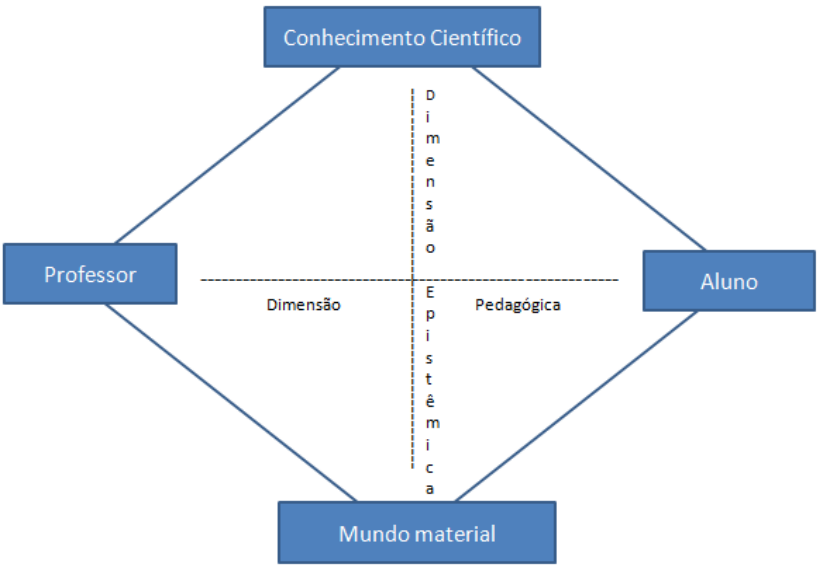


Figura 15: "Losango didático" (MÉHEUT e PSILLOS 2004, p. 517).

A dimensão epistêmica considera os processos de elaboração, os métodos científicos e a validação do conhecimento científico. A dimensão pedagógica considera os aspectos relacionados ao papel do professor, às interações entre o professor e o aluno e entre o aluno e seus pares. Aspectos empíricos dos fenômenos físicos perfazem o lado aluno-mundo material, sendo as atitudes dos alunos frente ao conhecimento científico encontrado ao longo do lado aluno-conhecimento científico. Segundo Méheut e Psillos (2004) esta representação permite a organização dos elementos colocados em jogo durante o processo de concepção de uma SEA, e indica a relativa independência das dimensões epistêmica e pedagógica.

Méheut (2005) crítica propostas didáticas que privilegiam apenas uma dimensão em detrimento da outra, assim apresenta o que chama de abordagem "construtivista integrada", ou seja, aquela que integra ambas as dimensões epistêmica e pedagógica do losango didático. Na perspectiva construtivista integrada toma-se por base linhas de pesquisa como a *Ingenierie Didactique* (ARTIGUE 1988) e *Educational Reconstruction* (KATTMANN et al. 1995), coloca-se ênfase em aspectos como o conteúdo a ser ensinado, sua gênese histórica, características cognitivas dos alunos, dimensão didática relativa à instituição de ensino, motivação e significância do conhecimento a ser ensinado. Grande atenção é oferecida ao estudante, sua forma de pensar e as dimensões motivacionais das situações de ensino e aprendizagem.

Entendemos ser importante a adoção da noção de losango didático como referencial de análise dos dados, no sentido de discutir as dinâmicas e processos que ocorrem entre professor e aluno (dimensão pedagógica) no processo de ensino e aprendizagem, bem como os processos de elaboração, interpretação e validação dos conhecimentos científicos em seu processo transpositivo (dimensão epistêmica). A escolha do losango didático como instrumento de análise decorre da natureza da presente pesquisa, uma vez que a inovação curricular que propomos, a partir do trabalho conjunto professor-pesquisador na elaboração e

aplicação de SEA, traz uma dinâmica própria de construção e validação que busca entrelaçar dados de pesquisa com ações efetivas em sala de aula.

As salas de aula, assim como os espaços de educação não formal são locais de encontro entre conhecimentos diversos. A relação pedagógica, composta pela tríade professor-aluno-conhecimentos, envolve diferentes dimensões, entre as quais podemos destacar: as de ordem afetiva, relacionadas às expectativas de cada um; as de ordem pedagógica, relacionadas aos recursos didáticos e diferentes estratégias de ensino que o professor tem à sua disposição; as de ordem epistêmica relacionadas à construção do conhecimento; e as de ordem ontológicas, relacionadas ao Ser enquanto possuidor de características intrínsecas que o leva a uma leitura particular de um 'conhecimento'. Todas estas dimensões estão envolvidas e influenciam a tomada de decisões do professor, suas ações e, também na postura dos alunos frente à construção do conhecimento (CAPECCHI 2013).

Buscamos na dimensão pedagógica analisar as abordagens comunicativas ocorridas entre os alunos no decorrer das atividades e também os padrões de interação entre professores e alunos, em sala de aula e na visita ao Observatório. Buscamos ainda identificar nos discursos dialógicos e argumentativos (discente e docente) aspectos que suportem a construção do conhecimento científico, além do uso de diferentes métodos/materiais na promoção da construção dos saberes. Assim, nesta dimensão, consideramos em nossas análises, dentre outros aspectos, o uso de materiais textuais para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, o uso de atividades experimentais de baixo custo como forma de instrumentalizar o ensino de física, a incorporação de ambientes extraescolar na maximização da aprendizagem dos alunos e a adoção de tecnologias de informação e de comunicação (TIC) no ensino.

Na dimensão epistêmica buscamos em nossas análises situações/atividades desenvolvidas relacionadas às SEA que contemplassem: a aproximação entre o conhecimento

científico e o mundo material, o conhecimento historicamente construído, sua gênese, caminhos e transformações, as trajetórias de aprendizagem dos alunos, identificação e superação de lacunas de aprendizagem, a apreciação das preconcepções dos estudantes sobre o conhecimento científicos, a articulação entre o saber docente e/ou discente e o mundo material e, a articulação entre o saber docente e/ou discente e o conhecimento científico.

Os pontos explicitados, tanto na dimensão epistêmica quanto na dimensão pedagógica, buscam interpretar os seus vértices do losango didático proposto por Méheut (2005) e, devem ser entendidas como relações articuladoras criadas para fomentar nossas análises dos dados. Explicitaremos e discutiremos sobre tais relações no momento da análise dos dados.

No que se refere à dinâmica de construção das SEA, esta buscou contemplar dois importantes aspectos discutidos no decorrer deste texto: o "Losango didático" (Figura 15) proposto por Méheut e Psillos (2004), e os "Ciclos de reflexão" (Figura 11) como ferramenta metodológica de desenvolvimento das SEA. A concepção de uma SEA não é uma atividade instantânea, mas um esforço de longo prazo, um produto que muitas vezes é uma representação dos conteúdos inovadores, diferindo-se daqueles historicamente presentes em livros e currículos.

SEA evoluem progressivamente, tendo como uma de suas características a inclusão dentro de um gradual processo de pesquisa com base evolutiva, visando o entrelaçamento da ciência e da perspectiva do aluno (MÉHEUT e PSILLOS 2004, MÉHEUT 2005). Em relação à pesquisa empírica, os autores colocam que alguns fatores podem e devem ser mais explicitamente levados em consideração quando do design de uma SEA, por exemplo, deve-se tornar público fatores contextuais e particularmente as restrições educacionais encontradas. Nos capítulos seguintes apresentamos o preparo docente e os ciclos de reflexão (Capítulo 4), a construção e validação das SEA a partir da transposição didática (Capítulo 5) e, a discussão

das SEA e dos dados coletados durante sua aplicação a partir dos propósitos de inovação curricular à luz do losango didático (Capítulo 6).

Capítulo 4 - O preparo docente e os Ciclos de Reflexão

4.1 Preparação docente

A formação do professor é um processo complexo, contínuo e que envolve o profissional não apenas intelectualmente, mas também social e emocionalmente. É uma carreira com eterno recomeços. Na avaliação de Garrido e Carvalho (*apud* CUNHA 2003) tanto os cursos de formação inicial, quanto os voltados à formação continuada vêm sendo considerados insatisfatórios, sendo o distanciamento entre Universidade e escolas um dos principais motivos para este fato. Nos últimos anos um crescente número de trabalhos vem discutindo a aproximação entre escolas e Universidades, particularmente no que se refere a aspectos educativos desenvolvidos nos (e pelos) seus centros de ciências, incluindo a formação inicial e continuada de professores e a formação de mediadores (CAZELLI et al 1998, NASCIMENTO e VENTURA 2001, JACOBUCCI 2006, JACOBUCCI et al. 2009, TZIBAZI 2011).

Ainda hoje existe pouca comunicação entre professor e educador de centro de ciências, o que torna difícil incorporar o que é vivenciado nestes locais ao currículo escolar (TRAN 2007), ainda mais se considerarmos que muitas das atividades desenvolvidas nos centros de ciências são novidades também para o professor visitante. Este cenário nos conduz a necessidade de um diálogo mais consistente entre professores e centros de ciências, de modo a aliar o que está sendo exibido nas visitas ao trabalho em sala de aula.

Quando bem elaborada e estruturada a visita a um centro de ciência torna-se uma ferramenta a mais para o professor conduzir o processo de ensino e aprendizagem de seus alunos. Para que uma aula "não formal" seja bem executada, não somente o espaço deve ser adequado, mas é essencial um preparo do professor na sua execução (VIEIRA 2005), visto que este tem o papel de mediador entre o novo ambiente, o aluno e os tópicos previamente trabalhados em sala.

Assim, a proposta de trabalhar a parceria professor-pesquisador utilizando os ciclos de reflexão subsidia o trabalho contínuo de discussões e (re)pensar da prática docente. Reiteramos que os ciclos de reflexão (Figura 11 do *item 3.4*) como metodologia de desenvolvimento perfaz todo nosso trabalho de pesquisa, seja na preparação docente ou na elaboração e aplicação das SEA. No que se refere à etapa de preparo docente, a atualização de conteúdos, o compartilhamento de ideias e perspectivas entre professores e pesquisadores, e a identificação de problemas e a busca por soluções foi decisivo para o bom andamento dos trabalhos em sala de aula, quando da aplicação das SEA.

Pesquisas sobre centro de ciências mostram que as atitudes de parceria entre professores e educadores destas instituições são bastante relevantes para o desenvolvimento da visita e para a melhoria das atividades e exposições (GRIFFIN 2004, COLOMBO JR. et. al 2009). É importante que o professor seja o maestro que rege toda a orquestra, corrigindo os desafinos educacionais e conduzindo todo o processo de ensino e aprendizagem, tanto no espaço de sala de aula quanto no ambiente não formal. Ao assumirmos que a educação formal e a educação não formal podem atuar juntas no processo de ensino e aprendizagem, a melhor forma de integrá-las é por meio do trabalho docente. Concordamos com Jacobucci quando defende que,

> Os centros e museus de ciências que procuram acompanhar o trabalho realizado na escola pelos docentes que passaram pelas atividades formativas contribuem com o processo de formação na medida em que assessoram o professor no desenvolvimento de ações no ambiente escolar, garantindo uma continuidade do vínculo com a equipe técnica e a perpetuação da troca de experiências. Além disso, essa assessoria influi na motivação do professor para realizar um trabalho modificador em sala de aula [...] o professor não se vê sozinho na escola e sim apoiado pelas pessoas que compartilharam com ele problemas, ideias e soluções (JACOBUCCI 2006, p. 274).

É ponderável que não somente o "cenário" deva ser adequado, mas também o preparo dos atores que executam o "espetáculo", no qual todos agem como protagonistas na construção do conhecimento. Entendemos que o termo "todos" só faz sentido quando estão

em constante interação, seja no planejamento das ações educacionais ou no papel ativo e participativo da construção do conhecimento.

É neste sentido que buscamos apresentar e discutir o preparo docente realizado a partir da noção de ciclos de reflexão como metodologia de desenvolvimento das SEA. O curso de formação continuada durou 40 horas distribuídas em 05 encontros temáticos e 03 oficinas de elaboração e discussão das SEA. Os encontros foram realizados no Observatório Dietrich Schiel, sendo a maioria deles aos sábados, exceto as oficinas de elaboração realizadas no recesso escolar (Julho de 2012).

No primeiro encontro, buscamos discutir com os professores aspectos relacionados a fundamentos teóricos relativos aa temáticas centro de ciências, educação não formal, inovações curriculares, SEA e transposição didática, além de apresentar oficialmente o Observatório Dietrich Schiel (e suas atividades) aos professores. Este encontro representou efetivamente o momento inaugural da pesquisa, neste sentido, reforçamos os objetivos da pesquisa para os professores e, como a pesquisa poderia contribuir com a melhoria do ensino de física, com a escola, com o espaço de educação não formal e com a própria prática docente. O segundo e o terceiro encontros tiveram o intuito de aprofundar alguns tópicos de física moderna relacionando-os com a física solar. Também fizeram parte destes encontros algumas atividades experimentais, como: "Estimando a temperatura da fotosfera solar" e "Espectroscópio de baixo custo" (Apêndice I-D).

Os dois últimos encontros de formação (quarto e quinto encontros) objetivaram discutir com os professores tópicos relacionados a física solar, além de apresentar algumas das possibilidades da realização de atividades experimentais relacionadas a temática na escola. Terminados os encontros de formação, realizamos três oficinas de elaboração e discussão das SEA. Na elaboração das SEA, os professores contribuíram de forma decisiva para a confecção

inicial das SEA, visto que eles eram os sujeitos que conheciam o ambiente escolar em profundidade e as possibilidades de trabalho nas escolas parceiras da pesquisa. No texto a seguir buscamos discutir alguns aspectos deste preparo docente realizado. Iniciamos com a tabela 6, a qual traz uma síntese dos assuntos trabalhados durante o primeiro encontro e os objetivos de cada tema trabalhado.

Tabela 6: Encontro I "Didático-Pedagógico"

Data:	**19 de Maio de 2012**	**Duração:**	**~ 04 horas e 30 minutos**
Temas	**Objetivos**	**Assuntos abordados**	
Centros de ciências **Educação não formal** **Inovações curriculares** **Sequência de ensino aprendizagem** **Transposição didática**	Aprofundar teoricamente aspectos da educação não formal, enfocando a educação em centros e museus de ciências e a relação com o ambiente escolar	Imersão histórica da passagem dos museus a centros de ciências; caminho percorrido pelos centros de ciências no Brasil; Educação formal, educação não formal e educação informal; Aprendizagem em centros de ciências, especificidades destas instituições e contribuições para a educação formal.	
	Discutir conceitos relativos à inovação curricular e sequências de ensino aprendizagem	A necessidade de inovação curricular no ensino médio; Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA) e suas particularidades (construção e desenvolvimento).	
	Apresentar e discutir a noção de transposição didática de conteúdos científicos	A Transposição Didática a partir da leitura do francês Ives Chevallard; Os saberes: sábio, a ensinar e ensinado dentro da ideia da transposição didática; A ideia de noosfera e a relação entre os saberes.	
Local	Observatório Dietrich Schiel – Universidade de São Paulo		
Palestrante(s)	Doutorando Pedro Donizete Colombo Junior (Interunidades em Ensino de Ciências) Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva (Instituto de Física de São Carlos - USP)		

No decorrer deste primeiro encontro um resultado que chamou a atenção foi a interpretação dos professores em relação aos centros de ciências. Para eles um centro de ciências é por definição um local de aprendizagem, e eles acreditam ser este o objetivo dos idealizadores das exposições e atividades.

(Prof. R) [...] *é meio complicado você falar que uma pessoa que vai visitar um centro de ciências* [...] *"num aprenda nada" ou não tenha nenhuma informação* [pausa] *por que se ela ta lá* [...] *alguma informação ela vai ter, né.* [o professor questiona:] *Não é o objetivo dela* [da exposição]? [pausa] *dos experimentos, das atividades?*
(Prof. M) [...] *os centros de ciências podem ser uma continuidade e um complemento da sala de aula* [...] *é uma maneira de o aluno presenciar situações e experimentos relatados em aula"*

A fala dos Prof. R e M corrobora as pesquisas da área de educação não formal que defendem o centro de ciências como local de aprendizagem (FALK 2001, MARANDINO

2008, AROCA et al. 2008, AROCA 2009). Reforça também a importância de trabalhar e discutir a parceria educação formal e não formal, pois adotando estes como locais de aprendizagem, inevitavelmente a visita didática extrapola o fator motivacional e de ludicidade.

Notamos também que os professores concebem a avaliação como "o fator" decisivo para a distinção entre os tipos de educação: "[...] *Eu acabei guardando pra mim isso* [...] *eu acabei guardando essa questão da avaliação como o formalizador* [no sentido de entender que este é o fator que torna o local um ambiente de educação formal] (Prof. J)". É fato que a avaliação é um fator muito importante nos processos educacionais, porém ela não deve ser "o fator" de distinção entre as esferas educacionais, e nem o único instrumento para se mensurar a aprendizagem. Diversos outros fatores são importantes, como: o contexto físico em que se inserem as atividades, os métodos e abordagens realizadas, a motivação propiciada pelo ambiente não convencional de aprendizagem e, as atividades e artefatos em exposição.

Este primeiro encontro, didático-pedagógico, ao discutir com os professores temas como educação não formal e inovações curriculares, teve grande importância dentro da ideia de ciclos de reflexões, uma vez que tais temas permeiam todo o desenvolvimento da pesquisa e representam bases teóricas que sustentam a relação que propõe efetivar entre a educação formal (escolar) e não formal (Observatório). Nos dois encontros seguintes as discussões foram dedicadas a tópicos de física moderna. A Tabela 7 traz uma síntese dos assuntos trabalhados e algumas das atividades experimentais realizadas pelos professores durante os encontros.

Tabela 7: Encontros II e III "Física Moderna"

Datas:	**26 de Maio de 2012** **15 de Junho de 2012**	**Duração:**	**~ 10 horas**
Temas	**Objetivos**	**Assuntos abordados***	
Tópicos de Física Moderna	Fundamentar e discutir (de modo teórico e experimental) tópicos de física moderna relacionados com o projeto de pesquisa, e a necessidade da inserção da física moderna no ensino médio	Radiações α, β, γ, eletromagnética e neutrinos; O espectro eletromagnético e suas faixas de radiação; Radiações e a Terra; Radiação de corpo negro - Comparação entre os dados experimentais e as previsões clássicas e de Planck, lei de Wien e de Rayleigh e Jeans. A lei de Stefan-Boltzmann; Experimento "Estimando a temperatura da fotosfera solar"; Física atômica e o átomo de Bohr; Transições eletrônicas e os espectros contínuo e discreto Leis de Kirchhoff para a espectroscopia; Espectroscopia e atividades com Kits do CDCC; Experimento "Construção de espectroscópio amador"; Efeito Doppler e efeito Zeeman e a espectroscopia; Exercícios e demonstrações. A necessidade da física moderna no ensino médio.	
Local	Observatório Dietrich Schiel – Universidade de São Paulo		
Palestrante(s)	Profa. Dra. Claudia Munte (Instituto de Física de São Carlos - USP) Doutorando Pedro Donizete Colombo Junior (Interunidades em Ensino de Ciências)		

* Os experimentos (grifados) são apressentados no Apêndice I-D.

Ao longo destes dois encontros ficou evidente a necessidade dos professores (re)lembrarem e aprenderem novos tópicos de física moderna, confirmando a importância da atualização de conteúdos para o pleno desenvolvimento da parceria e, reforçando a etapa B dos ciclos de reflexão no que se refere ao compartilhamento de ideias, perspectivas e identificação de problemas e, a busca por soluções. Os professores tinham uma vaga lembrança de tópicos como: quantização de energia, previsões de Planck, lei de Wien e de Rayleigh e Jeans, lei de Stefan-Boltzmann, efeito Doppler, porém outros tópicos eram completamente novos para eles: as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia, efeito Zeeman e física solar.

Em diversos momentos os professores deixaram transparecer suas preocupações em relação ao tempo e aulas disponíveis: "[Em outros anos, eu já] *iniciei o tópico sobre estrutura*

da matéria [...] *eu me sinto preparado em ministrar as aulas* [física moderna]. *A maior dificuldade que tenho é a questão do tempo, não consigo chegar aos tópicos de física moderna no ano letivo*" (Prof. M).

Sobre a realização das atividades experiementais, foi de grande valia trabalhá-las e discuti-las com os professores. Enquanto pesquisadores da área de ensino de ciências tinhamos elaborado roteiros de atividades com um forte apelo investigativo e interacionista, tendo como base as leituras realizada ao longo dos anos de estudo. No entanto, percebemos no diálogo com os professores que fatores práticos não haviam sido pensados frente a realidade escolar atual em nossas sugestões de atividades, ou seja, tínhamos uma expectativa que se confrontava diretamente com a prática docente. Os professores também se posicionaram afirmando não se sentirem seguros naquele momento para trabalhar os tópicos propostos de maneira investigativa com os alunos, preferindo uma abordagem mais próxima da tradicional, particularmente em relação as atividades práticas.

O engajamento dos professores, o compartilhamento de ideias e identificação de problemas (etapa B dos ciclos de reflexão) foi essencial para, por um lado rever nossos conceitos e por outro lado escutar os professores no processo de construção e ajustes das SEA, como observada na fala do Prof. J:

(Prof. R) [...] *Eu acho que a minha experiência contribui para a Universidade* [referindo-se a nós, enquanto pesquisadores] *entender um pouco os mecanismos da escola né, eu acho que muitos que estão na Universidade não tem ideia de como ocorre o dia a dia, de como algumas coisas são bem sacrificantes, por que as vezes você fala,* [por exemplo] *é um ônibus, qualquer um arruma um ônibus para visitar* [o Observatório] *né, mas não é assim, tem certas coisas que ocorrem e que as pessoas acabam não sabendo né e que é a dinâmica da escola.*

A experiência e vivência dos professores em sala de aula contribuiram para a melhoria de nossas ideias iniciais sobre as atividades. Por exemplo, após a realização do experimento "Estimando a temperatura da fotosfera solar" (Figura 16) notamos que muitas de nossos pressupostos sobre a clareza do roteiro e a realização do experimento, não encontravam

ressonância na visão que os professores traziam da vivência em sala de aula. Ao considerarmos os saberes e experiência docente, reestruturamos o roteiro da atividade inserindo novas tabelas para a tomada de dados pelos alunos, figuras ilustrativas e algumas informações adicionais para o desenvolvimento da atividade. Este é apenas um exemplo que revela a importância de considerar o papel do professor no processo e ajustes das atividades dentro de uma parceria deste tipo.

Figura 16: Professores realizando o experimento "Estimando a temperatura da fotosfera solar" nas dependências externas do Observatório Dietrich Schiel.

Com esta atividade os professores tiveram a oportunidade de pensar o Sol como um corpo negro, permitindo extrapolar as discussões para questões como, quantização da energia e surgimento da mecânica quântica. Entendemos que a criatividade didática vinculada a estes experimentos, além de tornar o conteúdo mais compreensivo, possibilitou vislumbrar novos horizontes para o ensino de física moderna em sala de aula, por exemplo, possibilitar de modo simples o trabalho de tópicos de física moderna de maneira experimental.

Outra atividade experimental desenvolvidas com os professores foi a "Construção de um espectroscópio de baixo custo". O objetivo foi propiciar ao professor experienciar esta atividade antes de levá-la para a sala de aula. Apesar de simples e fazer parte da apostila de física do 3º ano do ensino médio (SEE/SP 2009, p. 25-9), nenhum professores havia realizado este experimento com os alunos. Novamente o compartilhamento de ideias e a atualização dos conteúdos, explicitadas na etapa B dos ciclos de reflexão, propiciaram o desenvolvimento

profissional do professor frente as atividades realizadas, valorizando ainda mais a parceria com a educação não formal.

A partir da construção e uso do espectroscópio, buscamos fomentar algumas discussões a respeito das três Leis de Kirchhoff para a espectroscopia e iniciar uma discussão, tendo como base a História da Ciência, sobre a relação entre Kirchhoff e as ideias de Bunsen na identificação dos elementos químicos, uma discussão que raramente encontramos nos currículos e livros didáticos de física. Os professores realizaram também uma atividade prática recorrente em aulas de química, o teste da chama (Figura 17a, b).

Os professores foram convidados a construirem seus próprios espectroscópios (Figura 17c, d), identificar problemas, compartilhar as ideias e soluções, reforçando a etapa B dos ciclos de reflexão. Um destes problemas identificados (e uma possível solução) é relatado a seguir:

(Prof. M) [referindo-se a construção do espectroscópio] *Nossa cara* [sic] *esse negócio* [espectrocópio] *é muito legal, eu já tinha visto na apostila* [do Estado], *mas não... sei lá nunca tinha feito* [risos]. *Acho que dá pra melhorar né?* [olhando para o espectroscópio que acabara de construir].

(Pesquisador) *O que você fala?A construção? Deixa eu ver o seu* [observa o espectro da lâmpada da sala com o espectroscópio]. *É... tem alguma coisa... não tá legal não.*

(Prof. M) *Então eu li que tem que estar alinhado* [referindo-se a fenda e o pedaço de CD - difração]. *Eu vou desmontar* [...]

(Prof. J) *Acho que é o tamanho também* [referindo-se a largura da fenda]

(Prof. M) *É pode ser é né...*

(Pesquisador) *Não sei pessoal...tenta mexer de novo, vamos ver o que sai. Ah!, lembra que as bordas do CD é o local onde as ranhuras são mais paralelas... melhor hein!*

(Prof. M) *Putz...*[sic] *é isso cara...*[sic] *acho que peguei o centro* [do CD] e também não tá paralela. Vou ver se arrumo...

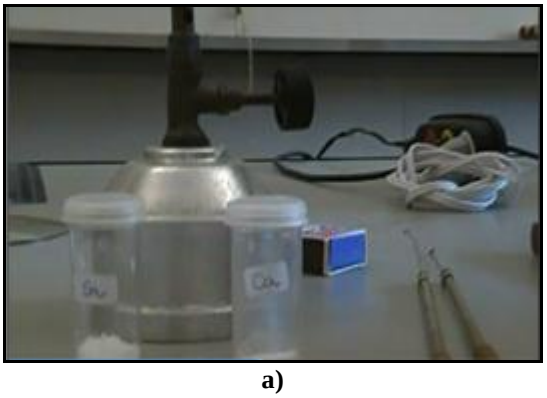
(Pesquisador) *Mas vê aquilo que você falou também* [a largura da fenda] [...] *influencia também.*

(Prof. M) [passado um tempo] *Olha ai professor.* [...] *agora sim né. Acho que melhorou bastante né* [...] *é f.[] este negócio, é muito detalhe né?*

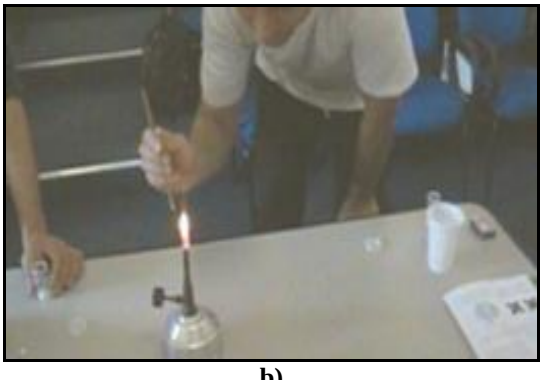
(Pesquisador) *Ahhh* [testando o espectroscópio] *melhorou bastante... é que a sala tá clara também, senão ia ficar melhor ainda. Mas é isso ai mesmo, problema resolvido* [risos].

Nota-se que o professor identificou dois problemas na construção do espectroscópio: a posição da fenda em relação ao CD (função de rede de difração), a qual deveriam estar paralelas e a largura da fenda, a qual deixava entrar muita luz no espectroscópio e atrapalhava a formação do espectro. No entanto, no diálogo, um terceiro problema surge: o CD e as ranhuras paralelas. O interessante desta discussão é perceber a importância do preparo docente. O professor nunca tinha realizado a montagem, a fez, identificou problemas e buscou soluções discutindo com os pares e pesquisadores. Um trabalho de engajamento docente, desenvolvimento profissional e que valoriza a parceria entre a educação formal e não formal, mediada pelos ciclos de (re)pensar e melhor preparar o professor para o trabalho com os alunos.

Utilizando o espectroscópio amador os professores visualizaram o espectro de diversos tipos de lâmpadas (vapor de sódio, vapor de mercúrio, gás hélio, fluorescente, incandescente, luz negra) (Figura 17e, f), além observaram o espectro solar produzido pelo espectroscópio da Sala Solar (espectro de absorção). Apesar de a espectroscopia ser parte da grade curricular do ensino médio, demorou até que os professores entendessem a formação do espectro de absorção e emissão gerado pelo Sol. Entendemos que um fator decisivo para a superação deste obstáculo está relacionado a influência do contexto físico e disposição das atividades interativas do Observatório, como identificação de linhas de elementos químicos no espectro solar. A projeção do Sol e a análise do espectro solar criaram um cenário propício para o questionamento das ideias de senso comum e contextualização do tema.



a)



b)

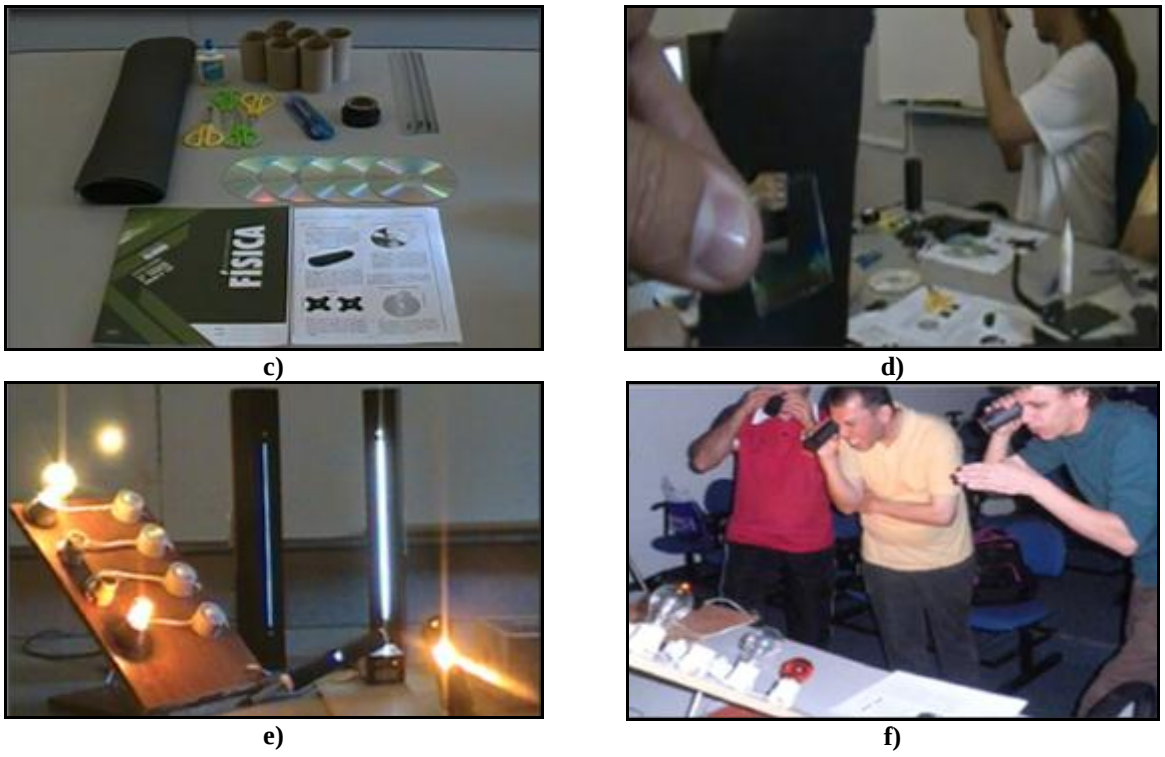


Figura 17: Em "a", "c", e "e" tem-se materiais para, respectivamente, teste da chama, construção do espectroscópio e lâmpadas de vários tipos. Em "b", "d" e "f", tem-se professores realizando, respectivamente, o teste da chama, a construção do espectroscópio e a identificação de diferentes espectros[10].

A partir desta construção e análises, os professores demonstraram grande interesse em realizar com seus alunos a construção do espectroscópio em sala de aula e trabalhar a identificação de espectros durante as visitas ao Observatório. Entendemos que esta postura docente traduz o fato dos professores se sentirem seguros em relação à atividade, além de evidenciar o comprometimento dos professores com a atualização de conteúdos, trabalho em equipe e, parceria entre a educação formal e não formal.

Os encontros dedicados ao estudo de tópicos de física moderna, mostraram-se extremamente importantes para a continuidade dos trabalhos e para a parceria entre a educação formal e a educação não formal. Permitindo discutir com os professores abordagens interdisciplinares, incluindo tópicos de física e de química moderna, socializando informações

[10] Todos os professores participantes da presente pesquisa autorizaram por meio do "Termo de autorização de uso de imagem e depoimentos" (Apêndice III-F) o uso de suas imagens, falas e entrevistas para fins de pesquisa e divulgação, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

e buscando selecionar tópicos que pudessem ser trabalhados em sala de aula e no Observatório. Apoiados nos ciclos de reflexão, especificamente na etapa C, o estudo de tópicos de física moderna e a preparação docente não se encerraram nestes encontros, pelo contrário, se prolongaram durante todo o desenvolvimento da pesquisa. Os dois últimos encontros de preparação docente (Tabela 8), foram dedicados ao aprofundamento de tópicos de física solar. Estes encontros foram muito importantes no contexto da pesquisa visto que muitas das abordagens de tópicos de física moderna, presentes nas SEA trabalhadas com os alunos, foram fomentadas pelo estudo de tópicos de física solar.

Tabela 8: Encontros IV e V "Física Solar"

Datas:	**23 e 30 de Junho de 2012**	**Duração:**	**~ 10 horas**
Temas	**Objetivos**	**Assuntos abordados***	
A Física Solar	Explorar de modo teórico e prático tópicos relativos à física solar. Atividades práticas na Sala Solar do Observatório Dietrich Schiel	Conceitos relativos à estrutura solar: núcleo, camadas radioativa e convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa; Produção de energia no Sol (fusão nuclear); Atividades solares: manchas solares e Ejeção de massa coronal; Interação Sol-Terra: ventos solares, tempestade geomagnética e auroras (boreal e austral); Estudo prático do espectro e identificação de linhas do espectro solar e do espectro de lâmpadas. Identificação de manchas solares por projeção na Sala Solar; Observação do Sol com telescópio Hα e na Grubb; Experimento "Estimativa distância Sol-Terra e diâmetro solar". Demonstração "Descoberta do infravermelho, atividade de Herschel"; Exercícios e demonstrações.	
Local	Observatório Dietrich Schiel – Universidade de São Paulo		
Palestrante(s)	André Luiz Silva (Especialista em Ensino de Astronomia – Observatório, USP). Dr. Gustavo Rojas (Astrônomo, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar). Doutorando Pedro Donizete Colombo Junior (Interunidades em Ensino de Ciências).		

* O experimento grifado é apresentado no Apêndice I-D.

Nestes encontros os professores relataram nunca terem tido aulas específicas sobre física solar e desconhecerem as possibilidades de trabalhar este tema no ensino médio. Durante estes encontros alguns tópicos de física solar foram discutidos com os professores, além das possibilidades de trabalhá-los com os alunos. Nas discussões foi enfatizada a relação Sol-Terra, trabalhando dentre outros tópicos: tempestade geomagnéticas, auroras, vento solar, manchas solares, entre outros. Também foram realizadas atividades práticas como: determinação da distância Sol-Terra e do diâmetro solar. Fizeram parte da preparação a visitas ao telescópio principal do Observatório, observação da fotosfera e proeminência solar com o uso de telescópio com filtro Hα, discussão na Sala Solar sobre manchas e outras estruturas solares, além da projeção e discussão do espectro solar (Figura 18).

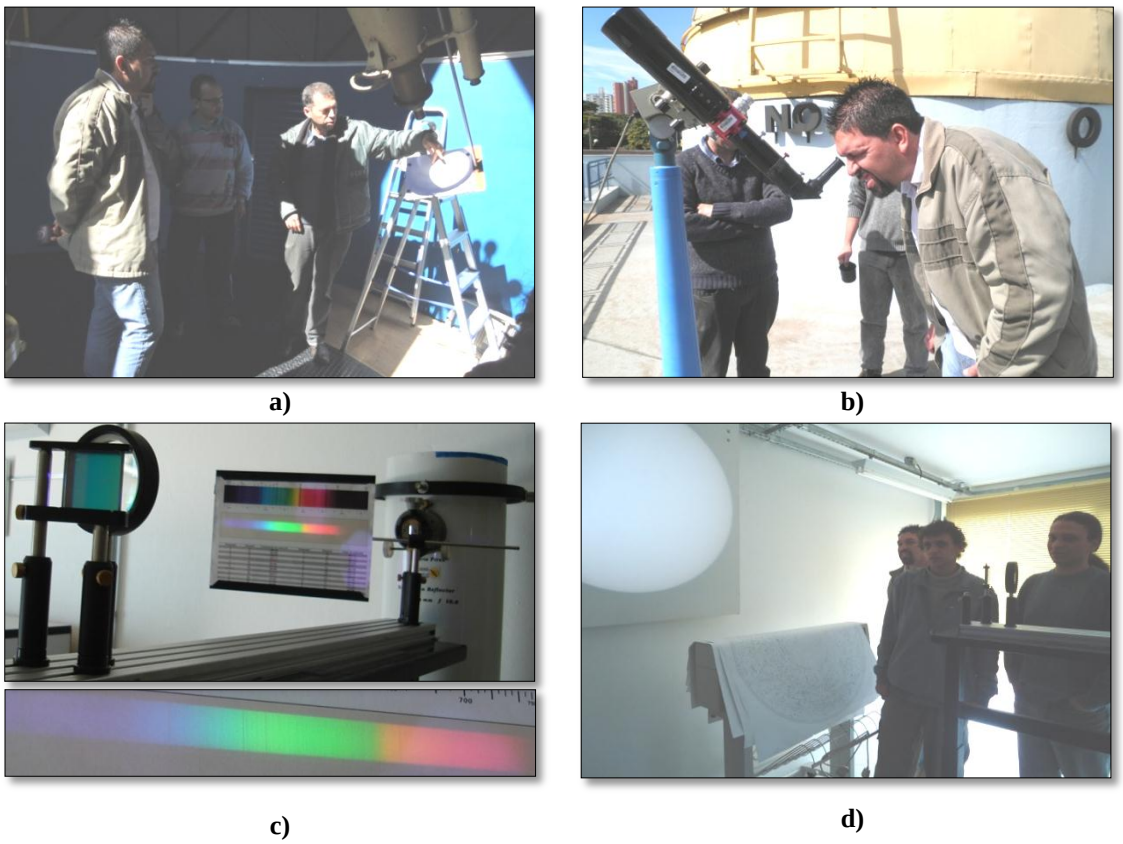


Figura 18: a) Projeção do Sol na Grubb utilizando filtro solar. b) Projeção do Sol utilizando telescópio com filtro Hα. c) Espectro solar formado por projeção na Sala Solar. d) Projeção do Sol na Sala Solar.

Ao longo dos encontros os professores relataram já terem iniciado com seus alunos uma discussão sobre física solar, fato que evidenciou o entusiasmo e motivação dos professores em trabalhar este tema com seus alunos, visto que o preparo docente estava em curso. Demonstra ainda o engajamento e comprometimento dos professores com a pesquisa. As ações realizadas em sala de aula aparentemente tinham um viés mais motivacional do que instrucional, uma vez que as atividades que pretendiamos realizar com os alunos encontravam-se em fase de planejamento. O relato a seguir diz respeito ao diálogo de um professor com seus alunos sobre a física solar, e a contribuição do palestrante para com o professor, no sentido de formador.

(Prof. R) [referindo-se a uma discussão que iniciou em sala de aula] *você fala éé..., você pergunta para o aluno do que você acha que o Sol é formado, eles falam* [...] *entre as várias respostas né, queima* [...] *aparece muito. Mas uma das* [respostas] *mais frequênte é o Sol* [...] *formado por lava, que lá* [no Sol] *tem lava.*

(Pesquisador) *Sabe que é uma ideia interessante, por que assim* [...] *a lava é um exemplo que a gente tem de alguma coisa incandescente, então isto está mais próximo da realidade do que falar que o Sol está pegando fogo*

[...] *para o Sol pegar fogo ele teria que ter muito oxigênio* [...] *realmente deveria ser uma queima. Teria que ter uma quantidade enorme de lenha no Sistema Solar* [...] *queimando, e ai dava a luminosidade do Sol. E tinha que ter oxigênio para queimar: haja oxigênio né!* [...] *Não é fogo que tem lá, é um material incandescente, mais parecido com a lava, mais parecido com o filamento de lâmpada, quer dizer alguma coisa que brilha não porque está queimando, e sim porque está em alta temperatura*.

Diversas abordagens sobre a física solar foram realizadas durantes os encontros, dentre elas destaca-se: o espectro solar e a identificação de elementos químicos nas estrelas. Os professores apresentaram dificuldades para relacionar as Leis de Kirchhoff com a formação dos espectros de absorção e emissão do Sol.

(Pesquisador) *A fotosfera é responsável pelo contínuo* [...], *só o contínuo, a parte colorida do espectro. E a própria fotosfera, os 400 km de gás que estão acima dela própria né* [faixa superior], *que está um pouquinho mais fria, é responsável pelas linhas de absorção.*
(Prof. M) *E ai, agora surgiu uma outra dúvida. A gente observou o espectro do Sol e as linhas de absorção [...] e você falou: é a nuven de gás que está acima da fotosfera, mas que ainda é a fotosfera né? [...]A cromosfera está a uma temperatuda acima da fotosfera. Então quando a gente observa o espectro do Sol, naturalmente teria que aparecer linhas de emissão [...] porque ela está acima da fotosfera [...] e como... a gente não observa*.
(Pesquisador) *Na verdade a gente não observa porque o espectro contínuo ofusca. Por que que a gente não observa a coroa... olhando para o Sol? Ofusca.*
(Prof. M) *Então nós estamos vendo, só que esta dentro do contínou.*
(Pesquisador) *Tá ofuscada pelo contínuo [...] Se você observar só a cromosfera ou a coroa [...] ai você vê as linhas de emissão.*
(Prof. M) *Mas isso é possível fazer, aqui?*
(Pesquisador) *Sim, é só usar o coronógrafo* [aparelho simulador de eclipse solar].

É importante perceber nesta discussão que o professor não aceita de imediato as colocações do pesquisador e as discute. Isso foi facilitado pelo ambiente interacionista criado, na qual as discussões levam ao amadurecimento das ideias, atualização de conteúdos e, como consequência ao desenvolvimento profissional do professor. Os professores se sentiram a vontade para levar as discussões para direções não pensadas inicialmente, trazendo ganhos para ambas as partes da parceria. Ao ponderarmos que discussões semelhantes podem

aparecer na sala de aula e que o professor precisa estar aberto ao diálogo epistemológico com os alunos concluimos que estas são essenciais para o pleno desenvolvimento das atividade com os alunos durante a etapa C do ciclos de reflexão.

Olhando para estes cinco encontros preparatórios torna-se evidente a importância do preparo docente e da ideia de ciclos de reflexão para o trabalho de parceria entre a educação formal e não formal. Na base dos ciclos de reflexões (Etapa A), a constituição e trabalho em equipe, bem como a identificação de problemas, ideias prévias e o repensar as práticas docentes foram pontos que guiaram nossas ações subsequentes. Assim, entendemos que a metodologia de desenvolvimento usada representou um ganho significativo, tanto para os professores quanto para os pesquisadores no pensar a parceria escola-centro de ciências.

Ainda sobre o preparo docente, a partir de nossas análises torna-se possível alguns mais alguns apontamentos. No decorrer dos encontros, a atmosfera interacionista criada entre professores e pesquisadores expôs o contexto sociocultural da construção do conhecimento nos ambientes de educação não formal, refletindo a observância do aprendizado de novos conteúdos. A maneira como o curso de preparação docente foi conduzido propiciou aos professores repensar sua prática docente, tanto no que se refere à aprendizagem de conteúdos científicos, quanto na perspectiva da parceria educação formal e não formal:

(Pesquisador)[...] *Após concluir todas as etapas de preparação docente você se sente preparado para abordá-la em sala de aula? (Pesq. P).*
(Prof. J) [...] *Agora sim eu me sinto preparado. Tanto de conteúdo como o pedagogicamente. Essa fase de preparação ampliou minhas possibilidades na medida em que eu revi conceitos, eu vi coisas que eu não tinha visto antes e enfim, eu acabei aprendendo mais durante a preparação* [...] *eu aprendi física* [...] *eu preso muito por essa questão dos alunos me verem como uma pessoa que sabe física e que quer ensinar física*.
(Prof. M) *Aqui eu vi coisas que* [...] *na escola é impossível. Acho que a parceria tem tudo pra dar certo, inclusive falando da física solar* [...] *é algo novo e instigante né.*

Após concluir o preparo docente, realizamos entrevistas semiestruturadas individuais com os professores (Apêndice III) no intuito de checar suas opiniões em relação aos cursos

realizados. As entrevista seguiram a seguinte dinâmica: inicialmente relembramos todo o processo vivenciado pelos docentes durante os encontros e enfatizamos alguns comentários que surgiram no decorrer dos trabalhos. Buscamos por meio da questões semiestruturadas dialogar com os docentes sobre a leitura que faziam da preparação realizada, incluindo a importância do curso para os trabalhos com os alunos, o ambiente não formal, a parceria com a escola e as expectativas para a aplicação das SEA com os alunos. De modo a maximizar a credibilidade das análises realizadas, as gravações em vídeo realizadas foram discutidas em nosso grupo de pesquisa e as entrevistas foram inicialmente transcritas e analisadas por pesquisadores de modo individual.

Os professores foram unânimes em relatar a surpresa com as dinâmicas e tópicos trabalhados, enfatizando que os minicursos foram extremamente úteis para relembrar e aprender sobre temas estudados superficialmente em suas formações iniciais e, aprenderem conceitos novos em especial sobre física solar, evidenciando a importância da etapa B do ciclo de reflexão. Um professor comentou que para ele os melhores cursos foram os relacionados à física solar, pois o levaram a refletir sobre o assunto:

(Prof. J) [...] *nunca olhei pro Sol assim com esse olhar* [éééé] *cheio de física* [...] *ele acaba ampliando a minha perspectiva e me ajuda a entender melhor, por exemplo, algum assunto da física que eu sei* [...] *e que eu venha ter que explicar para o meu aluno.*

Ficou evidente que os professores estavam muito entusiasmados com os encontros e demonstravam grande interesse em aprender assuntos novos e iniciar os trabalhos com os alunos.

(Pesquisador) *O que te motivou a levantar no 'sabadão', pegar o ônibus, a estrada e vir para São Carlos participar desse curso de capacitação?*
(Prof. R) *Acho que é principalmente a* [éééé] *foi tentar mudar um pouco o ensino de física né, que é muito concentrado na sala de aula, nas fórmulas, né e na lousa e giz, aquela coisa tradicional.* [...] *hoje em dia pra motivar os alunos* [tem que] *ter outra vivência* [não ficar preso às salas de aula].

(Prof. J) *Eu gosto de física, eu gosto muito de física, e eu gosto de ensinar física e o que eu puder fazer para assim, para eu ensinar melhor física eu faço, mesmo que seja vir aqui de sábado bem de manhã*.
(Prof. M) [...] *eu sou formado já há algum tempo e tem essa parte de física moderna a gente não trabalha com os alunos, então o que eu vi foi só lá da graduação, fiquei muito tempo longe disso.* [...] *Eu me formei em 92* [1992] [...] *Então faz tempo* [que estudei física moderna] [...] *é um conteúdo que, depois disso, eu praticamente não vi e agora como ele ta sendo introduzido no ensino médio, tem essa necessidade de me aprimorar, então é isso.*

Os professores foram enfáticos ao afirmarem que não ensinavam os tópicos de física moderna, presentes nos materiais didáticos dos alunos, porque não os dominavam. Outra dificuldade estava atrelada ao "como ensinar?", e "como ter tempo disponível?" dentro do atual currículo de física, extremamente apertado. No que refere a primeira indagação: "como ensinar?" entendemos que o preparo docente, a partir das atividades trabalhadas, estratégias didáticas discutidas e SEA elaboradas, forneceu "bons ingredientes" para o professor refletir sua prática docente e o enfrentamento desta dificuldade, apesar de não ser uma "receita" infalível a ser seguida. Sobre o "tempo", esta é uma preocupação rotineira no contexto escolar. O fato das SEA se situarem dentro da proposta curricular vigente para o 3º ano do ensino médio minimizou estas preocupação dos professores.

Segundo Buty, et al. (2004) uma sequência de ensino deve considerar, entre outras coisas, o currículo atual, o conhecimento cotidiano e o que se pretende alcançar. Como veremos, na elaboração das SEA, respeitamos o cronograma escolar e a proposta curricular vigente. No entanto, buscamos fomentar a prática docente com novas formas de abordar os conteúdos de física moderna, por meio da parceria com a educação não formal e, com a inserção de tópicos de física solar, como fomento para o trabalho com tópicos de física modena com os alunos no 3º bimestre letivo.

Entendemos que a consciência da importância do preparo docente para visitas a centros de ciências deve ser trabalhada desde a formação inicial, de modo que experiências de estágios supervisionados e passeios didáticos façam parte, e dialoguem, com os espaços de

educação não formal. Os argumentos que fundamentam tal prática apoiam-se na ideia de que as exigências educacionais da atualidade requerem o fortalecimento de instâncias não formais de educação (FENSHAM 1999; JENKINS 1999) e também da articulação entre educação formal e não formal (CAZELLI et al. 1998; VAN-PRÄET e POUCET 1992). Estes entendimentos vêm ganhando cada vez mais força, sendo percebidos não apenas por professores (Prof R), mas por toda a sociedade, inclusive pelos alunos ($A_1E_2S_1E$)[11]:

(Prof. R) [falando sobre a parceria] *isso é algo inédito* [a forma com que o trabalho foi realizado em parceria com o centro de ciências], *é a primeira vez que eu vejo um aluno de pós* [graduação] *fazer um trabalho assim* [...] *acho que o grande desafio é a Universidade pública, de qualidade, se integrar mais* [...] *nas escolas. Acho que esse é o grande desafio, e ainda ensinar física moderna.*
($A_1E_2S_1E$) [...] *eu acho que se todas as Universidades, ou pelo menos a USP, tivesse mais parceria com mais escolas, ia ajudar muito mais os alunos, e eu acho que ia estimular os alunos, por que tem aquele estigma de que a escola pública não aprende nada* [...] *o professor de escola pública é ruim*. [...] *vocês* [referindo-se aos pesquisadores e professores] *trazem esse projeto e a gente vê que não é bem assim, e até* [...] *até nos olhos dos pais dos alunos soa legal, por que a escola do meu filho está com tal projeto, isso também atrai outras pessoas, e outros investimentos a escola e muda um pouco desse conceito de que na escola pública não acontece nada* [...] *é um projeto que tem que continuar. Eu ficaria muito feliz se as outras pessoas tivessem a oportunidade que eu tive, por que ajuda bastante e incentiva bastante.* [...] *é uma oportunidade a mais, ainda mais para os alunos de escola pública* [...] *deveria ter desde o primeiro ano* [do ensino médio].

Entendemos o preparo docente como quesito fundamental desta parceria entre a educação formal e não formal, porém mais importante do que o preparo docente e a participação ativa do professor nesta fase da pesquisa. Quanto a este fato, é importante registrar que a satisfação dos professores e seus sentimentos de agentes ativos dentro da presente pesquisa foram evidenciados por eles em diversos momentos, por exemplo, ao final das aplicações das SEA:

(Prof. J) [...] *a gente construiu o aspecto metodológico junto, então assim* [...] *um aspecto importante é que aquele conteúdo que nos foi reapresentado, em alguns casos e apresentados mesmo* [...] *logo depois a gente começava a pensar como trabalhar ele em sala de aula* [...] *este é um aspecto que* [...] *este projeto vai estar em*

[11] $A_1E_2S_1E$ significa: Aluno 1, Escola 2, Sala 1, respondendo a entrevista semiestruturada (E).

mim por muito [...] *pra sempre, acredito éé é que permeou este profissional de maneira cabal* [...] *o grande diferencial é que a gente* [...] *esta associação com o aspecto tanto conteúdo, procedimento e metodologia deu uma completude a este projeto que* [...] *ajudou muito a eu ter adotado ele* [na minha prática].

(Pesquisador) *Então é você acha que você teve autonomia no projeto. Você se sentiu a vontade* [...] *são duas coisas: você teve autonomia e você acha que suas ideias foram ouvidas?*

(Prof. J) *Sim... aqui no projeto. Autonomia seria na escola?*

(Pesquisador) *Não, no projeto como um todo, desde o curso de formação. No projeto.*

(Prof. J) *Ah, eu creio que tive sim. Eu tive. Até por que eu me lembro muito bem que erámos três professores* [...] *a gente escolheu a sequência, eu por exemplo coloquei o corpo negro, o Prof. R colocou a radiação alfa, beta e gama* [...] *o Prof. M só quis fazer com a espectroscopia, então [...] é isso que vi como autonomia, eu pude montar minha sequência, aplicar lá* [com os alunos] [...] *talvez isso seja um ponto para justificar o sucesso deste projeto. Pra mim é um sucesso.*

(Pesquisador) *E a questão das suas ideias, as ideias que você tinha, elas foram englobadas* [interrompido].

(Prof. J) *Foram éé...*

(Pesquisador) [...] *ou elas foram ignoradas?*

(Prof. J) *Foram englobadas porque quando nos fomos montar as sequências* [...] *naquela própria distribuição do tempo tinha lá* [...] *tem coisas que demora duas horas... não mas eu vou demorar tanto tempo, então nesta de tempo* [...] *ali tem uma certa autonomia também por que eu que sei quanto tempo eu vou demorar para ensinar espectro eletromagnético pro meu aluno. Eu sei se elas já viram alguma coisa no segundo ano* [...] *então este tipo de coisa eu me senti muito autônomo para fazer a aplicação.*

(Pesquisador) *Então suas ideias foram ouvidas então?*

(Prof. J) *Pelo menos nas atividades que apliquei na minha escola, eu achei. Assim, me senti ali naquele material e nas atividades com os alunos.*

(Pesquisador) *Você viu as suas ideias colocadas...* [interrompido pelo professor].

(Prof. J) *Vi sim, totalmente.* [...] *existe uma diferença muito grande quando* [...] *éé eu fiz parte do projeto e eu ajudei a escolher os textos que ia trabalhar ali* [com os alunos], *eu montei a sequência, então isso dá claro uma satisfação pessoal e além de tudo isso está de acordo com uma coisa maior que tá na minha essência assim, que eu vejo como um bom professor deve ser, um bom professor ele deve ser capaz de produzir um material didático para usar com os alunos.*

Enfim, em um mundo onde as transformações e desenvolvimentos científicos são cada vez mais frequentes, os centros de ciências devem apresentar-se não apenas como um espaço de informação e divulgação sobre ciências e tecnologia, mas como agentes formadores de recursos humanos, em especial professores e parceiros da educação formal, visto que são locais que propiciam o uso de estratégias didáticas não tradicionais como elementos motivadores e facilitadores para o ensino. A Universidade (com cursos de formação inicial), a

escola (com as visitas guiadas), e os centros de ciências (com exposições, atividades e cursos para professores) constituem hoje importantes parceiros na educação científica da sociedade.

Capítulo 5 - A construção e validação das Sequências de Ensino e Aprendizagem

5.1 Construção das SEA e a inovação curricular

Sobre a elaboração das SEA, esta extrapolou a mera sistematização de temas, conteúdos e datas. Pelo contrário, considerou a experiência docente, o contexto escolar (estrutural e pedagógico), a proposta curricular vigente, os conteúdos já trabalhados pelo professor e os pressupostos do ciclos de reflexão em sua construção. Nos encontros VI, VII e VIII (Tabela 9), foram elaboradas duas SEA diferindo-se em estrutura, temas e abordagens e, considerando o contexto sociocultural em que cada escola estava inserida, além de roteiros de atividades e textos elaborados para os alunos acompanharem as SEA em sala de aula e no Observatório (Apêndice I). Respeitando a proposta curricular vigente no Estado de São Paulo (SEE/SP 2009), as SEA foram pensadas a partir de "Momentos" e "Situações de Aprendizagem". Buscamos sempre que possível criar ambientes interacionistas na sala de aula e durante as visitas ao Observatório.

Interpretamos a parceria escola-centro de ciências como uma inovação curricular, uma vez que permitiu ao professor e aos alunos interagirem com aparatos didático-científicos impensáveis no domínio escolar, por exemplo: com a Sala Solar e seus equipamentos didáticos. Esta inovação não se restringe apenas ao contexto físico, mas a toda as atividade e interações possíveis de ocorrer durante a visita. A inovação também se faz presente no passear pelas exposições, na interação dos alunos com as atividades.

Tabela 9: Encontros VI, VII e VIII "Elaboração das SEA e atividades para os alunos"

Datas: (Recesso Escolar)	19 e 20 de Julho de 2012 04 de Agosto de 2012	**Duração:**	~ 13 horas e 30 minutos
Temas	**Objetivos**	**Objetivos específicos**	
Elaboração das SEA **Elaboração de textos e roteiros para os alunos** **Definição do cronograma de aplicação das SEA**	Construir, juntamente com os professores, SEA que contemplem o trabalho em sala de aula e no Observatório Elaborar atividades para os alunos que fundamentem a aplicação da SEA Definir o cronograma de aplicação das SEA	Retomar os tópicos abordados durante os minicursos; Discutir e pesquisar tópicos presente nos livros didáticos utilizados pelos professores em sala de aula; Selecionar exercícios e demonstrações que possam fazer parte da Sequência de Ensino e Aprendizagem; Escolher e/ou elaborar atividades para os alunos e que se adéquem ao contexto local do aluno; Atentar para o cronograma escolar e adequar à aplicação das SEA no calendário escolar vigente para 2012; Pré-definir datas para as visitas ao Observatório Dietrich Schiel da USP.	
Local	Observatório Dietrich Schiel – Universidade de São Paulo		
Equipe	Doutorando Pedro Donizete Colombo Junior (Interunidades em Ensino de Ciências). Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva (Instituto de Física de São Carlos - USP). Angélica Cristina Porra (Iniciação Científica, Instituto de Física de São Carlos USP). Professores do ensino médio participantes da pesquisa.		

A elaboração das SEA e de materiais didáticos (atividades) para os alunos ocorreram a partir da negociação entre professores e pesquisadores, sendo sintetizada da seguinte forma:

(1) Inicialmente os pesquisadores, em uma breve apresentação, realizaram um resumo dos tópicos abordados durante os minicursos de preparo docente. O intuito foi relembrar o que havia sido trabalhado durante os meses de preparo docente (cinco primeiros encontros). Este momento reflete também os passos iniciais dos ciclos de reflexão, no qual a equipe de trabalho constituída compartilhou problemas, soluções e expectativas para a elaboração e aplicação das SEA. Questões como: tempo didático, possibilidades de desenvolvimentos de atividades nas escolas e perfil dos alunos foram colocadas em discusssão pela equipe.

(2) A seguir os professores passaram a apresentar os livros didáticos adotados pela suas escolas enfocando os tópicos de física moderna trazidos nestes livros. Ao apresentar tais

materiais os professores tiveram autonomia para ajustar as SEA frente aos livros textos que estavam acostumados a trabalhar, porém oferecendo uma nova abordagem para os assuntos a serem trabalhados. Na continuidade, foi aberta uma discussão sobre como trabalhar os tópicos escolhidos pelos professores (e outros não contemplados nos livros) de modo a possibilitar o trabalho da física solar como meio para abordar tópicos de física moderna. Desta forma foi respeitada a autonomia do professor e a proposta curricular vigente, além de valorizar a parceria.

(3) Após a escolha dos tópicos para as SEA, foram selecionados exercícios, demonstrações e experimentos que pudessem subsidiar os temas a serem trabalhados com os alunos. Da mesma forma que na etapa anterior, também foram considerados os textos de apoio entregue aos professores durante os cinco encontros de preparo docente. Neste sentido, não apenas exercícios forma selecionados para compor as SEA, mas também construções textuais diversificadas, roteiros de experimentos e *Applets* (Apêndice I).

(4) A partir da estruturação das SEA procuramos adequar a proposta de trabalho ao cronograma escolar. Neste momento buscamos adequar a aplicação das SEA ao calendário escolar vigente (3º bimestre do 3º ano do ensino médio). Este cuidado foi importante para viabilizar a aplicação das SEA e permitir futuras reaplicações em anos seguintes. Também foram pré-definidas e agendadas as datas para as visitas ao Observatório Dietrich Schiel.

As SEA foram concebidas de forma que cada professor iniciasse a aplicação em suas salas de aula (duas salas de 3º ano do ensino médio) em momentos distintos. Neste sentido, propositalmente o início da aplicação das SEA ocorreu com um atraso de duas semanas entre as escolas participantes e também entre as salas de aula de uma mesma escola (Figura 19). Essa medida possibilitou que as sequências fossem sendo discutidas e moldadas (reorganizadas) no momento de sua aplicação, além de serem constantemente alimentadas por dados de pesquisa. Uma postura que assegurou a observância de diversos momentos dos

ciclos de reflexão, como identificação e discussão de problemas, compartilhamento de ideias, avaliação contínua, e reelaboração das SEA.

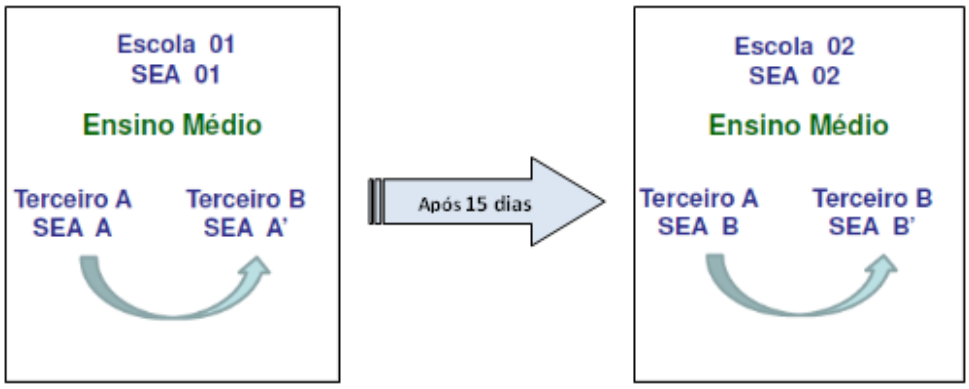


Figura 19: Esquema representativo da sistemática de aplicação das SEA

As duas SEA apresentadas abaixo são o produto de diversas versões discutidas pela equipe durante os trabalhos.

Escola Estadual Prof. Joaquim de Toledo Camargo (Itirapina/SP) - SEA 01.

<table>
<tr><td rowspan="8">MOMENTO I – O Sol</td><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 01</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>O Sol e atividade solar</td><td>• Apresentação em PowerPoint (Palestra)
• Vídeos sobre o Sol (YouTube)
• Textos didáticos sobre a física solar
• Atividade experimental / Exercícios</td><td rowspan="2">03</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Apresentar o Sol e suas estruturas
• Entender a fusão nuclear e o Sol como fonte de energia
• Calcular o diâmetro solar</td></tr>
<tr><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 02</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>O Sol como corpo negro</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Textos didáticos sobre a radiação de corpo negro
• Atividade experimental: “Estimando a luminosidade e a temperatura da fotosfera solar” (Apêndice I).</td><td rowspan="2">04</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Discutir sobre o surgimento da mecânica quântica e a ideia de quantização da energia
• Buscar entender o conceito de radiação de corpo negro
• Calcular a Potência irradiada pelo Sol e Temperatura da fotosfera solar</td></tr>
<tr><td colspan="3">Total: 07</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="8">MOMENTO II – Espectroscopia</td><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 03</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Espectro eletromagnético</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Textos didáticos sobre Espectro eletromagnético e o átomo de Bohr
• Exercícios de fixação.</td><td rowspan="2">02</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Discutir as diferentes faixas do espectro eletromagnético
• Trabalhar o átomo de Bohr e as transições eletrônicas
• Entender as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia</td></tr>
<tr><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 04</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aplicações da espectroscopia</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Encenação de teatro “Como as lâmpadas funcionam?” (Apêndice I).
• Atividade experimental “Construção de um espectroscópio amador” (Apêndice I).</td><td rowspan="2">03</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Construir e discutir um espectroscópio amador
• Discutir os espectros de diferentes lâmpadas do cotidiano
• Preparar os alunos para a visita ao Observatório Dietrich Schiel da USP</td></tr>
<tr><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 05</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">A espectroscopia em um ambiente não formal de educação</td><td>• Texto do aluno “Visita guiada ao Observatório Dietrich Schiel da USP” (Apêndice I).
• Visita ao Observatório
• Atividade experimental: “A Sala Solar e o espectro solar” (Apêndice I) / Exercícios</td><td rowspan="2">Visita didática (> 02)</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Visitar o Observatório Dietrich Schiel da USP
• Trabalhar os diferentes tipos de espectros de lâmpadas e espectro Solar
• Abordar a espectroscopia em um ambiente não formal de educação</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Total: > 7</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">MOMENTO III – Sistematização</td><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Feedback dos tópicos estudados</td><td>• Uso de Applets – sala de informática (Apêndice I).
• Atividade de avaliação final</td><td rowspan="2">04</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Usar recurso de múltiplas mídias como forma de sistematizar o que foi trabalhado durante as aulas.
• Propor uma avaliação final, como uma das etapas avaliativas do curso.</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Total: 04</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="9">MOMENTO I – Radiações</td><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 01</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Radiação α, β, γ e neutrinos.</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Textos didáticos sobre radiações α, β e γ.
• Recurso áudio visual - Trecho do filme
• Exercícios</td><td rowspan="2">02</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Discutir aspectos científicos relacionados às radiações a partir do filme “2012” (Columbia Pictures, 2009, EUA)
• Entender o conceito de radiações nucleares, seus benefícios e malefícios à saúde humana.</td></tr>
<tr><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 02</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">O Sol</td><td>• Apresentação em PowerPoint (Palestra)
• Textos didáticos sobre a radiação de corpo negro
• Vídeos (YouTube) sobre o Sol e textos didáticos sobre a física solar
• Atividade experimental: “Estimando a luminosidade e a temperatura da fotosfera solar” (Apêndice I).</td><td rowspan="5">05</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Apresentar o Sol e suas estruturas
• Calcular a Potência irradiada pelo Sol e Temperatura da fotosfera solar</td></tr>
<tr><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 03</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td></tr>
<tr><td colspan="2">Atividade solar</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Vídeos sobre atividades solares (YouTube)
• Reportagens sobre atividades solares extraídas de jornais e revistas</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Entender a fusão nuclear e o Sol como fonte de energia
• Discutir e entender como, e porque, ocorrem as auroras, as tempestades geomagnéticas e o vento solar.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Total: 07</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="9">MOMENTO II – Espectroscopia</td><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 04</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Espectro eletromagnético</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Textos didáticos sobre Espectro eletromagnético e o átomo de Bohr
• Exercícios de fixação</td><td rowspan="2">02</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Discutir as diferentes faixas do espectro eletromagnético
• Trabalhar o átomo de Bohr e as transições eletrônicas
• Entender as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia</td></tr>
<tr><td colspan="4">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 05</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aplicações da espectroscopia</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Encenação de teatro “Como as lâmpadas funcionam?”.
• Atividade experimental “Construção de um espectroscópio amador” (Apêndice I) / Exercícios.</td><td rowspan="2">03</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Construir e discutir um espectroscópio amador
• Discutir os espectros de diferentes lâmpadas do cotidiano
• Preparar os alunos para a visita ao Observatório Dietrich Schiel da USP</td></tr>
</table>

	SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 06			
	Tema		**Recursos didáticos e Leituras**	**Aulas**
	A espectroscopia em um ambiente não formal de educação		• Texto do aluno "Visita guiada ao Observatório Dietrich Schiel da USP" (Apêndice I). • Visita ao Observatório • Atividade experimental: "A Sala Solar e o espectro solar" (Apêndice I) / Exercícios	Visita didática (>2)
	Objetivos gerais		• Visitar o Observatório Dietrich Schiel da USP • Trabalhar os diferentes tipos de espectros de lâmpadas e espectro Solar • Abordar a espectroscopia em um ambiente não formal de educação	
				Total: > 7

MOMENTO III – Sistematização	SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 07			
	Tema		**Recursos didáticos e Leituras**	**Aulas**
	Feedback dos tópicos estudados		• Uso de *Applets* – sala de informática (Apêndice I). • Atividade de avaliação final	04
	Objetivos gerais		• Usar recurso de múltiplas mídias como forma de sistematizar o que foi trabalhado durante as aulas. • Propor uma avaliação final, como uma das etapas avaliativas do curso.	
				Total: 04

5.2 Validação das SEA a partir da ideia de transposição didática

Embora vários trabalhos adotem a transposição didática como referencial de análise (PINHO-ALVES 2000, BROCKINGTON e PIETROCOLA 2005, BROCKINGTON 2005, SIQUEIRA 2006, SOUZA 2009, OLIVEIRA 2010) não encontramos na literatura da área de ensino de ciências pesquisas sobre SEA que utilizam a transposição didática como elemento de validação.

A transposição didática como instrumento de validação é uma inovação que propomos em nossa pesquisa e, uma contribuição para a área. Entendemos que a observância às regras da transposição didática nos fornece fortes indícios da sobrevivência dos saberes das SEA no domínio escolar, visto que tais regras, pensadas para o processo transpositivo, estão alicerçadas em pesquisas em ensino de ciências, em especial no âmbito da didática francesa.

As aplicações das SEA ocorreram em duas escolas de cidades distintas e os dados coletados entre os meses de Agosto e Outubro de 2012 compreendem cerca de 30 horas de gravações em áudio e vídeo, 10 entrevistas semiestruturadas com professores e alunos, registros escritos e observação das aulas. A SEA 2 difere da SEA 1 pela substituição do tema "Radiação de corpo negro" por "Radiação α, β, γ e neutrinos" (Situação de Aprendizagem 01). Esta alteração partiu do desejo do Prof. R em trabalhar com os alunos o conceito de radiações nucleares e seus benefícios e malefícios à saúde humana, além de aspectos científicos relacionados ao filme "2012"[12].

Apesar de não ser objetivo desta pesquisa investigar o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos, inevitavelmente este aspecto apareceu durante a pesquisa, seja nas discussões realizadas pelos professores nas slas de aula e no Observatório, ou na verificação das atividades realizadas pelos alunos e entrevistas realizadas.

(Pesq. P) *Então Prof. R você disse no início da SEA você mencionou dentre outras coisas que tinha expectativa de que os alunos aprendessem física moderna, você acredita que as suas expectativas se concretizou e o que te leva a essa conclusão?*
(Prof. R) [...] *no geral assim né, no nosso objetivo que é principalmente a parte de espectroscopia éé eu acho que eles conseguiram ter uma boa noção tá, o problema éé, eu não esperava* [...] *Eu esperava que fosse menos, éé algumas respostas das atividades dos alunos (eu ainda não consegui ler todas)* [...] *mas algumas respostas estão boas, estão corretas* [...].
(Pesq. P) *Mas durante as aulas você percebeu esse aprendizado?*
(Prof. R) *Eu percebi né, a gente perguntando e eles respondiam, mesmo alunos né, como eu falei do Anderson e da Letícia* [nomes fictícios] *responderam coisas corretas e mesmo na visita a gente via que eles conseguiam perceber logo o que era, se expressar, é acho que é isso.*

Esta constatação confere fortes evidências da eficácia das SEA, visto que a sobrevivência dos saberes pressupõe saberes passíveis de serem aceitos e aprendidos pelos

[12] "2012", *Columbia Pictures*, 2009, EUA. Segundo o filme o alinhamento entre o Sol e o centro da galáxia, no final de 2012, faz com que o Sol fique ensandecido e lance sobre a Terra inúmeras partículas subatômicas conhecidas como neutrinos e tempestades geomagnéticas, que de alguma forma aquecem o centro da Terra, causando grandes catástrofes. É evidente que neutrinos existem, no entanto detectá-los não é algo trivial, exigindo grandes esforços e aparato experimental. O filme, uma ficção, não traz contribuições aceitas pela comunidade científica.

alunos. Adotamos as seguintes chaves de classificação para organizar a análise dos dados (Tabela 10):

Tabela 10: Chaves de classificação elaborada para análise dos dados

Participantes da Pesquisa		**Ações de coleta de dados**
Prof. N	Professor participante N	**E** = entrevista semiestruturada
Pal_n	Palestrante, 'n' refere-se ao palestrante do minicurso.	**G** = gravação em áudio e vídeo
Pesq. P	Pesquisador participante P (Doutorando / Orientador).	**Q** = questionário aplicado
S_n	Sala de aula; onde 'n' representa a sala do aluno.	
E_n	Escola; onde 'n' significa escola **1** ou **2**.	**Observações:** Escola **1**: Prof. Joaquim Toledo Camargo. Escola **2**: João Pires de Camargo Dr.
A_n	Aluno; onde 'n' significa um aluno específico.	
V_n	Visita; onde 'n' significa uma visita específica.	
Exemplos:		
$A_1E_2S_1G$	Aluno 1 (A_1), Escola 2 (E_2), Sala 1 (S_1), respondendo na gravação de áudio e vídeo (G).	
$A_2E_1S_2E$	Aluno 2 (A_2), Escola 1 (E_1), Sala 2 (S_2), respondendo a entrevista semiestruturada (E).	

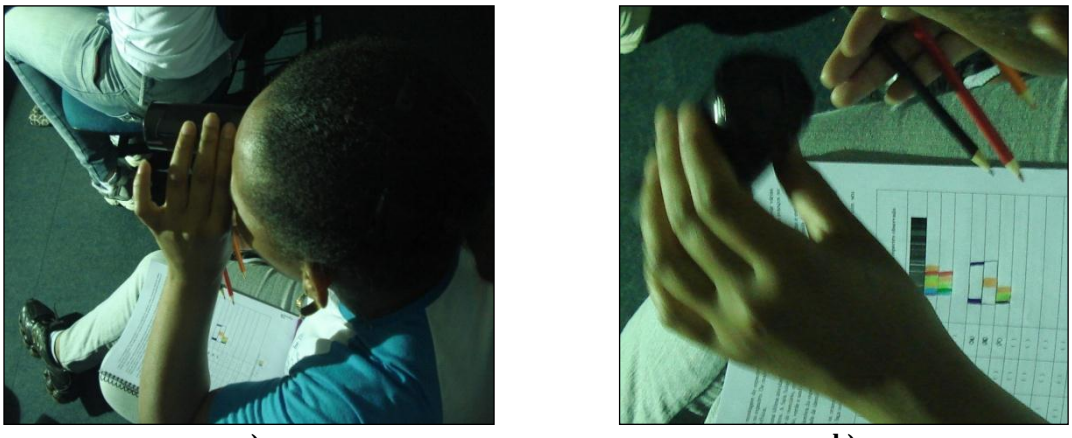
5.2.1 Regra I – Modernizar o saber escolar e sobrevivência dos saberes

Trabalhar a física solar em sala de aula permitiu **a modernização do saber escolar** e contribuiu para a **atualização** dos conteúdos de física, possibilitando aos alunos entenderem conceitos da física moderna, como espectroscopia, transições eletrônicas no átomo de Bohr e radiação de corpo negro. O Sol como tema gerador de conhecimento foi chamariz motivacional para os alunos vislumbrarem um ensino de física atrelado ao seu cotidiano. Por outro lado também se traduziu em uma **atualização moral** dos saberes, visto que é o "Astro" que possibilita a vida na Terra, sendo fundamental entender sua dinâmica. Sobre este aspecto, ficou evidente a satisfação dos alunos em entender um pouco mais sobre esta estrela.

($A_2E_2S_2E$) [...] *o Sol é uma coisa que a gente vê todo dia né, às vezes eu até me perguntava: nossa será que ninguém quis saber sobre o Sol? Por que o Sol chega até nós? Por que ele esquenta o nosso planeta? Ai com esse conteúdo* [discutido durante o curso] *deu pra entender quase tudo assim* [...] *da minha parte eu aprendi muito* [...] *eu não tenho do que reclamar aprendi mesmo, tudo certinho.*

(A$_1$E$_2$S$_1$E) [...] *eu achei muito fantástico entender um pouco do Sol* [...] *você poder reproduzir o Sol num painel* [durante a visita à Sala Solar] *poder olhar pra ele assim, fixamente, e ver as manchas assim numa proporção que dê pra enxergar, também você vê o que se passa* [...] *e onde ele está*. [...] *analisar a luz dele né. Éééé... o seu espectro* [...].

Durante a visita ao Observatório, atividades como análise do espectro de diferentes lâmpadas, análise do espectro solar e, projeção do Sol e manchas solares forneceram fortes indícios de **modernização do saber escolar.** No Observatório, os alunos se viram frente a novas situações de aprendizagem, particularmente na Sala Solar, onde os conhecimentos adquiridos em sala de aula foram sendo colocados à prova e testados na resolução de problemas e atividades, em especial sobre a espectroscopia. Por exemplo, o trabalho prático na identificação de espectros e sua associação a uma das três Leis de Kirchhoff representou uma sistematização de conteúdos muito interessante, uma vez que os alunos não ficaram presos apenas à teoria da sala de aula. Neste sentido, a construção do quadro de lâmpadas, idealizada na parceria professor-pesquisador é interpretada como uma ação que possibilitou ampliar os trabalhos iniciados em sala de aula e que permitiu aos alunos aplicarem os saberes previamente estudados (Figura 20).



a) **b)**

Figura 20: a) Aluna observando o espectro de emissão de diferentes lâmpadas e, b) Registrando os espectros observados.

O entusiasmo dos alunos frente à realização das atividades de identificação de espectros certamente maximizou o entendimento dos saberes trabalhado pelo professor no contexto escolar, em especial os referentes às Leis de Kirchhoff.

(Pesq. P) *Com relação à espectroscopia. Você observou as linhas do sódio no espectro de emissão* [lâmpadas] *e no espectro de absorção* [Sala Solar]. *O significa eles estarem na mesma posição do espectro?*
($A_2E_1S_2E$) [...] *eu acho que éééé, como que chama?* [...] *por que ele tem o mesmo comprimento de onda né.*
($A_1E_1S_1E$) *Por que independente se eles estão emitindo ou se elas estão recebendo* [referindo-se a energia], *elas tem o mesmo comprimento de onda, é o que nos vimos né.*

A **modernização do saber escolar** também foi percebida no trabalho com os *Applets* na sala de informática das escolas participantes. O trabalho com os *Applets* possibilitou aos alunos terem contato com as TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) no cenário educacional e correlacioná-las aos tópicos de física trabalhados pelo professor, por exemplo, identificação de estrelas a partir de seu espectro (Figura 21).

Figura 21: Trabalho com os *Applets*. Identificando elementos químicos a partir da análise espectral

Discussões sobre os efeitos produzidos pelas interações Sol-Terra, como aurora, tempestades geomagnéticas e vento solar foram promovidas a partir de recortes de textos científicos e vídeos ilustrativos. Tal abordagem teve grande aceitação dos alunos e direciona para a **terapêutica** destes saberes no contexto educacional, sendo submetido a testes *in loco*.

Evidencia ainda a vertente consensual do saber científico, visto que as atividades basearam-se em textos científicos conclusivos.

Por outro lado, as discussões sobre as interações Sol-Terra e a percepção pelos alunos de nossa dependência desta estrela, conduziu a um novo olhar para nosso astro rei, tanto do ponto de vista epistemológico quanto ontológico. Isto culminou na **atualização moral** de conteúdos, visto que a física solar ao fazer parte do cotidiano tornou-se um tema integrador entre a física escolar e a visão desta mesma física em nosso mundo contemporâneo. Traduziu-se ainda em uma **atualização biológica**, possibilitando aos alunos entenderem o Sol na perspectiva heliocêntrica centrada em conceitos da física e em consonância com a atual ciência praticada.

Em outras atividades, na Sala Solar, os alunos visualizaram o espectro solar de absorção e tiveram a oportunidade de visualizar e discutir sobre manchas solares, fáculas e outras estruturas do Sol, a partir da projeção do Sol com 01 metro de diâmetro em um anteparo (Figura 22). Tais atividades além de complementar o que foi estudado em sala de aula, possibilitou aos alunos vivenciarem aspectos da teoria estudada em sala de aula, o que do ponto de vista pedagógico foi fundamental para contextualizar o e motivar os alunos para a continuidade dos trabalhos desenvolvidos.

a)

b)

Figura 22: a) Alunos na Sala Solar discutindo sobre o espectro solar. b) Alunos observando e discutindo sobre as manchas solares. O circulo em vermelho evidencia a presença de uma mancha solar na fotosfera solar.

5.2.2 Regra II – Atualizar o saber escolar e sobrevivência dos saberes

A **atualização do saber escolar** esteve presente em diversos momentos durante a aplicação das SEA, seja na determinação da temperatura da fotosfera solar, nas abordagens teórica e prática das Leis de Kirchhoff ou nos trabalhos na sala de informática com os *Applets*. Desca-se também a abordagem, e discussão, sobre as transições eletrônicas no átomo de Bohr, a qual permitiu atualizar os saberes escolares, visto que possibilitou aos alunos estudarem aspectos mais atuais da teoria atômica, frente as tradicionais abordagem deste tema em sala de aula do ensino médio.

A atividade "Determinação da temperatura da fotosfera solar" (Figura 23), por exemplo, possibilitou ao professor trabalhar com os alunos o conceito de corpo negro tanto do ponto de vista teórico quanto prático. Explorar esta atividade permitiu ainda levantar uma discussão sobre o conceito de quantização da energia, pacotes de energia e o surgimento da mecânica quântica, evidenciando a **atualização do saber escolar**. Propiciou ainda que os alunos tivessem contato com atividades científica experimental, o que raramente é abordado nas escolas públicas de ensino médio.

Figura 23: Alunos realizando o experimento: "Estimando a temperatura da fotosfera solar" nas dependências da EE Prof. Joaquim de Toledo Camargo, Itirapina/SP.

Tratar o Sol como um corpo negro foi uma forma de contextualizar o ensino e ao mesmo tempo favorecer o entendimento deste conceito pelos alunos. Realizando e discutindo o experimento com seus pares, obtiveram resultados muito satisfatórios, alguns grupos chegando bem perto do valor indicado pela literatura para a temperatura da fotosfera solar, obedecendo assim ao aspecto **consensual** deste saber científico. Interpretamos este experimento como um bom exemplo de **criatividade didática** no ensino de ciências, visto que correlaciona tópicos de física moderna, uma atividade simples e de baixo custo e, algo cotidiano: o Sol.

A **criatividade didática** vinculada a este experimento pode ser interpretada em vários aspectos, dentre eles: (1) o estabelecimento de uma cavidade com uma pequena abertura, uma "latinha" de refrigerante (alumínio) pintada com tinta preta, como uma aproximação para um corpo negro. (2) a inclinação da latinha de modo a receber a radiação solar o mais perpendicular possível, e o homogeneizar da água a cada minuto de exposição. (3) o estabelecimento de que a fração de radiação que atinge a lata possa ser considerada proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol. (4) os cálculos envolvendo conceitos básicos de calorimetria e conceitos de corpo negro, particularmente a lei de Stephan-Boltzmann [$P = \sigma T^4$ onde $\sigma = 5{,}67 x 10^{-8} W/m^2K^4$].

O uso de *Applets* na sala de informática das escolas, além de favorecer a modernização do saber escolar (Regra I), também possibilitou a **atualização do saber** escolar, introduzindo novas metodologias no ensino de física. Em relação ao conceito de corpo negro, o trabalho com os *Applets* possibilitou aos alunos terem contato com diferentes comportamentos da relação "intensidade *versus* comprimento de onda", comparando seus resultados experimentais, sua curva característica e outras possibilidades (Figura 24).

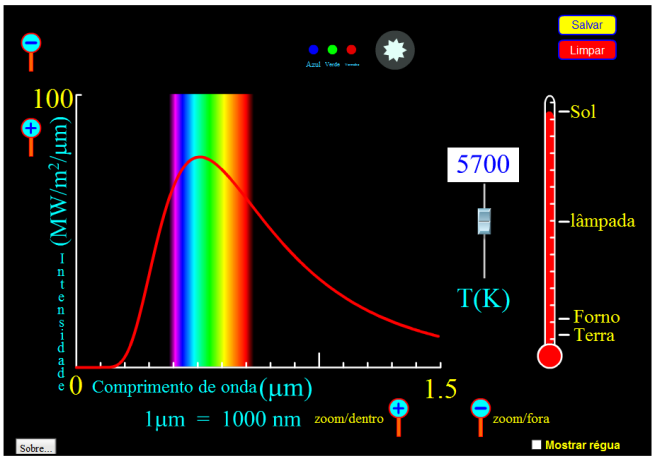


Figura 24: *Applet* para o estudo da radiação de corpo negro. Fonte: http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html

A aceitação dos alunos e a manifestação da pretendida reaplicação das atividades pelos professores em anos seguintes, nos fornecem fortes indícios de **terapêutica** dos conteúdos abordados no domínio escolar. Trabalhar o tema Sol como chamariz para discutir temas de física moderna representou uma **atualização moral** de conteúdos. Fato evidenciado pelo posicionamento do professor (Prof. R) frente aos trabalhos realizados e sua inquietação com os materiais didáticos oficiais utilizados em aula.

(Pesq. P) [...] *você pretende aplicar ela* [a atividade experimental e a SEA] *futuramente, mesmo estando fora do projeto? Fora no sentido de que esse projeto é piloto* [...] *mas você tem todo o material, tem a sequência e a bagagem de preparação.*

(Prof. R) *Pretendo, pretendo, por que é o conteúdo da apostila do Estado de São Paulo,*[referindo-se a física moderna] *um conteúdo que a gente já conversou, tá meio disperso* [na apostila], *jogado, e que faz sentido com esse projeto né* [...] *ainda mais esta ideia nova de trabalhar o Sol.* [...] *uma ideia que deu certo e que os alunos gostaram muito e...* [...] *aprenderam muito também.* [...] *com o corpo negro* [referindo-se ao experimento de determinação da temperatura da fotosfera solar] *deu pra trabalhar muito de física moderna* [...] *de energia quantizada éé*é [...] *surgimento da quântica também né*.

5.2.3 Regra III – Articular o saber novo com o antigo e sobrevivência dos saberes

A **articulação do saber novo com o antigo** serviu de ponte entre o conhecimento historicamente difundido e novas interpretações da ciência, particularmente no que se refere aos diferentes modelos atômicos. Em geral, os alunos, mesmo estando a poucos meses de concluirem o ensino médio, apoiavam-se na ideia do modelo atômico "planetário" proposto

por Ernest Rutherford (1871-1937). Ao trabalhar o espectro eletromagnético e, iniciar a discussão sobre o átomo de Bohr e suas transições eletrônicas (e a teoria dos quanta de Planck), o professor propiciou aos alunos a oportunidade de discutirem e entenderem ideias mais contemporâneas da física, como quantização de energia e emissão de luz pelo átomo. Tal fato ampliou as abordagens curriculares oficiais superando a arraigada física do século XIX, amplamente difundida nos currículos de física vigentes. Assim, além de obedecer a vertente **consensual** do saber científico, o professor propiciou a **atualização** dos saberes (Regra II), recebendo um *feedback* muito positivo dos alunos:

(Pesq. P) *A partir do átomo de Bohr, como você explicaria a emissão de luz?*
($A_2E_1S_1E$). *Ele, o elétron começa a receber enegia numa órbita né* [...] *ele ta numa órbita, daí ele recebe energia,e pula pra outra, ai ele vai pulando... e quando ele volta ele emite a luz.*
($A_2E_2S_2E$) *O salto de um elétron de uma camada pra outra* [da eletrosfera].
(Pesq. P) *Então quando ele* [o elétron] *salta de uma camada pra outra ele emite Luz?*
($A_1E_2S_2E$; $A_2E_2S_2E$) *Não, não, não.*
($A_2E_2S_2E$) *Só quando ele volta.*
(Pesq. P) *E sobre a energia que ele recebe. Pode ser qualquer energia? O que você me diz?*
($A_2E_2S_2E$) *Não, tem que ser a quantidade exata para ele saltar de uma camada pra outra* [$\Delta E = E_f - E_i$].
($A_1E_2S_1E$) *Na emissão* [...] *é quando um átomo está voltando da camada de energia.*
(Pesq. P) *Você quer dizer, o elétron.*
($A_1E_2S_1E$) *Isso, o elétron. Ele volta da camada de energia para a camada que ele estava. Ele salta primeiro, daí ele absorve a energia que é onde ele absorve luz. Daí ele retorna, aonde ele emite luz que ele emite energia.*
(Pesq. P) *E é sempre a mesma luz* [energia] *que emite ou depende da camada de origem?*
($A_2E_2S_1E$). ($A_1E_2S_1E$). *Não.*
($A_2E_2S_1E$). *Depende do tanto de energia que ele absorveu* [...] *depende dos fótons.*
($A_2E_1S_1E$) [...] *e os espectros* [ééé] *tem haver com os elétrons. Se o elétron estiver na camada três e voltar para a camada um é uma cor, se ele estiver na camada* [pausa], *por exemplo, se ele estiver na camada quatro e voltar para a* [camada] *dois, é uma cor diferente também.*

Em alguns momentos a **articulação entre o saber novo com o antigo** ocorreu de forma pontual, onde o professor partiu de temas conhecidos pelos alunos, por exemplo bomba atômica, e correlacionou a algo cotidiano, por exemplo o Sol e sua energia. Trabalhar o Sol como fonte de energia e discutir a noção de fusão nuclear e os ciclos próton-próton (pp) com

os alunos, seja por meio de simulações computacionais ou pelo uso de vídeos educativos, permitiu ao professor trabalhar em nível de núcleo atômico, energias extremamente grandes ($E = mc^2$). Esta abordagem abarcou, dentre outros pontos, a essência das reações de alta energia no núcleo, a composição físico-química das reações, os processos de fissão (bomba atômica e reator nuclear) e fusão nuclear (reator nuclear Tokamak, bomba de hidrogênio e reações que ocorrem no núcleo solar), oferecendo um novo olhar para os processos nucleares e extrapolando as tradicionais abordagens do tema.

Em outros momentos a **articulação de um saber novo com o antigo** ocorreu por meio de novas significações e aplicabilidade para os saberes arraigados no contexto escolar, como eletromagnetismo e interações particulares. Citamos como exemplo as discussões levantadas pelos professores sobre a interação Sol-Terra, ancoradas em questões do tipo: Por que as auroras ocorrem apenas próximos aos polos? Por que de suas cores características? O que são tempestades geomagnéticas, e como elas podem nos afetar?

5.2.4 Regra IV – Transformar saberes em exercícios e sobrevivência dos saberes

Transformar os saberes em exercícios e problemas foi uma preocupação constante durante a elaboração e aplicação das SEA, tanto no contexto de sala de aula, quanto na visita ao Observatório Dietrich Schiel. A adoção de aulas expositivas dialogadas e a postura adotada pelos professores operacionalizando os tópicos trabalhados (em forma de exercícios, atividades práticas e/ou *Applets*), foram essenciais para o processo de ensino e aprendizagem, atendendo o viés **operacional** da sobrevivência dos saberes e possibilitando uma avaliação coerente daquilo que foi ensinado.

Diversas ações contribuíram para uma abordagem operacional dos saberes, como: cálculo da energia necessária para transições eletrônicas no átomo de Bohr, energia emitida por átomos ionizados, cálculo da temperatura da fotosfera solar usando as equações de Wien

(comprimento de onda na qual é radiação é máxima) e de Stefan-Boltzmann (potência total emitida por unidade de área), fusão nuclear e energia relacionada ao ciclo próton-próton e, espectro do átomo de hidrogênio e *redshifted* e *blueshifted* de Estrelas.

Muitas destas discussões, realizadas no âmbito de salas de aula, foram fundamentais para o pleno desenvolvimento das atividades durante a visita ao Observatório e atividades realizadas na Sala Solar. A atividade de identificação de espectros de lâmpadas permitiu aos alunos visualizarem o desdobramento prático da teoria estudada em sala de aula, contribuindo para **operacionalizar** os tópicos estudados, por exemplo, o registro artístico dos espectros observados (*ver* Figura 20b no item 5.2.1). O retorno à sala de aula e, trabalhos na sala de informática, permitiu aos alunos reverem muitos dos assuntos estudados. Ressaltamos, no entanto, que o enriquecimento didático proporcionado com este trabalho só foi possível devido aos trabalhos realizados anteriormente em sala de aula e no Observatório.

A motivação e envolvimento dos alunos frente aos *Applets* (Figura 25) evidenciaram a viabilidade deste tipo de trabalho como forma de sistematização dos tópicos trabalhados, atestando a **terapêutica** desta ferramenta no contexto formal de educação.

a) **b)**

Figura 25: Trabalhando com *Applets*. Professor discutindo com o aluno (a) transições eletrônicas do átomo de Bohr, e (b) as Leis de Kirchhoff.

O desgaste do saber ensinado muitas vezes resulta da incompatibilidade do sistema de ensino com seu entorno, acarretando um saber envelhecido, tanto com respeito ao avanço

científico (envelhecimento biológico) quanto às mudanças sociais (envelhecimento moral). Entendemos que os trabalhos na sala de informática resultaram na **atualização** dos saberes em ambos os quesitos, visto que em uma sociedade cada vez mais tecnológica torna-se inevitável a aproximação e o uso das TICs no cenário educacional.

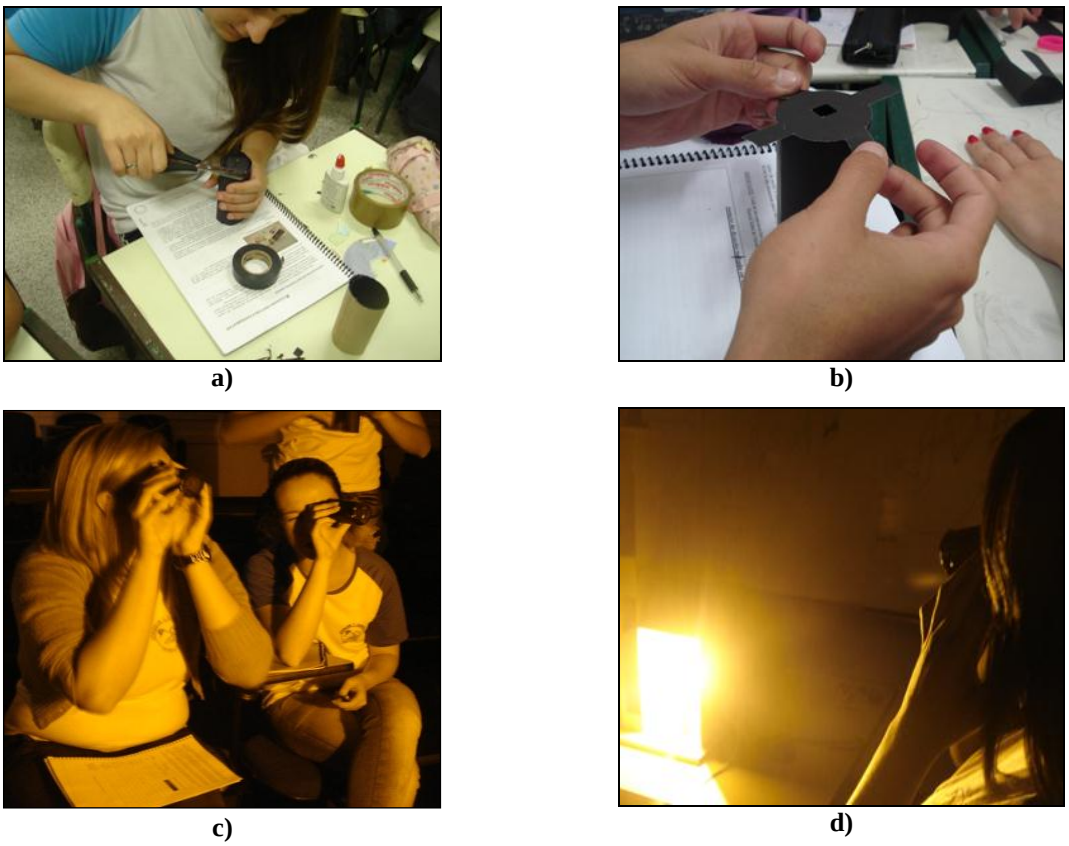
5.2.5 Regra V – Tornar um conceito mais compreensível e sobrevivência dos saberes

Tornar um conceito mais compreensível é uma ideia que está diretamente ligada à idealização das SEA e parceria entre professor-pesquisador. Diversas ações adotadas atendem a esta regra. Ao construir o quadro de lâmpadas e trabalhar com os alunos a formação dos espectros contínuo e de emissão, possibilitamos aos alunos perceberam um desdobramento prático do que foi estudado em sala de aula, particularmente das Leis de Kirchhoff para a espectroscopia. Este fato naturalmente contribuiu para **tornar os conceitos mais compreensíveis**. O mesmo se aplica à construção do espectroscópio da Sala Solar e projeção do espectro solar de absorção. Estas ações ampliaram o conceito que os alunos tinham sobre espectro da luz visível, possibilitando novos olhares sobre a espectroscopia e, em geral, sobre o ensino de física.

Outro destaque refere-se à construção do espectroscópio amador. Esta atividade, apesar de fazer parte da proposta curricular vigente no Estado de São Paulo, nunca havia sido realizada pelos professores participantes. Fruto de uma admirável **criatividade didática**, a construção do espectroscópio amador em sala de aula e seu uso na visita ao Observatório (com a observação e registro de diferentes espectros), trouxe uma sensação de descoberta e aceitação pelos alunos, indicando a **terapêutica** deste saber no contexto educacional. Inferimos que esta construção possibilitou uma **atualização** do sistema didático, uma vez que os alunos tiveram acesso a uma das principais ferramentas utilizadas por astrofísicos na determinação de ocorrências estelares.

Aqui a **criatividade didática** pode ser interpretada sobre diversos aspectos, como: fácil montagem do equipamento, uso de materiais de baixo custo, adoção interpretativa de um pedaço de CD como regra de difração e, revestimento interno do tubo com papel preto possibilitando melhor visualização do espectro formado. A **criatividade didática** também esteve presente em outras atividades das SEA, por exemplo, no cálculo do diâmetro do Sol usando um pedaço de papel, uma trena e relações trigonométricas simples e na determinação da temperatura da fotosfera solar (Apêndice I-D).

Entendemos que a construção e uso do espectroscópio amador ilustra muito bem a viabilidade da parceria entre o ambiente escolar e o Observatório no processo de inovação curricular. As atividades foram desenvolvidas em momentos e espaços distintos, coexistindo de modo complementar, **tornando os conceitos mais compreensíveis** e, propiciando aos alunos colocar em prática o que aprenderam em sala de aula (Figura 26).



a) **b)** **c)** **d)**

Figura 26: Em a) e b) alunos construindo o espectroscópio nas dependências da EE João Pires de Camargo,

Araraquara/SP. Em c) e d) alunos realizando a observação do espectro da lâmpada de vapor de Sódio no Observatório Dietrich Schiel.

Outra atividade que colaborou para **tornar os conceitos mais compreensíveis** foi a leitura, encenação teatral e discussão do texto "Como as lâmpadas funcionam?" (Apêndice I-A). Abordado em forma de teatro com os alunos, o texto traz um diálogo entre dois personagens (Thomaz Edson e Xisto) sobre o funcionamento das lâmpadas. Tal abordagem permitiu ao professor trabalhar de forma lúdica alguns aspectos relacionados aos espectros contínuos e de emissão de lâmpadas, e sobre as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia.

O ensaio teatral (dramatização) é colocado por Anastasiou e Pessate (2007) como uma das estratégias de ensinagem que envolve várias operações de pensamento, como interpretação, crítica, busca de suposições e imaginação.

> [...] uma representação teatral, a partir de um foco, problema, tema etc. [...] pode conter explicitação de ideias, conceitos, argumentos e ser também um jeito particular de estudo de casos, já que a teatralização de um problema ou situação perante estudantes equivale a apresentar-lhes um caso de relações humanas (ANASTASIOU e PESSATE 2007, p. 96).

Fruto da **criatividade didática** o ensaio do texto auxiliou no trabalho de **tornar os conceitos mais compreensíveis.** Esta investida trouxe para os alunos uma sensação de contentamento e descoberta, inferindo a **terapêutica** e sobrevivência desta abordagem em sala de aula. Ficou evidente nas falas dos alunos a motivação desencadeada por esta atividade teatral.

($A_1E_2S_1E$) [referindo-se ao texto "Como as lâmpadas funcionam?"] [...] *as explicações, os quadros, imagens é perfeito.* [...] *a gente fica mais curioso pra saber o final, éé... da pra aprender melhor, fica bem mais fácil, a gente fica mais apto a aprender, eu gostei bastante. Assim a física fica legal, não é mesmo?*

($A_2E_1S_2E$) [referindo-se ao texto "Como as lâmpadas funcionam?"] *Como eu disse, o teatro eu adoro, e a física encaixou certinho.* [...] *se fosse sempre assim seria mais fácil entender ou mais emocionante também, eu acho.*

($A_1E_1S_2E$) *Eu acho que a apostila do Estado* [entregue pela SEE/SP] *é só texto sem figura nenhuma e uns exercícios pra gente responder.* [...] *fica difícil à gente ficar lendo texto e texto, principalmente de Física* [...] *não tem como imaginar só com palavras só.*

Voltada ao processo de ensino e aprendizagem, a dramatização pode ser entendida como uma estratégia que tem várias finalidades: desenvolver a criatividade, a desinibição, a inventividade, propiciando uma abordagem de conteúdos de modo interativo e participativo. A construção de textos teatrais é uma importante ferramenta que dispomos e que permitem ao aluno uma enorme gama de aprendizados, seja por meio de ações de socialização do conhecimento ou pela criatividade de improvisar, auxiliando o trabalho do professor em **tornar os conceito mais compreensível** aos alunos.

Maximizar a parceria entre a educação formal e a educação não formal sempre esteve no foco de nossas ações. Deste modo a situação de aprendizagem "espectroscopia em um ambiente não formal de educação", e os trabalhos realizados no Observatório Dietrich Schiel traduzem muito bem a condição do centro de ciências em questão como complementar a educação formal, fato que pode ser evidenciado nas falas dos alunos (Tabela 11, *grifo nosso*).

Tabela 11: *Feedback* dos alunos em relação a visita ao Observatório Dietrich Schiel

(Pesq. P)	*Certamente vocês já realizaram várias visitas didáticas com a escola. Em relação à visita ao Observatório Dietrich Schiel, e focando na abordagem do professor, o que vocês notaram de diferente das outras visitas? Foi diferente das outras visitas?*
$(A_1E_2S_2E)$	*Eu acho que sim, por que a gente pôde tipo... A gente mesmo analisar* [...] *teve uma interação legal, a gente perguntou bastante, foi bem explicado, a gente mesmo pôde observar né. Muitas das visitas, eles só explicam do jeito deles* [referindo-se aos mediadores dos espaços visitados] *e a gente não pode observar e ter nossa própria conclusão.*
$(A_1E_2S_1E)$	*Foi uma visita que realmente dá pra aprender, não foi àquela visita que você vai e joga os alunos, se eles quiserem eles aprendem. Éééé... [...] e no outro dia você não lembra mais nada.* [referindo-se a visita ao Observatório] [...] *foi um passeio educacional, os outros passeios eram ocupacional. Os outros é só mesmo pra ocupar o tempo, esse não.*
$(A_2E_2S_1E)$	*Nessa* [visita] *eu aprendi assim, bastante coisa, eu não lembro assim, de ter feito outras visitas pra aprender alguma coisa, mas que nessa a gente aprendeu com certeza, em outras vezes não era assim em algum lugar pra aprender igual no Observatório que a gente foi.*
$(A_1E_1S_1E)$	*Nós fizemos visita para o Museu da Arte Sacra em São Paulo, mas não tivemos nenhuma informação sobre o local, nada, aqui que foi a diferença* [no Observatório] *nessa a gente sabia que ia ver e já estava estudando na escola* [...] *isso fez toda a diferença, eu acho... pelo menos pra mim*
$(A_2E_1S_2E)$	*Não foi nenhum passeio, foi uma aula em outro lugar, uma aula diferente, com outros aparelhos que a gente nunca tinha visto* [...] *saiu daquela rotina: sala e lousa.* [referindo-se ao trabalho em sala de aula] *mas se* [não houvesse a preparação] *eu acho que seria perdido, eu não ia saber o que eu ia fazer lá, eu ia estar lá olhando, conhecer o lugar* [...] *Eu iria ver as cores bonitas* [referindo-se aos espectros] *mas* [pausa] *Mas pra que serve? Só ia ser bonito e ponto!*

As falas acima permitem evidenciar que o preparo dos alunos para a visita ao Observatório foi decisivo para ampliar as possibilidades e promover um maior envolvimento dos alunos durante as visitas, maximizando as chances de aprendizado dos conceitos trabalhados. Em relaçao a SEA 2, ressaltamos que ela difere da SEA 1 apenas pela substituição da situação de aprendizagem 01, na qual o Prof. R desejou trabalhar com seus alunos aspectos científicos relacionados às radiações a partir de trechos do filme "2012" (Columbia Pictures, 2009, EUA) e discutir o conceito de radiações nucleares, seus benefícios e malefícios à saúde humana.

Abordar o tema radiações nucleares permitiu **a modernização do saber escolar** (Regra I) na medida em que o professor discutiu com os alunos a emissão de algumas partículas subatômicas (α, β e neutrinos), além da emissão de radiação (γ). Esta abordagem fez com que tópicos como fusão nuclear e energias ionizantes ficassem mais acessíveis aos alunos, **tornando o conceito mais compreensível** (Regra V) e promovendo a atualização do saber escolar, visto que este trabalho permitiu abordagens de tópicos de física mais contemporâneos, como neutrinos solares. As abordagens sobre fusão nuclear e núcleo solar tiveram grande aceitação dos alunos, sendo percebida na resolução de exercícios propostos, discussões em aula e conversas com seus pares e pesquisadores, "[...] *o que mais despertou a atenção foi a Fusão Nuclear.* [...] *até então eu não sabia que era o núcleo do átomo que emitia gama* [radiação gama]. [...] *eu já conhecia a eletrosfera, emissão da luz* [referindo-se a transição eletrônica] *a radiação no núcleo pra mim foi um assunto novo e interessante"* ($A_2E_2S_2E$).

De modo a **operacionalizar** os saberes abordados e **transformá-los em exercícios e problemas** (Regra IV) os alunos trabalharam no laboratório de informática da escola com *Applets* referentes ao decaimento radioativo de diferentes elementos químicos, e consequentes emissões de partículas subatômicas (α, β e neutrinos) e radiação (γ). Outra ação abordada pelo

professor foi à discussão sobre os bombardeamentos atômicos das cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki durante a segunda guerra mundial.

A análise das SEA trabalhadas com os alunos nos revela fortes indícios da sobrevivência dos saberes, referente à física moderna a partir da física solar, no contexto escolar e ainda a observância às regras da transposição didática. Acreditamos que a transposição didática como instrumento de validação das SEA possibilitou novos olhares para este tipo de abordagem, balizando todas nossas ações de pesquisa. É evidente que a validação das SEA não indica que esta seja uma receita a ser seguida pelos professores na inserção de física moderna no ensino médio, pelo contrário, indica apenas que elas fornecem alguns ingredientes para este trabalho, o qual deve considerar entre outras coisas: o contexto escolar, as possibilidades de trabalho na escola, o público escolar e a formação docente.

Capítulo 6 - Análise das Sequências de Ensino e Aprendizagem

6.1 O losango didático e as relações articuladoras

Neste capítulo discutiremos as SEA e nossos dados de pesquisa a partir dos pressupostos teóricos do losango didático (MÉHEUT e PSILLOS 2004). Devido à imensa quantidade de dados coletados realizamos alguns recortes para esta discussão. Assim, consideraremos as entrevistas semiestruturadas realizadas com os professores e com seus alunos e as observações realizadas durante a aplicação das SEA em sala de aula e no Observatório.

A Tabela 12 traz as relações articuladoras que delineamos para esta análise e discussão. Tais relações foram elaboradas a partir do estudo e aprofundamento teórico da abordagem construtivista integrada (MÉHEUT 2005) e tendo como base seu uso no ensino de ciências, por exemplo, nos trabalhos de Rodrigues e Ferreira (2011) e Vilela et al. (2007). Tais relações consideram não apenas aspectos relacionados à construção do conhecimento, mas também as características cognitivas dos alunos, a significância do conhecimento e aspectos motivacionais e interacionistas.

Sobre a perspectiva construtivista integrada, a dimensão didática é por natureza complexa, havendo inúmeras variáveis a serem atentadas. O professor, por exemplo, depende direta e/ou indiretamente de seus colegas de profissão, de seu ambiente de trabalho, e muitas vezes têm suas concepções e convicções enraizadas. Por outro lado, o aluno cria expectativas e busca alcançar objetivos pessoais e coletivos por meio de diferentes relações sociais. A dimensão epistêmica é um processo no qual implica a (re)construção de algo já pensado por outros, ou seja, implica em (re)construir o conhecimento dando-lhe um viés particular, de apropriação. O sujeito toma para si o "seu" conhecimento e articula as suas marcas simbólicas, seu contexto social e convívio pessoal.

Tabela 12: Relações articuladoras delineadas* [13]

Dimensões de análises			
Relações articuladoras	**Epistêmica**	**Relações articuladoras**	**Pedagógica**
E_1	Ligação entre o conhecimento científico e o mundo material – uma aproximação frente o eixo epistêmico.	P_1	Interações: professor-aluno, pesquisador-professor, monitor-professor, monitor-aluno, aluno e seus pares no processo de ensino e aprendizagem.
E_2	O conhecimento historicamente construído, transformações e caminhos.	P_2	Elaboração e/ou uso de materiais/roteiros textuais para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem e contextualização.
E_3	Trajetórias de aprendizagem dos alunos, identificação e superação de dificuldades na aprendizagem.	P_3	Elaboração e/ou uso de atividades experimentais de baixo custo como forma de instrumentalizar o ensino de física.
E_4	Apreciação das preconcepções dos estudantes sobre o conhecimento científicos.	P_4	Uso de estratégias didáticas não tradicionais como elementos motivadores e facilitadores para o ensino de física.
E_5	Articulação entre o saber docente e/ou discente e o mundo material.	P_5	Incorporação de ambientes fora do contexto escolar formal como forma de maximizar a aprendizagem dos alunos (visitas, passeios...) e 'discutir' a formação docente (formação continuada).
E_6	Articulação entre o saber docente e/ou discente e o conhecimento científico.	P_6	Uso das tecnologias de informação e de comunicação (TIC) como elemento valorizador das práticas pedagógicas.

* Tabela elaborada com base nos trabalhos de Méheut (2005, p. 196) e Rodrigues e Ferreira (2011, p. 7), *adaptação nossa*.

Entendemos que as relações articuladoras delineadas suplantam a perspectiva construtivista integrada (dimensões epistêmica e pedagógica) na medida em que buscam interpretar os vértices do losango didático articulando suas relações. Tais relações representam uma contribuição para a interpretação do losango didático, uma vez que Méheut e Psillos (2004) não apresentam aspectos operacionais relacionados aos vértices do losango em sua teoria.

[13] Esta Tabela foi elaborada tendo como base o aprofundamento teórico realizado sobre as ideias de losango didático (MÉHEUT e PSILLOS 2004, MÉHEUT2004), abordagem construtivista integrada (MÉHEUT 2005), abordagem construtivista integrada e seu uso no ensino (RODRIGUES e FERREIRA 2011) e, trabalhos sobre Sequência de Ensino e Aprendizagem (SOARES e TATO 2011, PSILLOS, TSELFES e KARIOTOGLOU 2004, BUTY, TIBERGHIEN e LE MARÉCHAL 2004, entre outros – *ver seção 2.3*).

6.2 Análises das SEA usando as relações articuladoras do losango didático

Aspectos de inovação curricular estiveram presentes em ambas as dimensões do losango didático, englobando diferentes relações articuladoras neste processo. No eixo pedagógico esta inovação favoreceu a relação articuladora P_5, na qual as atividades realizadas extrapolaram os limites físico e institucional do ambiente escolar formal, propiciando novos horizontes para o ensino de física moderna com as atividades desenvolvidas na Sala Solar. No eixo epistêmico aspectos de inovação curricular também foram percebidos em diferentes momentos, oferecendo um viés muito particular de apropriação do conhecimento pelos alunos. Exemplos desta inovação foram a construção e uso do espectroscópio amador e a determinação da temperatura da fotosfera solar e o estudo da radiação de corpo negro.

Estas atividades levaram os alunos a terem o primeiro contato com tópicos de física moderna, aproximando, desta forma, o conhecimento científico ao mundo material (E_1), o que prontamente percebida pelos professores:

(Prof. J) [...] *o projeto em si em termos de parceria, ele traz um ganho fantástico que é o seguinte, quando o aluno sai da escola pra visitar o Centro, é mais intenso essa relação* [de parceria], *nesse ponto ao meu ver que está a inovação curricular, é assim, quando ele sai da escola, mas não sai do clima de sala de aula, fica aquela atmosfera de estar aprendendo* [...], *ela vem junto com a escola no lugar que vai ser visitado, no caso no Centro de Ciências,* [...] *durante a viagem no ônibus, eu percebia as expectativas antes de vir e principalmente da segunda turma que tinham conversado com a outra turma* [primeira turma], *então eles vinham com uma maior expectativa, estavam loucos pra... vir* [sic], *e ver o espectroscópio, se era parecido com os deles* [referência ao espectroscópio amador, produzido em sala de aula], *se eles iam ver mesmo manchas no Sol.* [...] *na volta eles voltaram comentando das partes que eles acharam mais interessantes, o que aprenderam* [...] *são coisas que não aparecem quando você vai fazer a avaliação* [...] *eles entenderam a diferença entre essa visita e outras visitas que eles já fizeram.*

Quando o Prof. J diz "[...] *durante a viagem no ônibus, eu percebia as expectativas* [...] *estavam loucos pra* [...] *vir* [sic], *e ver o espectroscópio, se era parecido com os deles, se eles iam ver mesmo manchas no Sol*", deixa transparecer aspectos de um contexto pessoal no qual a motivação e expectativas dos alunos são fatores intrínsecos e essenciais para o sucesso de uma visita ao centro de ciências. Reforça ainda a importância do conhecimento prévio e interesse do aluno para o processo de aprendizagem. Ao acrescentar "[...] *voltaram*

comentando das partes que eles acharam mais interessantes [...]", o professor sustenta a possibilidade de apropriar-se da visita como uma continuidade dos trabalhos em sala de aula.

O Observatório Dietrich Schiel também recebeu proveitos de inovação. A troca de experiências entre professores, pesquisadores e mediadores do Observatório, além de favorecer a relação articuladora P_1, trouxe para o ambiente não formal aspectos reais do cotidiano e da vivência escolar, algo extremamente importante se pensarmos que o público escolar é o frequentador mais assíduo destes espaços. Outra importante inovação está atrelada à instrumentalização da Sala Solar, onde a construção e uso do espectroscópio (para o estudo do espectro solar de absorção) e do quadro de lâmpadas (para o estudo dos espectros de emissão e contínuo) passaram a integrar as atividades do Observatório. Tais atividades ao possibilitar novas abordagens da física solar com o público visitante concretizam as relações articuladoras P_2 e P_3 e criam um novo contexto físico para o processo de aprendizagem neste centro de ciências.

A relação articuladora E_2 remete ao conhecimento historicamente construído. Em dois momentos das SEA esta relação articuladora foi concretizada durante a aplicação das SEA com os alunos. O primeiro refere-se à discussão realizada pelos professores sobre a radiação de corpo negro e ideias iniciais da física quântica no final do século XIX. Foi discutida com os alunos as ideias de cientistas que se dedicaram a propor curvas empírica e oferecer uma tentativa coerente de análise teórica relativa ao corpo negro, dentre eles: Wilhelm Wien (1864 - 1928), Lord Rayleigh (1842 - 1919), James H. Jeans (1877 - 1946) e Max Planck (1858 - 1947). O segundo momento refere-se à discussão sobre a parceria entre Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887) e Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) na identificação dos elementos químicos e construção de um espectroscópio. Também foram abordados com os alunos as ideias de Joseph Fraunhofer (1787 - 1826) sobre o espectro solar. Tais discussões

não foram encontradas nos livros de física utilizados pelos professores participantes da pesquisa, representando assim aspectos de uma inovação curricular na prática do professor.

De acordo com as relações E_3 e E_4, as trajetórias de aprendizagem dos alunos e identificação de lacunas de aprendizagem são fatores fundamentais a serem atentados no desenvolvimento das SEA. Tais aspectos ficaram evidentes em muitos momentos da aplicação das SEA, seja na perspectiva procedimental do trabalho docente e trabalho de tópicos de física moderna, na perspectiva conceitual na proposição de situações criativas, permitindo aos alunos vivenciarem o conhecimento científico, ou na perspectiva atitudinal nas interações com a comunidade escolar. A preocupação dos professores com a trajetória de aprendizagem dos alunos foi uma constante durante a aplicação das SEA, o que refletiu em sua prática em sala de aula.

(Prof. R) [...] *uma abordagem que eu lembro que eu tive no 3B do átomo de Bohr* [...] *eu até comecei meio,* [...] *muito preso nos materiais e texto didáticos, e eu acabei me perdendo um pouco, não interagindo tanto com eles* [os alunos] [...], *isso aconteceu também no começo do conteúdo, e daí depois eu acho que foi melhorando e ai eu fui me expressando melhor. No 3A né, no caso do átomo de Bohr eu já fiz um esquema diferente na lousa [...] eu acho que deu pra entender melhor* [...] [eu] *estava preocupado com eles* [referindo-se a aprendizagem dos alunos].

Com o desenvolvimento das atividades, o estudo da espectroscopia e a visita ao Observatório o professor passou a ter mais segurança na abordagem dos tópicos com os alunos. Mesmo não sendo nosso objetivo verificar a aprendizagem de conteúdos, pudemos constatar em entrevista realizada com alguns alunos que a preocupação do professor foi válida e gerou a aprendizagem de conceitos.

(Pesq. P) [...] *então a partir do átomo de Bohr, como você explicaria a emissão de luz?*
($A_1E_2S_1E$) *Emissão, emissão é quando um átomo está voltando da camada de energia,*
(Pesq. P) *O elétron!*
($A_1E_2S_1E$) *Isso, elétron, ele volta da camada de energia para a camada que ele estava, ele salta primeiro, absorve a energia que é* [...] *daí ele retorna aonde ele emite luz* [...].
(Pesq. P) *É sempre a mesma luz que emite ou depende da camada de origem?*

(A$_2$E$_2$S$_1$E), (A$_1$E$_2$S$_1$E) *Não*

(A$_2$E$_2$S$_1$E) *Depende do tanto de energia que ele absorveu*

(A$_1$E$_2$S$_1$E) *Depende dos fótons*

****

(Pesq. P) *Quando ele* [o elétron] *salta de uma camada pra outra emite Luz.*

(A$_1$E$_2$S$_2$E) *Eh... não* ***(A$_2$E$_2$S$_2$E)*** *claro que não* [...]

(A$_2$E$_2$S$_2$E) *Ué, só quando ele volta*

(Pesq. P) *E essa energia que ele recebe, pode ser qualquer energia?*

(A$_2$E$_2$S$_2$E) *Não, tem que ser a quantidade certa* [exata] *para ele* [o elétron] *saltar de uma camada pra outra.*

A relação articuladora P_2 foi favorecida a partir da leitura e uso de textos e roteiros de atividades produzidas por professores e pesquisadores especificamente para esta parceria - dentre eles os citados no Apêndice I e os utilizados no preparo docente - e novas abordagens dos conteúdos contidos nos livros didáticos adotados pela escola, possibilitando inúmeras interações dialógicas e posicionamentos de alunos frente os tópicos abordados. O embasamento teórico realizado em sala de aula e os trabalhos realizados durante a visita ao Observatório possibilitaram ao professor levantar diversas discussões com os alunos, dentre elas, a discussão sobre as semelhanças entre os espectros de emissão e absorção de um mesmo elemento químico:

(Prof. R) *Vocês viram* [No Observatório] *as linhas do sódio no espectro de emissão* [de lâmpadas] *e no espectro de absorção* [na Sala Solar]. *Quem pode me dizer o significa eles estarem na mesma posição do espectro?*

(A_E$_2$S$_2$G) *Por que ele tem o mesmo comprimento de onda né.*

(A$_x$E$_2$S$_2$G) *Vou dar um 'chutinho'* [risos] *vou dar um chute. Por que* [interrompida por A$_y$E$_2$S$_2$G]

(A$_y$E$_2$S$_2$G) *Por que tem absorção de energia* [...] *que no Sol, eu acho que a intensidade dela era menor,*

(A$_x$E$_2$S$_2$G) [continua a resposta] *independente se eles estão emitindo ou se elas estão recebendo, elas têm o mesmo comprimento de onda. É isso?*

(A_E$_2$S$_2$G) **'***Fessor'* [Professor] *foi o que eu falei, não foi?*

(Prof. R) *É isso... Ééé vamos ver* [...]*os espectros de emissão e de absorção, o que vocês lembram deles?*

(A$_x$E$_2$S$_2$G) *Eu lembro das Leis de Kirchhoff, agora eu não vou lembrar qual é qual, mas eu sei que uma é por que ele passa por um gás frio e outro é por que tinha* [...] *o Sol só, não...não...não, tinha uma fonte quente é, acho que é isso* [...] *aquele negócio do prisma o outro eu não lembro.*

A encenação teatral do texto “Como as lâmpadas funcionam?” (Apêndice I-A) propiciou aos alunos uma reflexão de modo não habitual sobre o conhecimento físico em sala de aula. A encenação foi uma estratégia didática motivadora e facilitadora do ensino de física moderna (P_4). Por outro lado, ao abordar as diferentes luzes da cidade e as diferentes percepções de seus espectros, também possibilitou aproximar o conhecimento científico com o mundo material (E1). A interação entre os professores e o ambiente de educação não formal possibilitou inúmeras transformações no trabalho escolar, tanto por meio de interpretações mais críticas de conteúdos curriculares específicos, quanto por formas diferenciadas na abordagem de conceito científico com os alunos. Chama-nos a atenção o amadurecimento de alguns alunos em enxergar a importância desta parceria frente às necessidades educacionais atuais.

($A_1E_2S_2E$) [referindo-se a parceria e os trabalhos com as SEA] [...] *devia sempre ter isso, porque os alunos eles interagem mais, comunicam mais, por que normalmente cada um fica na sua, quando são atividades assim, todo mundo se comunica, tira dúvidas interage um com o outro, e eu acho bem mais fácil de entender tudo, dá mais ânimo na aula, mais curiosidade, por que normalmente é tudo, cada um na sua, fica daquele jeito, se não entendeu fica dessa forma*.

($A_2E_2S_2E$) [...] *foi uma experiência totalmente diferente, mas eu acho que devia ter bem mais disso nas escolas, por que a gente aprendeu bastante sabe. Eu por exemplo, aprendi bastante coisa com esse projeto, se tivesse mais disso nas escolas, com mais salas, os alunos iam aprender bem mais coisas* [...] *na escola vamos dizer assim, a gente não tem o material necessário né, pra estudar tal coisa.* [...] *mas trazendo a Universidade pra cá, a gente já vai ter tudo o que a gente precisa pra compreender mesmo, todo o material necessário.*

É recorrente, em visitas a centros de ciências o professor, por não entender as exposições ou não se sentir seguro para abordar as atividades, acabar se distanciando e deixando seus alunos sob a responsabilidade (física e instrucional) dos setores educativos destes locais. Alguns professores aproximam-se das exposições na tentativa de aprender juntamente com seus alunos, passando em instantes de parceiro mais capaz a aprendiz. Esta postura em muitos casos pode gerar uma série de problemas para as visitas, por exemplo: inibir o aluno a perguntar e a responder as questões propostas, além de muitas vezes o

professor (por não dominar o assunto) fornecer explicações erradas aos alunos. Nesta inversão de papéis, a postura do professor revela uma grave lacuna no preparo para a visita e, talvez em sua formação.

Evidencia ainda as dificuldades enfrentadas pelo professor em ensinar ou continuar ensinando os tópicos tratados durante as visitas. Conscientes destas dificuldades, buscamos superar esta questão atentando para a complementariedade das atividades desenvolvidas na escola e no Observatório, articulando o saber docente com o mundo material (E_5) e com o conhecimento científico (E_6), fatores mediados pela ideia dos ciclos de reflexão. A satisfação expressa nas falas e nas atitudes dos professores revela ser este um caminho acertado para uma parceria eficaz e com benefícios para ambas às instituições:

(Pesq. P) *Certamente, você já deve ter realizado outras visitas didáticas com seus alunos e realizado outros projetos. Qual o diferencial, deste projeto? Você notou alguma diferença?*

(Prof. R) *A diferença é que o professor está mais éé* [...], *mais envolvido em tudo, éé* [...] *desde os cursos* [de preparação docente] *até as discussões depois nas aulas éééé, no decorrer dos trabalhos durante as aula* [referindo-se ao acompanhamento da aplicação das SEA e discussões realizadas] [...] *na visita eu já sabia todos os passos, já tinha visitado antes, durante a preparação.* [eu] j*á sabia o que iria ocorrer e o que eu ia fazer* [pausa na fala] *acontecer, os passos.* [...] *eu acho que é o diferencial, por que normalmente quando você vai em uma visita você acaba conhecendo o lugar junto com os alunos* [risos], a*cho que o professor conhecendo mais que os alunos* [...] [estando] *no dia a dia com eles, o professor pode acrescentar na visita* [...] *e depois também né* [referindo-se a continuidade dos trabalhos em sala de aula], *o trabalho que foi feito na sala de informática* [com os *Applets*] *[...] foi um fechamento muito bom, eles* [os alunos] *gostaram muito.*

(Prof. J) [...] *o projeto em si em termos de parceria, ele traz um ganho fantástico que é o seguinte, quando o aluno sai da escola pra visitar o Centro, é mais intenso essa relação, nesse ponto ao meu ver que está a inovação curricular, é assim, quando ele* [o aluno] *sai da escola, mas não sai do clima de sala de aula, fica aquela atmosfera de estar aprendendo, 'ela' vem junto com a escola no lugar que vai ser visitado,* [...] *eu percebia as expectativas antes de vir, uma turma conversando com a outra* [...] *na volta deu pra perceber que ela foi satisfeita, por que eles voltaram comentando das partes que eles acharam mais interessantes, então isso são coisas que não aparecem quando você vai fazer a avaliação* [...] *ai você percebe o engajamento e que eles entenderam qual que é o espírito da* [do projeto][...] *diferença entre essa visita e outras visitas que eles já fizeram.*

A fala do Prof. R evidencia todas as etapas previstas por Allard et al (1994) para uma parceria eficaz entre o ambiente de educação formal e o não formal. Nota-se também a efetivação da relação articuladora $P_{5,}$ em especial na fala do Prof. J reforçando as ideias de Griffin (2004) de que o preparo das atividades de visitação em parceria com professores aumenta as chances de aprendizado dos alunos e ainda promove um maior envolvimento dos estudantes durante as visitas. Esta preocupação também foi percebida pelos alunos, os quais por diversas vezes, mencionaram a postura diferenciada desta visita em relação a outras que haviam realizado.

(Pesq. P) *Sobre a parceria entre a escola e o Observatório. A visita ao Observatório facilitou a compreensão dos tópicos estudados em aula, antes e depois?*

($A_1E_2S_1E$) [...] *facilitou bastante, por que uma coisa é você aprender em teoria e outra coisa é você por em prática* [...] *a teoria nunca é igual quando você coloca em prática, independente do que seja* [...] *Vamos supor se não tivesse a visita no Observatório, ia ser completamente diferente, a gente* [viria à escola] *e vocês mostravam esse espectro do Sol e tal, a gente vai querer ver o espectro do Sol realmente. Ver e analisar os espectros foi muito bom para entender melhor a formação, a lei* [referindo as Leis de Kirchhoff e formação de diferentes espectros] *deles.*

($A_2E_1S_1E$) [...] *vocês dão um estimulo para o aluno aprender e a gente vai lá* [no Observatório] *e aprende mesmo* [...] *é uma coisa que estimula a gente a querer saber mais também, por exemplo, eu fiquei com vontade de voltar outro dia no Observatório, pra ver outras coisas* [...] *a gente aprende mais fácil o que está sendo ensinado na escola, como o caso das manchas*[solares] *né* [...] *então é um projeto fantástico de se fazer na escola.*

($A_2E_1S_2E$) *Não foi nenhum passeio, foi uma aula em outro lugar, uma aula diferente, <u>com outros aparelhos que a gente nunca tinha visto</u>* [referindo-se ao espectroscópio e ao heliostato da Sala Solar]. *Eu aprendi muito sobre o Sol [...] eu sabia o que tinha lá. Deu pra aprender o que foi visto na escola mesmo [...] a formação do, do... espectro não é, das lâmpadas [...]*

Estas falas estão de acordo com pesquisas da área que indicam que, quando há um preparo adequado, as visitas escolares a centros de ciências são muito valorizadas tanto por professores quanto pelos alunos (COX-PETERSEN et al 2003, GUISASOLA e MORENTIN 2007). Quando os alunos dizem: "[...] *ver e analisar os espectros foi muito bom para entender melhor a formação* [...]" e "[...] *aprende mais fácil o que está sendo ensinado na escola* [...]" deixam transparecer que compreenderam o intuito colaborativo de trabalho entre a escola e o

centro de ciências e evidencia o fato de a visita favorecer as relações articuladoras E_1, E_5 e E_6. O aluno, ao explicitar "[...] *com outros aparelhos que a gente nunca tinha visto* [em sala de aula] [...] ($A_2E_1S_2E$)" confirma o aspecto de complementariedade entre os ambientes educacionais.

Conhecer detalhes do contexto escolar sem fazer parte da vivência de sala de aula é algo extremamente difícil de ser conseguido (talvez impossível), uma vez que cada escola traz em si particularidades e rotinas muito específicas. Assim, a busca em promover a relação articuladora P_4 e favorecer E_1 no desenvolvimento das SEA passa necessariamente pelo envolvimento ativo do professor, contribuindo com sua experiência profissional e conhecimento da dinâmica escolar. Também é importante que o professor compreenda seu papel dentro da pesquisa:

(Pesq. P) *De que forma a sua experiência em sala de aula contribuiu para o desenvolvimento da SEA com os alunos?*

(Prof. J) [...] *essa pergunta é delicada* [...] *acho que na própria escolha dos assuntos que seriam trabalhados com os alunos, uma vez que eu vou levar em conta as aulas que eu tenho, e o andamento da turma* [...] *tentar dosar, no sentido de ajustar* [...] *se você for pensar em pegar outro professor seriam diferentes esses ajustes por conta da experiência dele do contexto dele, da escola também, é assim que eu vejo.*

(Prof. R) [...] *contribui para a Universidade entender um pouco os mecanismos da escola* [...] *eu acho que muitos que estão na Universidade não têm ideia de como ocorre o dia a dia, de como algumas coisas são bem sacrificantes. Por que às vezes você fala: Ah, é um ônibus* [solicitar um ônibus para realizar uma visita didática] *qualquer um arruma um ônibus para visitar* [...] *Não é assim! Tem certas coisas que ocorrem e que as pessoas acabam não sabendo, é a dinâmica da escola*. [...] *é importantíssimo à universidade ter essa iniciativa, procurar as escolas para melhorar a educação, caso contrário eu acho bem difícil.*

Sobre o trabalho de inovação curricular, com a física solar e novas abordagens de tópicos de física moderna no ensino médio, atividades como, identificação das linhas de absorção do espectro solar, cálculo da potência irradiada pelo Sol e, identificação de estrelas a partir do uso de *Applets* (Apêndice I-C), foram pilares que sustentaram esta inovação, favorecendo a relação articuladora E_1. Tais ações também trouxeram uma nova forma de

enxergar as visitas a espaços de educação não formal, tanto do ponto de vista docente quanto por parte dos alunos:

($A_1E_2S_1E$) *Essa visita* [ao Observatório Dietrich Schiel] *foi diferente.* [...] *essa visita ela teve interesse de ambas as partes, tanto de quem está ensinando e de quem quer aprender, eu achei que foi interessante por causa do modo com que foi proposto sabe, na escola e depois lá.* [...] *nos separar em turmas pra poder aprender com mais facilidade, por que é mais fácil ensinar um grupo menor de pessoas.*

($A_2E_2S_2E$) [Em outras visitas didáticas] *a gente voltava e começa a aprender outra coisa* [...] *Tanto faz, tanto fez. E nessa* [visita ao Observatório] *e mesmo lá, e depois da visita teve perguntas e deu pra desenvolver bastante* [continuidade das discussões em sala] *[...] discutir as linhas [...] espectros, absorção.*

($A_2E_1S_2E$) *Teve os Applets também, foi muito dez [...] e que envolvia coisas da visita os* [éééé] *espectros, o átomo* [referindo-se ao átomo de Bohr e gesticulando com as mãos as transições eletrônicas], *e é isso. Ah, as Leis também* [referindo-se as três Leis de Kirchhoff, retomadas pelo professor no trabalho com os *Applets*] *no computador* [...] *facilitou, ficou mais fácil, sei lá*.

O aluno $A_1E_2S_1E$ chama a atenção para o interesse de todos os envolvidos na pesquisa, "[...] *essa visita ela teve interesse de ambas as partes* [...]", deixando transparecer a aceitação dos alunos para com a pesquisa. Este entusiasmo prolongou-se no retorno à sala de aula e continuidade dos trabalhos com os *Applets*, promovendo as relações articuladoras P_1, P_6, E_1, E_5 e E_6. A relação articuladora P_6 remete ao uso das tecnologias de informação e de comunicação (TIC) como elemento valorizador das práticas pedagógicas (Apêndice I-C). As TIC podem ser interpretadas como elementos valorizadores das práticas pedagógicas, por exemplo, os computadores que permitem acesso à informação, maximizam os processos de compreensão de conceitos e fenômenos diversos, associando diferentes tipos de representação.

No entanto os computadores são apenas instrumentos que criam novas possibilidades de trabalho e novas responsabilidades ao professor, obrigando-os ao contínuo processo de atualização profissional (MARTINHO e POMBO 2009). Conscientes deste fato, trabalhamos as TIC em dois momentos da pesquisa: no preparo docente e na aplicação das SEA com os alunos. No primeiro momento o intuito foi informar os professores quanto à existência e possíveis usos deste recurso no ensino de ciências, no segundo momento trabalhar o uso de

Applets com os alunos de modo a sistematizar os tópicos estudados na SEA. Em ambos os momento a relação articuladora P_6 se concretizou no trabalho com os *Applets*, tendo uma aceitação muito positivas, como observado nas falas dos alunos:

($A_1E_2S_2E$) [falando sobre os *Applets*] *deu pra relatar* [no sentido de rever] *todas as informações que a gente já tinha estudado..., que a gente já teve nas aulas passadas* [...] *ali é mais ilustrado, você lembra-se de tudo ali mais fácil. [...] assim dessa forma da pra guardar melhor.*

($A_2E_2S_2E$) [...] *a gente, colocou em prática o que tinha aprendido, foi uma prova bem bacana pra testar nossos conhecimentos.* [...] *no meu caso, o professor só disse como que servia* [instruções e uso] *o programa* e *eu já sabia quase tudo. As respostas foram mais pra gente testar os nossos conhecimentos mesmo.*

($A_1E_2S_1E$) *Eu acho que isso é melhor que uma prova, por que na prova a gente se sente tensionado a aprender, então a gente não aprende, a gente decora e você retomando, da pra você tirar as dúvidas que você teve alguma coisa que não teve tempo de perguntar* [...] *até por que* [o trabalho com Applets] *não inibe o aluno a fazer as perguntas a questionar, então eu acho que é melhor.*

6.3 Ampliando as discussões sobre as relações articuladoras delineadas

A análise das SEA revelou mais possibilidades do que dificuldades e limitações no que se refere às dimensões epistêmica e pedagógica das SEA trabalhadas com os alunos.

Do ponto de vista das possibilidades a articulação do centro de ciências com o ambiente escolar visando à inovação curricular, a partir do trabalho com a física solar e tópicos de tópicos de física moderna e novas abordagens da prática docente, foi satisfatória. Inúmeras relações articuladoras foram favorecidas e concretizadas no trabalho das SEA com os alunos, dentre elas citamos: cálculo o diâmetro solar e a distância Sol-Terra (P_1, P_3, E_1), observação do Sol e algumas estruturas usando a luneta Grubb (P_1, P_3, P_5, E_1), experimento de corpo negro (o Sol como corpo negro) e discussão do surgimento da mecânica quântica (P_1, E_1, E_2), simulação das linhas de campo magnético utilizando limalha de ferro (P_3, E_4), visualização e discussão da projeção de manchas solares e outras estruturas do Sol na Sala Solar (P_1, P_5, E_1), análise crítica de trechos do filme "2012" (*Columbia Pictures*, 2009, EUA) (P_1, P_4, E_5, E_6),

interpretação e encenação de texto teatral como estratégias didáticas não tradicionais no ensino de física (P_2, P_4, E_1).

Por outro lado, algumas dificuldades também devem ser destacadas. Em diversos momentos dissertamos sobre a importância do preparo docente para a inovação curricular em física e, também para a parceria entre os ambientes de educação formal e não formal. No entanto, com vistas ao fortalecimento e melhoria das ações desenvolvidas nesta parceria, algumas dificuldades necessitam serem (re)pensadas, dentre elas: a distribuição da carga horária do preparo docente frente à agenda apertada dos professores, o "adequar-se ao novo" frente à prática docente arraigada nos domínios escolares, o calendário escolar frente à inserção de inovações curriculares em momentos específicos do currículo de física.

Ao final dos cursos preparatórios, os professores manifestaram uma insatisfação quanto ao período de preparação (40 horas de atividades presenciais em 08 encontros), sugerindo que este fosse realizado em poucos dias ou semanas consecutivas. Tal fato nos remete a repensar algumas das ações realizadas de modo a concretizar a parceria centro de ciências-escola.

(Prof. R) [...] *um dos grande desafio foi a preparação dos professores, que foi nos sábados* [...] *a gente fez os cursos, pra elaborar as SEA..., então foi muito tempo nos sábados, e professor do Estado...* [interrompido].
(Pesq. P) [risos] *é, foram árduas 40 horas.*
(Prof. R) *Professor do Estado não está motivado nem preparado pra esse tempo* [...] *talvez se conseguisse colocar essas horas como horas que o professor pode ter de curso* [...] *que tem o certificado* [referindo-se a certificação para progressão na carreira docente] [...] *talvez isso motive mais e seria muito importante para o professor. Eu participei, sem problemas, mas acho difícil outros* [...] *muitos participarem.* [...] *se a gente for pensar nisso* [referindo-se ao projeto] *para uma coisa mais ampla* [englobando muitos professores] *é inevitável né* [...] *por que até querendo ou não, achar professores com boa vontade pra fazer isso* [participar do projeto] *é bem difícil* [risos].

Avaliamos que a duração da preparação tenha sido responsável pela desistência de 03 professores dentre os 07 professores que compunham a equipe de pré-trabalhos de preparo docente. Inferimos ainda, a partir das declarações dos docentes, ser fundamental, e almejado

por todos os participantes, a certificação dos cursos realizados para realização dos cursos. Estes seriam pontos importantes a atentar em projetos futuros que visem à ampliação desta proposta e o favorecimento das relações articuladoras, em especial a relação P_5.

Outros desafios mencionados pelos professores foram a dificuldade em rever suas práticas para "adequar-se ao novo" e a insegurança frente ao ensino de física moderna. Tais menções nos remetem a inerente dificuldade e desafios da concretização da relação E_6 no trabalho de inovação curricular. O "adequar-se ao novo" também está atrelado à cultura de desconfiança dos domínios escolares frente às ações desenvolvidas pela Universidade e, imposição de currículos não flexíveis pelos documentos oficiais, ou seja, como relatam os professores:

(Prof. J) [...] *há uma resistência dentro da escola, e ela tem haver com o pensar que a Universidade está fazendo coisas lá dentro e não está levando em conta a escola* [...] *A apostila do Estado quando chegou à escola foi uma recusa e ainda é uma recusa. [...] há uma resistência por parte da cultura escolar por qualquer coisa que venha da Universidade, por que se acha que o que se faz na Universidade não tem nada haver com o que se faz na escola, então* [...] *não há essa busca de diálogo e atualmente ela tem que partir da Universidade* [...] *acho que há certa insegurança* [...] *da sociedade de enxergar os conteúdos não como diferentes, mas como hierárquicos* [...] *não tem nada de conhecimento aqui na escola, e todo o conhecimento está na Universidade.* [...] *e este nosso projeto vem mudar um pouco esta ideia né, eu acho.*

****

(Prof. R) *Acho que a tradição* [...] *do professor dar aulas de física clássica, acho que* [essa superação] *é um dos grandes desafios. Passei por duas escolas e vi a rejeição dos professores com relação à apostila* [do Estado] *que aparece física moderna* [referindo-se as apostilas 3 e 4 do 3º ano do ensino médio].

Tais constatações nos remetem à importância de considerar as etapas dos ciclos de reflexão no trabalho de parceria e na aproximação do professor ao domínio acadêmico, visto que é ele que assume o papel de desmistificador das ações da Universidade frente ao contexto escolar. Sobre elaboração e aplicação das SEA, mesmo com o auxílio e parceria docente, alguns pontos fugiram ao previsto. As SEA foram elaboradas para serem aplicadas em um

bimestre letivo (3º bimestre de 2012), porém utilizamos um tempo aproximadamente 25% acima do previsto. Tal fato justifica-se por vários motivos:

1. Convocação da sede escolar para as eleições municipais de 2012;
2. Reunião de pais e mestres;
3. Gincanas e atividades culturais nas escolas;
4. Feriados nacionais, estaduais, municipais, com subsequentes recessos de aulas;
5. Preparação dos alunos, e realização de provas oficiais (SARESP);
6. Falta de datas para agendamento das visitas no Observatório Dietrich Schiel;
7. Dependência de previsões atmosféricas para a realização de algumas atividades;
8. Dificuldades em conseguir ônibus para os dias pretendidos de saídas ao Observatório;
9. Conflito de datas e de atividades com a agenda de outros professores;
10. Agendamento para uso da sala de informática para trabalho com *Applets*.

Tais motivos reforçam ainda mais a necessidade da efetiva participação dos professores para a viabilidade de projetos desta natureza. Evidenciam ainda as limitações impostas pela dinâmica escolar sobre quaisquer processos de inovação no domínio da escolarização formal, corroborando a literatura internacional no que se refere ao desenvolvimento de sequências didáticas com duração nunca maior que poucas semanas e construídas continuamente com dados de pesquisa, além da participação docente (LIJNSE 1994 e 1995, MEHEUT e PSILLOS 2004, MEHEUT 2005).

Apesar das SEA extrapolarem o tempo inicialmente previsto, elas foram desenvolvidas dentro do tempo didático previamente pensado, ou seja, o número de aulas (e dias letivos) desejável para a execução dos trabalhos foi respeitado. Os contratempos mencionados acima deixam transparecer a necessidade de as SEA serem (re)pensadas ao longo do processo de aplicação, o que está de acordo com os pressupostos teóricos de sua construção (MEHEUT e PSILLOS 2004) e reforçam a relevância dos ciclos de reflexão como metodologia de desenvolvimento das SEA.

Sistematizando as análises realizadas e a ocorrência de relações articuladoras nas atividades realizadas, a Tabela 13, estruturada em forma de ‘Situações de Aprendizagem’, traz uma representação sinóptica das atividades desenvolvidas durante as aplicações das SEA relacionando-as a abordagem construtivista integrada (MÉHEUT 2005) e respectivas relações articuladoras delineadas.

Tabela 13: Representação sinóptica das atividades das SEA e as relações articuladoras delineadas

Situação de Aprendizagem	**1 - O Sol e as atividades solares**		**Relações articuladoras**
	Atividades: • Pesquisar sobre o Sol e socializar em sala (discussão com a sala de aula). • Calcular o diâmetro solar e a distância Sol-Terra. • Simular as linhas de campo magnético utilizando limalha de ferro. • Visualizar e discutir sobre a projeção de manchas solares e outras estruturas do Sol durante a visita a Sala Solar (Observatório). • Análise crítica do filme "2012" (*Columbia Pictures*, 2009, EUA).		$P_1, P_2, P_3, P_4, E_1, E_3, E_4, E_5, E_6$
	Objetivos	**Recursos didáticos e Leituras**	
	• Apresentar o Sol e suas estruturas. • Entender a fusão nuclear e o Sol como fonte de energia. • Discutir e entender como, e porque, ocorrem as auroras, as tempestades geomagnéticas e o vento solar. • Abordar as radiações α, β, γ e neutrinos solares.	• Apresentação em *PowerPoint* e vídeos sobre o Sol e fusão nuclear. • Vídeos (*YouTube)* e reportagens sobre atividades solares extraídas de jornais e revistas. • Trabalho com textos de apoio sobre física solar e radiações α, β e γ. • Recurso áudio visual - Filme "2012".	
Situação de Aprendizagem	**2 - Espectro eletromagnético**		**Relações articuladoras**
	Atividades: • Atividade prática "Construção de um espectroscópio amador". • Visualizar o espectro de diferentes fontes de luz na escola (Ed. Formal).		$P_1, P_2, P_3, E_1, E_2, E_5, E_6$
	Objetivos	**Recursos didáticos e Leituras**	
	• Discutir as diferentes faixas do espectro eletromagnético. • Trabalhar o átomo de Bohr e as transições eletrônicas. • Entender as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia.	• Apresentação em *PowerPoint* • Trabalho com textos de apoio sobre espectro eletromagnético e átomo de Bohr. • Atividades práticas com materiais de baixo custo.	
Situação de Aprendizagem	**3 - A espectroscopia em um ambiente não formal de educação**		**Relações articuladoras**
	Atividades: • Identificação das linhas de absorção do espectro solar (Sala Solar) • Visualizar o espectro de diferentes tipos de lâmpadas (Ed. Não Formal).		$P_1, P_2, P_4, P_5, E_1, E_5, E_6$
	Objetivos	**Recursos didáticos e Leituras**	
	• Trabalhar os diferentes tipos de espectros de lâmpadas e espectro Solar. • Abordar a espectroscopia em um ambiente não formal de educação.	• Apresentação em *PowerPoint* • Encenação do texto "Como as lâmpadas funcionam?" e leitura do texto "Visita guiada ao Observatório Dietrich Schiel" Preparação e visita ao Observatório (Apêndice I).	
Situação de Aprendizagem	**4 - O Sol como corpo negro**		**Relações articuladoras**
	Atividades: • Atividade prática "Estimando temperatura da fotosfera solar". • Calcular a "Potência irradiada pelo Sol".		$P_1, P_2, P_3, E_1, E_2, E_5, E_6$
	Objetivos	**Recursos didáticos e Leituras**	
	• Discutir aspectos do surgimento da mecânica quântica e a ideia de quantização da energia. • Entender o conceito de radiação de corpo negro.	• Apresentação em *PowerPoint* • Trabalho com textos de apoio sobre radiação de corpo negro presentes em livros didáticos. • Atividade prática com materiais de baixo custo (Apêndice I).	
Situação de Aprendizagem	**5 – Sistematização**		**Relações articuladoras**
	Atividades: • Identificação de estrelas a partir de seus espectros e usando programas computacionais (*Applets)*. • Verificação das Leis de Kirchhoff e das transições eletrônicas no átomo de Bohr com o uso de *Applets* (Laboratório de informática).		$P_1, P_4, P_6, E_1, E_5, E_6$
	Objetivos	**Recursos didáticos e Leituras**	
	• Usar recurso de múltiplas mídias como forma de sistematizar o que foi trabalhado durante as aulas. • Propor uma avaliação final, como uma das etapas avaliativas do curso.	• Uso de programas de computadores "*Applets*" para retomada dos tópicos estudados. • Atividade de avaliação final por meio de testes.	

Como observado na Tabela 13, as atividades das SEA favoreceram, implementaram e/ou concretizaram, em maior ou menor intensidade, todas as relações articuladoras delineadas. Favoreceram no sentido em que as atividades desenvolvidas na Sala Solar propiciaram novos caminhos para a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material (E_1), articulações com os saberes dos alunos (E_5 e E_6) e, desenvolvimento de atividades experimentais (P_3). Implementaram novas estratégias didáticas no ensino de física moderna, por exemplo, com o uso de *Applets* no trabalho com os alunos (P_6) e abordagem teatral no ensino de física (P_3). E concretizaram relações articuladoras como E_1 e P_5 no momento em que o trabalho de parceria e complementariedade dos ambientes formal e não formal possibilitaram novos rumos ao ensino de física e inovação curricular, possibilitando trabalhos difíceis de serem realizados na escola, por exemplo, a observação do espectro solar de absorção (Sala Solar). Tomando por base a Tabela 13 apresentamos nos Gráficos 1 e 2 a frequência com que as relações articuladoras apareceram frente às "situações de aprendizagem" desenvolvidas nas SEA.

Gráfico 1: Frequência das relações articuladoras nas "Situações de Aprendizagem" – Dimensão pedagógica*.

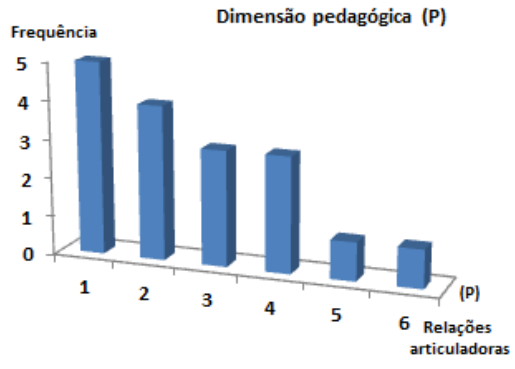
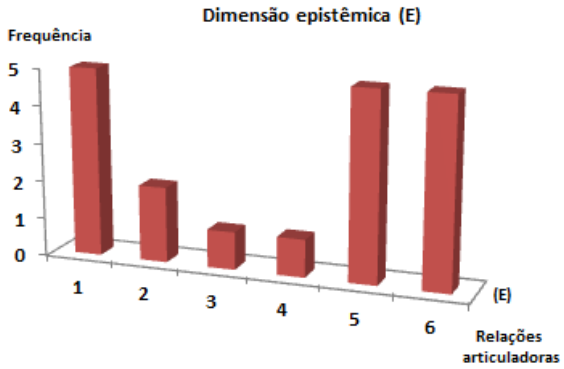


Gráfico 2: Frequência das relações articuladoras nas "Situações de Aprendizagem" – Dimensão epistêmica*.



* A frequência das relações articuladoras refere-se às "Situações de Aprendizagem" e não a uma atividade em particular. Uma situação de aprendizagem agrupa diversas atividades (*ver* Tabela 13).

Entendemos que muitos dos pressupostos para o ensino de ciências estejam contemplados nas relações articuladoras delineadas, por exemplo: participação ativa do aluno na construção do conhecimento (interação e argumentação), gênese e transformações ocorridas na construção do conhecimento científico, apreciação das preconcepções dos estudantes, articulação do saber científico e o mundo vivencial, articulação entre os espaços formais e não formais para a educação científica, uso de TIC no ensino de ciências.

O gráfico 1 evidencia que a relação articuladora P_1 foi a que apresentou maior frequência no desenvolvimento das situações de aprendizagem trabalhadas com os alunos. Entendemos que esta predominância esteja relacionada à postura docente frente às atividades desenvolvidas, ou seja, em todas as atividades (em sala de aula e no Observatório) o aluno foi encorajado a ter uma participação ativa e participativa na construção do conhecimento, por exemplo: na construção do espectroscópio amador e em seu uso durante a visita ao Observatório. A integração da escola com o ambiente não formal também revelou a intensificação das relações interpessoais entre aluno e professores, assim, ao interagirem com seus pares e/ou argumentarem com seus professores, os alunos assumiram o papel de agentes ativos de seu próprio conhecimento, o que é desejável pela educação em ciências.

Por outro lado, as relações P_5 e P_6 foram as que apresentaram as menores frequências frente às situações de aprendizagem trabalhadas. Este fato é plenamente justificado visto que, diferentemente da relação P_1, estas são relações de ações pontuais (porém não menos importantes) e que levam ao favorecimento de outras relações. A relação P_6, que remete ao uso de TIC no ensino de ciências, foi implementada no retorno a sala de aula com atividades desenvolvidas no laboratório de informática. O mesmo ocorre com a relação P_5 que foi concretizada na situação de aprendizagem: "Espectroscopia em um ambiente não formal de educação", ou seja, na visita ao Observatório. Sobre esta relação articuladora, é fato que o texto "Visita guiada ao Observatório Dietrich Schiel" (Apêndice I-B) teve um grande

contribuição na implementação de algumas atividades com os alunos durante a visita, evidenciando a importância da relação P_2.

Ainda na dimensão pedagógica, as relações P_3 e P_4 aparecem em três das cinco situações de aprendizagem explicitadas. A relação P_3 foi concretizada a partir de três atividades: cálculo do diâmetro solar e da distância Sol-Terra, construção e uso de um espectroscópio amador e, estimando a temperatura da fotosfera solar e potência irradiada pelo Sol. Já o uso de estratégias didáticas não tradicionais (relação articuladora P_4) foi um elemento motivador e facilitador em diferentes momentos das SEA, como: inserção de filmes no ensino de ciências, em uma análise crítica de trechos do filme "2012"; uso de dramatização teatral para o ensino de ciências, com a encenação pelos alunos do texto "Como as lâmpadas funcionam?; uso de TIC no ensino de ciências, a partir da sistematização dos conteúdos trabalhados e o uso de *Applets*.

Com relação ao gráfico 2, a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material (E_1), assim como a articulação do saber discente com o mundo material (E_5) e com o conhecimento científico (E_5) foram as relações articuladoras que apresentaram as maiores presenças dentre todas as delineadas. Várias atividades favoreceram tais articulações, como: abordagens da espectroscopia na Sala Solar, determinação da temperatura da fotosfera e, uso de *software*-aplicativo na sala de informática. A relação E_2 foi favorecida a partir da discussão de dois fatos históricos, são eles: a discussão sobre a radiação de corpo negro e ideias iniciais da física quântica no "final" do século XIX e, a discussão sobre a parceria entre Kirchhoff e Bunsen na identificação dos elementos químicos e construção de um espectroscópio.

Ainda sobre o segundo gráfico, apesar da verificação das trajetórias de aprendizagem dos alunos (E_3) e apreciação de suas preconcepções (E_4) serem muito importante para o ensino de ciências, notamos que estas relações articuladoras foram favorecidas apenas em

momentos pontuais no domínio escolar formal, um fato que necessita ser repensado para ações futuras. Entendemos que a relação E_4 possa ser favorecida em quaisquer atividades das SEA, ficando na dependência de ações diagnósticas realizadas pelo professor, as quais na presente pesquisa foram ínfimas.

É preciso lembrar que a presente pesquisa não focou a aprendizagem de conceitos, devido a recortes necessários para a realização do trabalho. Neste contexto, talvez, justifica-se a pequena ocorrência da relação articuladora E_3. No entanto, somos conscientes de que a aprendizagem de conceitos e as relações E_3 e E_4 são aspectos fundamentais no ato de ensinar. Entender melhor a adequação do tempo didático ao tempo real e as atividades no ambiente não formal são ações a serem novamente pensadas para as atividades desenvolvidas no Observatório em favorecimento das relações articuladoras aqui discutidas.

Antes de finalizar estas análises e discussão dos dados coletados, um tópico que merece destaque são os contextos de aprendizagem, propostos por Falk e Dierking (2000), como fatores que favoreceram a concretização das relações articuladoras no desenvolvimento das atividades com os alunos. O contexto pessoal, sintetizado no conjunto de expectativas e motivações próprias dos alunos e seus conhecimentos prévios foi um fator que influenciou decisivamente os trabalhos desenvolvidos no Observatório. Em diversos momentos os professores explicitaram a motivação dos alunos: "[...] *eu percebia as expectativas* [dos alunos] *antes de vir* [ao Observatório] *eles estavam loucos pra... vir, e ver o espectroscópio* [...] (Prof. J)". Também os alunos manifestaram a satisfação em continuar os estudos da sala de aula no Observatório: "[...] *quando a gente foi visitar a gente já tinha uma ideia do que a gente* [iria] *ver lá.* [...] *facilitou muito* ($A_2E_2S_2E$)".

Para Falk e Storksdieck (2005) uma expectativa de aprendizagem é sempre uma situação sociocultural, a qual desempenha um papel crítico em personalizar as experiências vivenciadas nos centros de ciências. O contexto sociocultural esteve presente nas atividades

desenvolvidas no Observatório na análise dos espectros de lâmpadas (quadro de lâmpadas), onde os alunos discutiam com seus pares a observação realizada; na Sala Solar com a visualização de estruturas solares, onde os alunos argumentavam com o professor sobre as estruturas visualizadas; e no passear pelo Observatório, dialogando e compartilhando ideias sobre as exposições.

As particularidades do espaço físico da Sala Solar foram decisivas no comportamento dos estudantes durante a visita ao Observatório e entendimento de alguns tópicos de física moderna: "[...] [na Sala Solar] *a gente, colocou em prática o que tinha aprendido*" ($A_2E_2S_2E$), "[...] *ver e analisar os espectros foi muito bom para entender melhor a formação, a Lei* [referindo as Leis de Kirchhoff e formação de espectros] *deles*" ($A_1E_2S_1E$). Muito do que é vivenciado durante a visita a um centro de ciências fica gravado na memória dos visitantes e constitui-se em uma forma de aprendizagem potencial futura (FALK e DIERKING 2000). Em nossa pesquisa, o desenvolvimento de atividades com os *Applets* mostrou que a visita ao Observatório e suas recordações favoreceu o pleno desenvolvimento das atividades pelos alunos, sendo este um fato percebido por professores e alunos: "[falando sobre os *Applets*] *todas as informações que a gente já tinha estudado..., que a gente já teve no* [no Observatório] *você lembra-se de tudo..."* ($A_1E_2S_2E$).

6.4 O antes e o depois da aplicação das SEA

Augusto e Caldeira (2007) colocam que entre as principais dificuldades enfrentadas pelos professores em sala de aula estão a indisciplina e as salas de aula superlotadas. A indisciplina e o baixo aproveitamento dos alunos seriam como duas faces de uma mesma moeda, geradores do fracasso escolar. Apesar de estas questões serem comuns nos domínios escolares, e também permearem nossas atividades, elas não foram as grandes dificuldades encontradas em nossa pesquisa.

Em nossa pesquisa, outros aspectos se mostraram fontes de dificuldades como a pouca familiaridade do professor em trabalhar conteúdos novos (referentes a física solar e física moderna), adaptar ao tempo de aula disponível, utilizar estratégias pedagógicas que contribuíssem para envolver os alunos no decorrer das atividades, apatia e pouca assiduidade de alguns alunos. Buscando discutir as dificuldades que os dois professores (Prof. R e Prof. J) esperavam encontrar na aplicação das SEA, e o que realmente se confirmou, iniciamos esta análise com suas percepções em relação à preparação docente. Os diálogos a seguir evidenciam a visão dos professores "antes" e "depois" da aplicação das SEA com os alunos.

ANTES	**(Pesq. P)** Com a preparação docente você se sente preparado para abordar os conteúdos de física moderna em sala de aula (SEA)?
	(Prof. R) *Eu penso que sim, eu me sinto preparado por que nós nos reunimos para* [...] *estudar os assuntos antes da elaboração da sequência* [SEA]. [...] *foi uma preparação bem importante. A gente se reuniu pra fazer material* [material/roteiros de apoio - Apêndice I], *que também faz parte da atividade né.* **(Prof. J)** *Agora sim eu me sinto preparado. Tanto de conteúdo como pedagogicamente* [...]. *Essa fase de preparação ampliou minhas possibilidades na medida em que eu revi conceitos, eu vi coisas que eu não tinha visto* [...] *eu aprendi física.* [...] *eu preso muito por essa questão dos alunos me verem como uma pessoa que sabe física e que quer ensinar física.*

DEPOIS	**(Pesq. P)** Na entrevista inicial você falou que se sentia preparado para aplicar a SEA. Como você interpreta a sua colocação?
	(Prof. R) [...] *eu <u>tive algumas dificuldades</u>, as vezes com o decorrer das aulas com umas perguntas específicas, de alguns alunos, e por ser uma coisa nova, <u>um conteúdo novo, você fica meio perdido, eu senti assim</u>.* [...] *eu acho que eu cometi alguns erros, mas eu acho que não foram tão graves, eu <u>me embaralhei um pouco na hora de falar</u> de* [...] *<u>física moderna mesmo.</u>* [...] *em uma nova aplicação, eu acho que vou sair melhor* [...]. **(Prof. J)** [...] *de repente eu não fui tão exigido* [...] *dentro do que os alunos apresentaram eu realmente achei que estava bem preparado, eu até fiquei com vontade de falar mais coisas, mas não tinha mais tempo* [...] *<u>o problema é o comprometimento do tempo</u>, então quanto mais livre você deixa a aula, mais problemas você vai ter com o tempo pra cumprir o conteúdo* [...] *essa é uma parte do preparo <u>que eu acredito que preciso ainda melhorar.</u>*

Ambos os professores mantiveram a afirmação de que se sentiam preparados para desenvolver os trabalhos com os alunos, porém dois fatos chamaram a atenção: a insegurança em inovar o currículo e a manutenção do tempo de aula disponível (grifos). Tais fatos são inerentes a qualquer processo de inovação e não influenciaram decisivamente o desenvolvimento dos trabalhos com os alunos. Analisada sob suas dimensões epistêmica e pedagógica, a discussão sobre a inovação curricular exige reflexões acerca do

aperfeiçoamento docente (vinculado ao trabalho com a física moderna), e também sobre o repensar das práticas em sala de aula (vinculadas ao tempo de aula disponível). Entendemos que a discussão conceitual de temas como física solar, espectroscopia e quantização de energia representaram eixos centrais no trabalho de transposição do conhecimento científico ao mundo material, estando estes ligados à dimensão epistêmica do conhecimento. Em contrapartida, a relação professor-aluno, encontrou fortes resistências na prática docente e manutenção do tempo de aula, comprometendo a dimensão pedagógica vinculada às atividades.

Almejamos também identificar quais as dificuldades que o professor esperava encontrar no decorrer das atividades com os alunos, então indagamos:

ANTES	**(Pesq. P)** A partir de sua experiência com os alunos do terceiro ensino médio, e como participante da elaboração da SEA, quais as maiores dificuldades que você espera encontrar?
	(Prof. R) [...] *a maior dificuldade acho que é a aceitação de uma maneia diferente de* [pausa] *aplicar as aulas, aceitação por parte dos alunos. Talvez ao estímulo pergunta-resposta dos alunos, é meio complicado a gente conseguir isso, eles estão muito mais querendo receber* [...] *e não participar né, por que isso já é uma cultura educacional e sempre existiu, então talvez seja essa dificuldade mesmo da participação mais ativa dos alunos.* [...] *Minha expectativa é que eles* [os alunos] *consigam aprender conteúdos de física moderna mesmo,* [...] *é uma dificuldade né.* **(Prof. J)** [...] *eu sei que os meus alunos não têm o hábito de leitura, então isso chega a ser um obstáculo pra eles* [...] *Eu sei que eles têm uma grande defasagem conceitual,* [...] *eu dou uma aula expositiva dialogada e sempre aparecem assim, coisas que eles já deveriam saber* [...] *e que não sabem, então isso é um obstáculo.*
DEPOIS	**(Pesq. P)** As dificuldades que você enfrentou na aplicação da SEA confirmam as dificuldades que você previa encontrar?
	(**Prof. R)** [...] *quanto ao conteúdo de física moderna, eu acho que não tive dificuldade* [com os alunos]. *É até algo motivante para eles, mais que a física tradicional que eles veem* [...] *eles aprenderam Física Moderna, pelo menos no geral* [...] *no nosso objetivo que é principalmente a parte de espectroscopia, eu acho que eles conseguiram ter uma boa noção* [...]. *Eu percebi que a gente perguntava e eles respondiam, mesmo alunos, como o* aluno $\mathbf{A_3E_2}$ *respondeu coisas corretas e mesmo na visita a gente via que eles conseguiam perceber logo o que era, se expressar. Agora a participação é uma dificuldade mesmo* [...] *No 3ºB poucos alunos que participavam, era uma sala apática [...] isso já é uma cultura educacional e sempre existiu.* [...] *porém alguns raros alunos que são mais brincalhões* [...] *participaram* [das atividades], *que é o caso do* aluno $\mathbf{A_3E_2}$, *que respondiam as coisas, do* aluno $\mathbf{A_4E_2}$ *no caso da montagem do espectroscópio. A aluna* $\boldsymbol{A_4E_2}$ *também se interessou bastante.* **(Prof. J)** *Apareceram as dificuldades que eu já imaginava, só que teve uma extra que é a questão da frequência dos alunos* [...] *uma das turmas era as duas primeiras aulas da segunda-feira e tinha muito aluno que só chegava na segunda aula* [...] *tem aluno que perdeu explicações importantíssimas de alguns tópicos e ai chegou bem no dia que era pra fazer exercícios, e ai acaba não dando conta.* [...] *outra dificuldade que já era prevista e que realmente se concretizou é a dificuldados dos alunos de interpretar e resolver de maneira autônoma* [...] *os problemas propostos* [...] *a dificuldade conceitual.*

Ao contrário do que se previa, a abordagem de física moderna não foi o grande obstáculo no trabalho com os alunos. Apesar dos professores afirmarem estarem inseguros, abordar tópicos de física moderna a partir da física solar foi uma estratégia bem sucedida no trabalho com os alunos, haja vista as colocações dos docentes após as atividades. Outro resultado que nos chama a atenção foi a pouca assiduidade de alguns alunos e a apatia de muitos frente os trabalhos do professor (Prof. R, grifos), além do uso indiscriminado de celulares em aula.

(Prof. J) [...] *o uso do celular por parte do aluno dentro de sala de aula que é proibido por Lei*, [...] *atrapalha completamente o meu trabalho.* [...] *se eu pegar nas primeiras aulas cada aluno que aparecer com o celular e for levar na direção, iguais orientações iniciais* [da direção], *simplesmente eu não vou dar aula, não vai ter aula, por que eles* [se refere aos alunos] *insistem e por <u>que eles sabem que não vai acontecer nada</u>* [...].

Para os professores o uso de celulares em aula deixa os alunos cada vez mais apáticos dificultando qualquer iniciativa de inovação curricular. Hoje com os celulares *Wi-Fi* os alunos se acostumaram a estar conectados o todo tempo. Talvez uma maneira de contornar este problema seja integrar o uso destas novas tecnologias as aulas, beneficiando a interação professor-aluno e ampliando a dimensão pedagógica do conhecimento.

Outra dificuldade apontada pelos professores foi a postura da escola frente às ações de pesquisa que pretendiam desenvolver nas escolas. O maior empecilho explicitado pelos professores foi referente ao fretamento de ônibus para a visita ao Observatório, uma questão burocrática que na maioria das vezes extrapola as competências do professor.

ANTES	**(Pesq. P)** Com relação a escola você acredita que terá alguma dificuldade? Irá encontrar alguma dificuldade ou a escola está aberta para o projeto (apesar de ter autorizado).
	(Prof. R) *Com relação à escola não* [espero encontrar dificuldades], *talvez uma ajuda para conseguir o ônibus para ir até o Observatório* [em São Carlos], [...] *eu acho que eles estão abertos a ajudar sim.* **(Prof. J)** *Bom a escola, normalmente não teria, mas atualmente a escola está passando por um momento em que ela está sendo visada por ter tido uma das piores notas, um dos piores desempenhos no SARESP das escolas da região* [...] *então recebem visitas constantes de representantes da diretoria regional de ensino, em função disso algumas coisas aqui acaba prevalecendo o aspecto burocrático* [...] *às vezes pra um projeto como esse, que não faz parte do dia-a-dia da escola você pode encontrar algum tipo de exigência* [...] *que claramente não tem nenhuma preocupação em como os alunos vão aproveitar isso, mas será que isso não vai atrapalhar o desempenho dos alunos no SARESP* [...].

DEPOIS	**(Pesq. P)** Em relação a escola quais dificuldades você encontrou?
	(Prof. R) [...] *em geral não teve. Acho que o ônibus foi o mais difícil* [...] *você sabe a dificuldade para conseguir um ônibus na escola, ainda mais no final do ano.* [...] *por que as vezes você fala, é um ônibus, qualquer um arruma um ônibus para visitar, mas não é assim, tem certas coisas que ocorrem e que as pessoas acabam não sabendo, é a dinâmica da escola.* **(Prof. J)** *Eu acredito que tive o apoio necessário* [...] *também o coordenador do ensino médio quis acompanhar a visita* [...] *ele elogiou bastante e comentou no ATPC sobre o projeto. Nas palavras dele, foi uma visita diferenciada, realmente com o intuito de aprender, onde até ele aprendeu física na visita* [...] *ele é professor de matemática.*

Um dos professores (Prof. R) adotou uma atitude muito positiva em relação à escola, assumindo-a como apoiadora do projeto. O outro professor (Prof. J) se mostrou muito apreensivo, visto que a escola estava com um desempenho muito aquém dos esperados nos exames oficiais e poderia restringir algumas das ações pretendidas pela parceria. No entanto, na realização das atividades, as escolas, por meio da coordenação pedagógica e direção, estiveram sempre muito ativas e participativas na pesquisa. Entendemos que esta constatação pode ser interpretada como um "contorno" e extensão da dimensão pedagógica, visto que ao auxiliar o trabalho do professor, mediar à visita ao Observatório e gerenciar as inter-relações dos alunos, a postura adotada pelas 'escolas' influenciou diretamente no eixo professor-aluno e estratégias de ensinagem.

Consideramos importante ressaltar ainda que o trabalho de parceria entre a educação formal e não formal alterou e modificou o cotidiano escolar, sendo um fato percebido por professores e alunos:

(Prof. J) [...] [este projeto] *teve repercusão não só nos outros terceiros anos como em outras séries, e com professores de outras áreas também, mas ai* [neste caso] *teve muita influência também dos dois coordenadores, por que, em pelo menos em três ATPC, eles comentaram do projeto e falaram que tinha sido fantástico. O coordenador veio* [se referindo a visita ao Observatório] *e tirou umas fotos e mostrou* [...] *numa das reuniões, o que os alunos tinham feito, ele ficou assim encantadíssimo* [...] *por que ele viu que aqui* [referindo-se ao Observatório] *não era só vir* [...] *e ver que legal, éééé, tinha interação, tinha explicações, tem uma conexão com o que foi falado em sala de aula.*

****

($A_1E_1S_2E$) [...] *a gente conversa com o pessoal de outras salas e muitas vezes eles perguntam: Ah..., o que é isso?*[referindo-se as atividades experimentais realizadas no pátio da escola]. *Um dia a gente tava lá fazendo experimento e* [...] *tinha uma menina, acho que é da quinta ou sexta série, ai ela ficou toda assim* [perguntando]*:* [...] *será que quando eu chegar* [no ensino médio] *vai ter isso?* [estas atividades]. *Eu falei: é legal, vale a pena esperar* [risos].

No caso dos professores, esta modificação foi sentida durante as reuniões de planejamento e horários de ATPC, onde os coordenadores usaram do projeto para motivar e incentivar outros professores a inovarem o currículo e repensarem sua prática docente. No caso dos alunos, a fala do aluno $A_1E_1S_2E$ deixa transparecer que a pesquisa influenciou a forma com que alunos de outras séries começaram a olhar para o ensino de física. Este é um fator muito positivo, visto que é comum os alunos chegarem ao ensino médio manifestando desinteresse pela física, mesmo sem ter tido contato com este ensino em anos anteriores. Enfim, um resultado que evidencia a aceitação da parceria entre a educação formal e não formal é o fato dos professores olharem para a pesquisa e projetarem novas ações para visitas em outros espaços de educação não formal, por exemplo, a fala do Prof J (grifos).

(Prof. R) [falando sobre a parceria] *Eu acho que é algo que acrescentou sem dúvida.* [...] *como a gente pode ver após* [terminada as SEA] *boa parte dos alunos conseguiu 'capitar' e aprender o que era o objetivo, principalmente a parte da espectroscopia que eles viram lá* [no Observatório] *e tudo mais* [...].
(Prof. J) [...] *eu vejo a parceria com ótimos olhos* [...] *eu quero que ela continue, inclusive eu já vou começar a ir em outros lugares* [...] *de modo diferente, por conta dessa experiência que eu já tive aqui, eu vou ver dentro das possibilidades o que o local oferecer* [...] *buscar esse gancho assim, do que eu estou fazendo aqui* [na escola] *para o que eu vou fazer lá, aproximar mais isso* [...] *uma coisa mais contínua. Para alguns casos eu entendo a parceria como complementar sim, mas para outros casos suplementar* [...].

Capítulo 7 - Considerações finais

Esta pesquisa buscou discutir a parceria entre a educação formal e a educação não formal, como contextos educacionais complementares, enfocando a inovação curricular a partir da discussão de tópicos de física solar como forma de discutir tópicos de física moderna e novas abordagens na prática docente. Trabalhando em parceria com professores de física de escolas públicas do Estado de São Paulo, elaboramos, aplicamos, validamos e analisamos Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA) que possibilitassem promover inovações curriculares no ensino médio. A inovação curricular que propusemos expressa não apenas o desejo de uma nova abordagem de conteúdos relativos à física moderna, mas também uma inovação metodológica na prática docente frente o trabalho com os alunos e a aproximação entre os ambientes de educação formal e não formal.

Não tivemos a pretensão de produzir regras simplistas para serem seguidas pelos professores e pelos centros de ciências, pelo contrário, buscamos empreender uma pesquisa que permitisse inovar o currículo de física respeitando a proposta curricular vigente e, ao mesmo tempo, considerasse os saberes docentes neste processo, sua efetiva participação na pesquisa e parceria. Entendemos que não há uma receita para a inovação curricular no ensino médio, no entanto acreditamos que trouxemos muitos dos ingredientes necessários para que esta inserção ocorresse de forma satisfatória.

A partir das análises realizadas, concluímos que o preparo docente é um quesito fundamental quando se pensa no trabalho de parceria escola-centro de ciências. Ficou evidente no decorrer da presente pesquisa que os professores ao estarem familiarizados com as atividades do centro de ciências sentem-se mais seguros e motivados para o trabalho com os alunos. Uma postura que extrapolar o caráter motivacional e de ludicidade e efetivamente torna as atividades desenvolvidas no espaço não formal partes das ações desenvolvidas em sala de aula.

Certamente na ausência das ações preparatórias muito dos assuntos abordados com os alunos perderiam em aprofundamento e riqueza de detalhes. Este fato confirma pesquisas da área que entendem a pré-visita (e o preparo docente) como um estágio fundamental para o sucesso (ou não) de uma visita a um centro de ciências com vistas à aprendizagem dos alunos (ALLARD et al. 1994, ALLARD 1999, GRIFFIN 2004, COLOMBO JR 2010). Discutir com os alunos o objetivo da instituição e as atividades a serem desenvolvidas, reduz em muito as distrações no decorrer da visita, levando os alunos a concentrarem-se nos objetivos previamente estabelecidos. O preparo para a visita é fundamental, pois justificar aos olhos do aluno a necessidade da visita na continuidade (ou introdução) dos tópicos estudados em sala de aula. Negligenciar esta etapa pode comprometer a visita, uma vez que os alunos, ao não terem claro o objetivo da saída a campo, podem ficar à mercê das orientações locais, as quais na maioria das vezes não tem ressonância com as ideias dos professores. Em nossa pesquisa os professores foram enfáticos quanto a esta preocupação.

(Prof. R) [...] *deve existir um planejamento no uso do centro de ciência para que o aluno perceba como uma continuidade do ensino formal. O objetivo deve estar claro para os alunos antes do uso do centro de ciências e, de alguma forma o aluno deverá ser avaliado posteriormente.*

****

(Prof. J) [...] *Se os levo os alunos após ter apresentado formalmente os conteúdos acaba sendo algo que venha a reforçar o que foi aprendido, aprofundar alguns aspectos e talvez, melhor esclarecer aqueles pontos em que dúvidas persistiram. Caso eu opte por levar os alunos antes da apresentação formal, teria um caráter motivador. Em qualquer dos casos, caberia ao professor preparar os alunos para um momento ou outro.*

Acreditamos que as ações desenvolvidas e guiadas pelos ciclos de reflexão propiciaram aos professores elementos didáticos e pedagógicos que auxiliaram o desenvolvimento das atividades planejadas, tanto em sala de aula quanto no centro de ciências. A adoção de ciclos de reflexão como metodologia de desenvolvimento das SEA operacionalizou todas as etapas da pesquisa, sendo esta uma contribuição para futuras pesquisas sobre parceria educação formal e não formal. As contínuas discussões e reformulações das SEA realizadas durante a

"Aula de Trabalho Pedagógico Coletivo" (ATPC) nas escolas sedes dos professores possibilitaram não apenas rever conceitos, mas também as práticas docentes. Cremos que esta ação causou um ganho considerável para o pleno desenvolvimento das ações com os alunos e para a inovação curricular em física, visto que, por um lado o professor não precisou despender tempo extra em sua exaustiva jornada de trabalho e, por outro lado, as discussões e ajustes necessários eram realizadas em meio à aplicação das SEA com os alunos.

Sobre as SEA trabalhadas com os alunos, concluímos que estas podem ser consideradas satisfatórias e de convívio harmonioso dentro da proposta curricular do Estado de São Paulo, além de viável à parceria escola-centro de ciências. Consideramos ser possível a promoção de inovação curricular no ensino médio com a inserção de física moderna a partir da física solar e observância as pressupostos da transposição didática e regras da transposição didática em sua validação. Diversos motivos nos levam a esta conclusão, dentre eles:

- As SEA possibilitaram aos alunos não apenas ver a ciência dentro do centro de ciências, mas ver a ciência na vida cotidiana seja por meio dos trabalhos de espectroscopia ou as abordagens sobre a física solar. Destaca-se a participação ativa dos alunos na construção de seu próprio conhecimento, tanto nas ações de sala de aula quanto na visita e atividades no Observatório.
- A validação das SEA frente às regras da transposição didática (RTD) evidencia que elas propiciaram a *Modernização do saber escolar*, visto os trabalhos de inserção de física moderna a partir da física solar e a própria física solar com os alunos; contribuíram para a *Atualização do saber escolar* na medida em que possibilitaram ao professor trabalhar aspectos da física quântica, radiação de corpo negro e ampliar o trabalho com o átomo de Bohr em sala de aula, *Articulando o saber novo com o antigo*. Permitiram também a *Transformação dos saberes em exercícios e problemas*, seja por meio de experimentos, exercícios de fixação ou *Applets*, *Tornando os conceitos mais compreensíveis* para os

alunos. Por outro lado, a observância das SEA às nuances da transposição didática e sobrevivência dos saberes, proposta por Chevallard, reflete as vertentes deste processo transpositivo. Os saberes trabalhados com os alunos foram *consensuais*, tanto do ponto de vista científico quanto do ponto de vista da parceria professor-pesquisador, este último relacionado à autonomia do professor na escolha dos tópicos a serem trabalhados. Em diversos momentos, os saberes trabalhados propiciaram a *atualização* e *operacionalização* dos conteúdos, vide os trabalhos com o espectroscópio (sala de aula) e na Sala Solar (Observatório), atendendo a *criatividade didática*, e tornando o saber *terapêutico* no sentido '*chevallardiano'* da sobrevivência dos saberes ao crivo escolar.

- A elaboração das SEA em parceria com professores, bem como a eficaz continuidade dos trabalhos de sala de aula e no Observatório, foram essenciais para o sucesso dos trabalhos. Atividades difíceis de serem realizadas em sala de aula adquiriram forma a partir das visitas didáticas, por exemplo: visualizar o espectro solar de absorção, e o acompanhamento-discussão da projeção solar e manchas solares. Destaca-se neste momento a importância dos contextos de aprendizagem na condução da visita ao Observatório. O contexto físico, representado particularmente pela Sala Solar, foi o grande motivador das ações desenvolvidas na visita. O contexto pessoal, fruto da bagagem pessoal e das interpretações cotidianas dos alunos, serviu de guia para suas interpretações sobre as atividades realizadas. O contexto sociocultural, associando o desejo em aprender às interações propiciadas na visita ao Observatório, completa os contextos de aprendizagem e traduz a importância da construção coletiva do conhecimento.

A partir de nossas análises vimos que muitos dos entraves que o professor enfrentava nas salas de aulas no que tange ao ensino de física moderna estavam relacionados ao não domínio de conteúdos. Cremos que a presente pesquisa, com uma abordagem pautada na

física solar e parceria constante entre os professores e os pesquisadores, surge como um auxílio e instrumento para o professor no enfrentamento dos obstáculos didático-pedagógicos ligados ao ensino de física moderna.

Na análise e discussão dos dados coletados adotamos os pressupostos teóricos do losango didático, na qual suas dimensões epistêmica e pedagógica são abordadas conjuntamente numa perspectiva denominada construtivista integrada. Para esta discussão, delineamos algumas relações articuladoras as quais consideraram aspectos da construção do conhecimento científico e também características cognitivas dos alunos, a significância do conhecimento e aspectos motivacionais e interacionistas. Concluímos com as análises que as atividades das SEA favoreceram, em menor ou maior proporção, todas as relações articuladoras delineadas, com destaque para as interações ocorridas entre professor-aluno, pesquisador-professor, aluno e seus pares, na dimensão pedagógica e, para a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material na dimensão epistêmica. Entendemos que as relações articuladoras ao operacionalizarem os vértices do losango didático e englobarem muitos dos pressupostos do ensino de ciências representam uma contribuição importante para a área de ensino de ciências.

Sobre a inovação curricular, ficou evidente que esta se concretizou no domínio escolar de várias formas e a partir de diferentes atividades como: visita ao Observatório e continuidade de atividades de sala de aula; efetivação do trabalho com tópicos de física moderna na prática do professor, como espectroscopia e corpo negro; uso de TIC (*Applets*) na sistematização dos assuntos trabalhados com os alunos. O Observatório Dietrich Schiel também recebeu proveitos de inovação, como instrumentalização da Sala Solar e novas formas de abordar suas atividades, novos horizontes para o acolhimento e trabalho com grupos escolares em suas dependências, integração efetiva de algumas de suas atividades com os trabalhos desenvolvidos no ambiente formal de educação. Destaca-se ainda a participação

ativa dos alunos na construção de seu próprio conhecimento, tanto nas ações de sala de aula quanto nas atividades no Observatório.

Com esta pesquisa esperamos ter contribuído, mesmo que de forma pontual, para 'o pensar' a parceria escola-centro de ciências. É certo que há muito a ser feito, porém a título de orientações cremos que algumas ações devem ser urgentemente pensadas para a consolidação da parceria entre a educação formal e a educação não formal, dentre elas:

(1) Expandir as pesquisas desta natureza, de modo a discutir e interpretar o "Como" as ações desenvolvidas no contexto de educação não formal afeta o ambiente escolar e vice versa.

(2) Promover um contínuo desenvolvimento profissional para aqueles que trabalham diretamente com o público escolar em visitas aos espaços de educação não formal, mostrando-lhes a realidade e necessidades atuais das escolas que os visitam.

(3) Incluir nos programas de formação docente o estudo e discussão da educação não formal como parceira da educação formal, de modo que os futuros docentes percebam estes espaços como parceiros na educação científica do cidadão.

(4) Buscar em ambas as instituições valorizar, em todos os aspectos (pessoal, instrucional e institucional), a colaboração entre os ambientes formal e não formal.

Ao final das aplicações das SEA, um professor refletindo sobre sua prática expressou o desejo e crença em uma educação inovadora. Uma postura que nos levou a refletir ainda mais sobre a importância de um olhar atento às salas de aulas, os atores das escolas, o fortalecimento da parceria escola-centro de ciências, e a continuidade desta pesquisa.

(Prof. R) [...] *valeu muito a pena participar* [...] *no dia a dia, você acaba às vezes se desmotivando, mas tendo essa experiência eu espero não me desmotivar, e procurar com mais frequência esse tipo de atividade, parceria, eu acho que uma das coisas mais importantes foi o resultado com os alunos*. *O professor trabalha por eles, então eu ter ido lá* [no Observatório] *aos sábados sem bolsa* [...] *tudo isso foi unicamente, praticamente pelos alunos, em querer apresentar algo novo pra eles, uma nova dinâmica, se preparar melhor pra eles, então é por*

eles né, que eu basicamente fiz isso [...] *eu sou feliz na profissão, poderia ser melhor, mas eu sou feliz* [...] *Mesmo com as dificuldades*.

Enfim, no final do ano letivo de 2012 uma versão final de SEA foi elaborada pelos professores e pesquisadores participantes da pesquisa (Apêndice II). Esta versão é única e reflete a experiência de ambas as aplicações em suas escolas e no Observatório. É importante ressaltar que o trabalho com a SEA e a parceria com o ambiente de educação não formal passaram a fazer parte do planejamento anual (anos letivos de 2013 e 2014) dos professores participantes desta pesquisa. O desejo em reaplicar as SEA partiu dos professores, os quais manifestaram estarem seguros e motivados para a continuidade dos trabalhos com as SEA e com a parceria com a educação não formal. Mencionaram ainda que em uma nova aplicação teriam a possibilidade de rever e melhorar algumas das abordagens realizadas na fase de pesquisa. Deste modo, este trabalho de pesquisa e a parceria entre o Observatório e as escolas, não se encerram com este texto de doutoramento. No final de 2013 acompanhamos uma nova aplicação da SEA, estando os dados em fase em fase de análise. Esperamos em trabalhos futuros apresentar, na forma de artigos científicos, os resultados e direcionamentos desta nova aplicação.

Referências

ALDEROQUI, S. S. Museo y escuela: una sociedad posible (entre prólogo y artículo). *In*: ALDEROQUI, S. S. et al. (orgs.). **Museos y escuelas: socios para educar**. Buenos Aires: Paidós, pp. 29-43, 2006

ALLARD, M. Le partenariat ecole-musee: quelques pistes de réflexion. **ASTER: Recherches en didactique des sciences expérimentales**, n. 29, p. 27-40, 1999.

ALLARD, M. e BOUCHER, S. **Le musée et l'école**. (Cahiers du Québec, 98), Québec: Hurtubise HMH, 1991, 140p.

_____. Éduquer au musée : un módele théorique de pédagogie muséale. (Cahiers du Québec; CQ119. Collection Psychopédagogie), Québec: Hurtubise HMH, 1998, 207p.

ALLARD, M.; BOUCHER, S. e FOREST, L. The Museum and the School. **McGill Journal of Education**, v. 29, n. 2, pp. 1-17, 1994.

ALLARD, M. ; BOUCHER, S. ; FOREST, L. e VADEBONCOEUR, G. Effets d'un programme éducatif muséal comprenant des activités de prolongement en classe. **Revue canadienne de l'education**, v. 20, n. 2, p. 166-180, 1995.

ALLARD, M. e LEFEBVRE, B. **Le musée, un lieu éducatif**. Montréal: Musée d'Art Contemporain de Montréal, 1997, 417p.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. e GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa,** São Paulo: Pioneira, 1998, 203 p.

ANASTASIOU, L. G. C e PESSATE, L. A. **Processos de ensinagem na universidade**. Joinville: Editora Univille, 2007.

ANDERSON, D.; LUCAS, K. B.; GINNS, I. S. e DIERKING, L. D. Development of Knowledge about Electricity and Magnetism during a Visit to a Science Museum and Related Post-Visit Activities, **Science Education** - Science learning in everyday life, v. 84, n. 5, September, pp. 658–679, 2000.

AROCA, S. C., SILVA, C. C. e DIETRICH, S. Fun and interdisciplinary daytime astrophysical activities. **Physics Education**, v.43, n.6, pp. 613-169, 2008.

AROCA, S. C., **Ensino de física solar em um espaço não formal de educação**, Tese de Doutorado, Instituto de Física de São Carlos, USP, São Carlos, 2009.

ARTIGUE, M. Ingéniérie didactique. **Recherches em didactique des mathématiques**, v.9, p. 281-308, 1988.

ARRUDA, S. J. e CAETANO, M. R. Inovação curricular na escola pública: a teoria e a prática de Projeto Salas-ambiente. **Universo Acadêmico**, Taquara, v. 5, n. 1, jan./dez. 2012.

ASTOLFI, J. P.; DAROT, É.; VOGEL,Y. G. e TOUSSAINT, J. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Pratiques Pédagogiques: De Boeck & Larcier S.A, Bruxelas, Bélgica, 1997a.

_____. **As palavras-chave da didática das ciências: referências, definições, bibliografias.** Tradução de Maria Ludovina Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1997b, 208 p. (Horizontes Pedagógicos, 93).

AUGUSTO, T. G. S. e CALDEIRA, A. M. Dificuldades para a implantação de Práticas Interdisciplinares em Escolas Estaduais, apontadas por Professores da Área de Ciências da Natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.12, n.1, pp.139-154, 2007.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Situações de ensino – aprendizagem. Análise de uma sequência didática de física a partir da Teoria das Situações de Brousseau**. Dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2008.

BAROJAS, J. **Cooperative networks in physics education**. New York: American, 1998.

BEVAN, B.; DILLON, J.; HEIN, G. E.; MACDONALD, M.; MICHALCHIK, V.; MILLER, D.; ROOT, D.; RUDDER, L.; XANTHOUDAKI, M. e YOON, S. **Making Science Matter: Collaborations Between Informal Science Education Organizations and Schools. A CAISE Inquiry Group Report.** Washington, D.C.: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE), 2010. Disponível em: <http://caise.insci.org/uploads/docs/MakingScienceMatter.pdf>. Acesso em 23 de setembro de 2013.

BHATIA, A**. Museum and school partnership for learning on field trips**. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 2009. Disponível em: <http://digitool.library.colostate.edu///exlibris/dtl/d3_1/apache_media/L2V4bGlicmlzL2R0bC9kM18xL2FwYWNoZV9tZWRpYS8zODc4OA==.pdf >. Acesso em 20 de julho de 2013.

BIANCONI, M. e CARUSO, F. Educação não-formal. **Ciência e Cultura**. V. 57, n.4, p.20, 2005.

BOGDAN, R. C. e BIKLEN S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução a teoria e aos métodos.** Porto: Porto, 1994, 335 p.

BORGES, M. D. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma experiência didática com a Teoria da Relatividade Restrita**. Dissertação de mestrado, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BRASIL, **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.

BRAUND, M. e REISS, M. Towards a More Authentic Science Curriculum: The contribution of out-of-school learning. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 12, pp. 1373-1388, 2006.

BROCKINGTON, G. A e PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências.** v. 10, n. 3, pp. 387-404, 2005.

BROCKINGTON, G. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio**, Dissertação, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2005.

BROWN, S. e MCLNTYRE, D. Factors influencing teachers' responses to curricular innovations. **Research Intelligence**, V. 4, n.1, pp. 19- 23, 1978.

BUTY, C.; TIBERGHIEN, A. e LE MARECHAL, J. Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching–learning sequences. **International Journal of Science Education,** Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 579-604, 2004.

CAILLOT, M. La théorie de la transposition didactique est-elle transposable? *In:* RAISKY, C., CAILLOT, M. **Au-delá des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts fédérateurs**. Paris/Bruxelles: De Boeck & Larcier, p. 19-35, 1996.

CANIATO, R. **O céu**. São Paulo: Editora Ática, 1990.

CAPPECHI, M. C. M. **Argumentação numa aula de física**. *In*: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação. 1ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, pp. 59-76.

CARDOSO, A. P. O. **A Receptividade à Mudança e à Inovação Pedagógica: o professor e o contexto 10 escolar**. Porto. Edições Asa. 2003

CAZELLI, S., VALENTE, M. E.; GOUVÊA, G.; MARANDINO, M. e FRANCO, C. A relação museu-escola: avanços e desafios na (re)construção do conceito de museu. In: **Atas da 21ª Reunião Anual da ANPED,** Caxambu, Minas Gerais, 1998.

CHEVALLARD, Y. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. 1ª ed. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

_____. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999.

COLOMBO JR, P. D.; AROCA, S. e SILVA, C. Educação em centros de ciências: as visitas escolares ao Observatório Astronômico do CDCC/USP. **Investigações em ensino de ciências,** v. 14, n.1, pp. 25-36, 2009.

COLOMBO JR, P. D. **A percepção da gravidade em um espaço fisicamente modificado: uma análise à luz de Gaston Bachelard.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

COX-PETERSEN, A. M.; MARSH, D. D.; KISIEL, J. e MELBER, L. M. Investigation of guided school tours, student learning and science reform recommendations at a Museum of Natural History, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 2, pp. 200-218, 2003.

CUNHA, A. M. O. A mudança epistemológica do professor de ciências biológicas. **Educação e Filosofia**, v. 17, n. 33, pp. 93-110, 2003.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R. e CARDOSO, L. Novas abordagens do conteúdo de física moderna no ensino médio público do Brasil. IX ANPED, **Seminário de pesquisa em educação da região sul**, 2012. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/653/534>. Acesso em: 04 de novembro de 2013.

DEWITT, J. e OSBORNE J. Supporting Teachers on Science focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 6, pp. 685–710, 2007.

DUJOVNE, M. Algunas notas de lectura. *In*: ALDEROQUI, S. S. et al. (orgs.). **Museos y escuelas: socios para educar**. Buenos Aires: Paidós, pp. 23-28, 2006.

FALK, J. **Free-choice science education: how we learn science outside of school,** New York: Teachers College Press, 2001.

FALK, J. e DIERKING, L. **The museum experience,** Washington: Whalesback Books, 1992, 206 p.

_____. **Learning from Museums. Visitor Experiences and the Making of Meaning,** Lanham: Altamira Press, 2000, 288 p.

_____. The 95 Percent Solution - School is not where most Americans learn most of their Science, **American Scientist: the magazine of Sigma Xi**, The Scientific Research Society, v. 98, pp. 485-493, 2010.

FALK, J. e STORKSDIECK, M. Using the Contextual Model of Learning to Understand Visitor Learning from a Science Center Exhibition. **Science Education -** Science learning in everyday life, v. 89, n. 5, pp. 744-778, 2005.

FAZIO, C. **Educational reconstruction of the physics content to be taught and pedagogical content knowledge implementation by using information and communication technologies**. Dissertation, Faculty of Informatics, Mathematics and Physics, Comenius University Bratislava, Slovakia, 2006. Disponível em: <http://math.unipa.it/~grim/dott_HD_MphCh/Thesis_CFazio_didphisics_06.pdf>. Acesso em: 03 agosto 2011.

FAZIO, C.; GUASTELLA, I.; SPERANDEO-MINEO, R. M. e TARANTINO, G. Modelling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching–learning sequence. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 11, pp. 1491-1530, 2008.

FENSHAM, P. School science and public understanding of science, **International Journal of Science Education,** v.21, n.7, pp. 755–763, 1999.

FERRETTI, C. J. A inovação na perspectiva pedagógica. In: GARCIA W. E. (Org.). **Inovação Educacional no Brasil: Problemas e perspectivas.** São Paulo: Cortez, 3ª ed., 1995.

FREIRE JR, O., CARVALHO NETO, R. A. de, ROCHA, J. F. M., VASCONCELOS, M., J. L., SOCORRO, M. e ANJOS, E. L. Introducing Quantum Physics in Secondary School, **Proceedings of Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference**, Minneapolis, v.1 pp. 412-419, 1995.

FULLAN, M. **Los nuevos significados del cambio en la educación**. Barcelona. Colección: Repensar la educación. Octaedro. 2002

FULLAN, M. e HARGREAVES, A. **Teacher development and educational change**. London: Falmer, 1992.

GIL, A. **Métodos e técnicas de Pesquisa Social**, São Paulo: Atlas, 1999, 206 p.

GRIFFIN, J. Research on students and museums: looking more closely at students in school groups, **Science Education 88 (Sup. 1):** S59-S70, 2004.

_____. Learning science through practical experiences in museums, International **Journal of Science Education**, v. 20, n.6, pp. 655-663, 2008.

GRIFFIN, J. e SYMINGTON, D. Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums**, Science Education**, v.81, n.6, pp.763-779, 1997.

GUISASOLA J. e MORENTIN M. ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones**. Enseñanza De Las Ciencias**, v. 25, n.3, pp. 401–414, 2007.

HERNÁNDEZ, F., CARBONELL, J. SIMO, N., SANCHEZ-CORTES, E., SANCHO, J. M. **Aprendendo com as inovações nas escolas**. Porto Alegre: ARTMED, 2000, 308p.

HOFSTEIN, A. e ROSENFELD, S. Bridging the gap between formal and informal Science learning. **Studies in Science Education**, v. 28, n. 1, pp. 87-112, 1996.

HÖNEL, J. Setor de Astronomia, 2004. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/cda/historico/index.html>. Acesso em: 06 Set. 2011.

HÖTTECKE, D. e SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science & Education** (Dordrecht), v. 20, pp. 293-316, 2011.

JACOBUCCI, D. F. C. **A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil.** Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

JACOBUCCI, D. F. C.; JACOBUCCI, G. B. e MEGID NETO, J. Experiências de formação de professores em centros e museus de ciências no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,** v.8, n. 1, pp. 118-136, 2009.

JENKINS, E. W. School science, citizenship and the public understanding of science, **International Journal of Science Education**, v.21, n.7, pp. 703-710, 1999.

JULIÃO, G. **O show de física - Diálogos Científicos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Modalidade Física). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

KABAPINAR, F.; LEACH, J. e SCOTT, P. The design and evaluation of a teaching–learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. **International Journal of Science Education**, Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 635-652, 2004.

KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIEBER, H., KOMOREK, M. A model of Educational Reconstruction. Paper presented: **National Association for Research in Science Teaching** (NARST) - annual meeting, São Francisco, 1995. Disponível em: <http://www.narst.org/annualconference/>. Acesso em: 13 de Junho 2014.

KISIEL, J. Teachers, Museums and Worksheets: A Closer Look at a Learning Experience. **Journal of Science Teacher Education**, v. 14, n. 1, pp. 3-21, 2003.

_____. Understanding elementary teacher motivations for science field trips. **Science Education**, v. 89, n. 6, pp. 936-955, 2005.

KOMOREK, M. e DUIT, R. The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. **International Journal of Science Education**, Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 619-633, 2004.

KÖPTKE, L. S. A Analisando a dinâmica da relação museu-educação formal. *In*: **Cadernos do museu da vida: o formal e o não formal na dimensão educativa do museu**. Rio de Janeiro: Museu da Vida/ Museu de Astronomia e Ciências Afins, pp.16-24, 2002a.

_____. A parceria educativa: o exemplo francês. *In*: **Cadernos do museu da vida: o formal e o não formal na dimensão educativa do museu**. Rio de Janeiro: Museu da Vida/ Museu de Astronomia e Ciências Afins, pp.70-79, 2002b.

_____. A análise da parceria museu-escola como experiência social e espaço de afirmação do sujeito**.** *In*: GOUVÊA, G.; MARANDINO, M.; LEAL, M. C. (orgs.). **Educação e Museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciências**. Rio de Janeiro: Access, pp.107-128, 2003.

LIJNSE, P. L. La recherche-développement: une voie vers une "structure didactique" de la physique empiriquement fondée. **Didaskalia**, v. 3, pp. 93-108, 1994.

_____. "Developmental Research" As a Way to an Empirically Based "Didactical Structure" of Science. **Science Education**, v. 79, n. 2, pp. 189-199, 1995.

LIJNSE, P. e KLAASSEN, K. Didactical structures as an outcome of research on teaching–learning sequences? **International Journal of Science Education**, Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 537-554, 2004.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas,** São Paulo: EPU, 1986, 99 p.

MARANDINO, M. **Educação em museus: a mediação em foco**, São Paulo: GREENF /FEUSP, 2008, 36 p.

MARANDINO, M.; SILVEIRA, R. V. M.; CHELINI, M. J.; FERNANDES, A. B.; RACHID, V.; MARTINS, L. C.; LOURENÇO, M. F.; FERNANDES, J. A. e FLORENTINO, H. A. **A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz?** *In:* IV Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2003.

MARTINHO, T. e POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais - um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n.2, pp. 527-538, 2009.

MARTINS, L. C. **A relação museu/escola: teoria e prática educacionais nas visitas escolares ao Museu de Zoologia da USP**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2006.

MEHEUT, M. Designing and validating two teaching–learning sequences about particle models. **International Journal of Science Education,** Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 605-618, 2004.

_____. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. *In:* BORESMA, K; GOEDHART, M; JONG, O; EIJKELHOF, H (Eds.). **Research and Quality of Science Education**. Netherlands: Springer, pp. 195-207, 2005.

MEHEUT, M. e PSILLOS, D. Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education,** Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 515-535, 2004.

MINTZ, A. **Ciência, Sociedade e Centros de Ciências**. 4º Congresso Mundial de Centros de ciências, sediado no museu da vida. Rio de janeiro. Disponível em: <http://www.museudavida.fiocruz.br/4scwc/Texto%20Provocativo%20-%20Ann%20Mintz.pdf>. Acesso em 07 de Junho de 2014.

MONTEIRO. M. A.; NARDI, R. e FILHO, J. B. B. **Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos**. *In:* NARDI, R. (org.) Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores. São Paulo: Editora UNESP, São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 258 p.

NASCIMENTO, S. S. e VENTURA, P. C. S. Mutações na construção dos museus de ciências, **Pró-posições**, v.12, n.1, pp. 126-138, 2001.

NUNES, C. M. F. Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. Campinas: **Educação & Sociedade**, v. 22, n. 74, pp. 27-42, 2001.

OLIVEIRA, F. F; VIANNA, D. M. e GERBASSI, R. S., Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, pp. 447-454, 2007.

OLIVEIRA A. D. **Biodiversidade e museus de ciências: um estudo sobre transposição museográfica nos dioramas**, Dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2010.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M. e CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre

Supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n.3, pp. 270-288, 1998.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Revista de Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, pp. 391-404, 2000a.

_____. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, pp. 23-48, 2000b.

_____. Atualização do Currículo de Física na Escola de Nível Médio: Um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n.12, p.135-151, 2001.

OSTERMANN, F. e RICCI, T. F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.2, p. 176-190, 2002.

PEREIRA, E. M. A. Inovações Curriculares. **IV Seminário Inovações em Atividades Curriculares**, Universidade de Campinas, 2013. Disponível em: <http://www.fe.unicamp.br/inovacoes/inov-curric.html>. Acesso em: 08 de Junho de 2014.

PEREIRA, A. e OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, pp. 393-420, 2009.

PEREIRA, D. R. O. e AGUIAR, O. Ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. **Revista Ponto de Vista**, v. 3, pp. 65-81, 2006.

PETIIJEAN, A . La transposition didactique em français. **Pratiques**, n. 97-98, Metz, 1998.

PIETROCOLA, M**. Inovação Curricular e Gerenciamento de Riscos Didático-Pedagógicos: o ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na escola média**. Universidade de São Paulo, Outubro de 2011, (Texto erudição, IFUSP). Disponível em: <http://web.if.usp.br/cpgi/sites/default/files/Seminario_Pietrocola.pdf>. Acesso em: 04 de setembro de 2012.

_____. **Inovação curricular em física: transposição didática e a sobrevivência dos saberes**. Mesa redonda, XI EPEF, 2008, Curitiba, PR. Disponível em: <http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/congressos/Pietrocola_mesaEpef_2008.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2012.

PILO, M.; MANTERO, A. e MARASCO, A. Science Centres: A Resource for School and Community. **US-China Education Review**, v. 8, n. 1, pp. 80-88, 2011.

PINHO-ALVES, J. F. **Atividades Experimentais: Do método à Prática Construtivista.** Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

PINTO, A. C. e ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, pp.7-34, 1999.

PSILLOS, D.; TSELFES, V. e KARIOTOGLOU, P. An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids. **International Journal of Science Education,** Special Issue, v. 26, n. 5, pp. 555-578, 2004.

RIBEIRO, L. **A avaliação da aprendizagem no processo de inovação curricular**. Lisboa: Universidade Aberta, 1992.

RODRIGUES, G. M e FERREIRA, H. S. Elaboração e análise de sequencias de ensino aprendizagem sobre os estados da matéria. *In:* **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, p. 1-12, Campinas, 2011.

RODRIGUES, C. D. O. **A inserção da teoria da relatividade no ensino médio.** Dissertação de Mestrado, Centro de ciências da educação programa de pós-graduação curso de mestrado em educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2001.

SABBATINI, M. Alfabetização e cultura científica: conceitos convergentes. **Revista Digital Ciência & Comunicação,** v. 1, n. 1, 2004. Disponível em: <http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/01/artigos/artigo5.asp>. Acesso em 14 de Julho de 2011.

SALMI, H. Science centre education. Motivation and learning in Informal education. Research Report 119. Academic dissertation, Faculty of Education, University of Helsinki, 1993. Disponível em: <http://faculty.rmu.edu/~short/research/science-centers/references/Salmi-H-1993.pdf>. Acesso em 01 de maio de 2011.

_____. Evidence of bridging the gap between formal education and informal learning through teacher education. **Reflecting Education,** v. 8, n. 2, pp. 44-61, 2012.

SEE/SP. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo**. Caderno do Professor: Física. Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, São Paulo, Apostila 3, pp. 25-9, 2009.

SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks. Físicos modernos e suas descobertas**. Trad. de Wamberto H. Ferreira, (Coleção Pensamento Científico, 24), Brasília: Universidade de Brasília, 1987, 345p.

SIQUEIRA M. e PIETROCOLA M. **A transposição didática aplicada a teoria contemporânea: a física de partículas elementares no ensino médio**. X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, (X EPEF), Londrina, PR, 2006. Disponível em: http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/sys/resumos/T0062-1.pdf. Acesso em: 25 nov. 2011.

SIQUEIRA, M. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**, Dissertação (Mestrado em Ensino) - Instituto de Física, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

_____. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 2012. 202p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SMITH, M. Non formal education. **The encyclopaedia of informal education**, 1996. Disponível em: <http://www.infed.org/biblio/b-nonfor.htm>. Acesso em: 05 dez. 2011.

SOARES, R. e TATO, A. Transposição Didática, a utilização das "Teaching Learning Sequences (TLS)" como ferramentas de otimização. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Manaus, 2011. Disponível: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0316-2.pdf>. Acesso em: 27 Jul. 2011.

SOUZA, B. W. **Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2009.

STANNARD, R. Modern Physics for The Young. **Physics Education**, v. 25, n. 3, pp. 133, 1990.

SUN, L.T e LAU, K. S. Sixth-form physics in Hong Kong. **Physics Education**, v.31, n.3, pp. 163-168, 1996.

TAL, R.; BAMBERGER, Y. e MORAG, O. Guided School Visits to Natural History Museums in Israel: Teachers' Roles. **Science Education** - Science learning in everyday life, v. 89, n. 6, pp. 920-935, 2005.

TAL, T. e MORAG, O. School Visits to Natural History Museums: Teaching or Enriching? **Journal of research in science teaching,** v. 44, n. 5, pp.747-769, 2007.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3, pp. 209-214, 1992.

TORRE, A. C. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educación en Ciencias**, v. 2, n. 4, pp. 70-71, 1998.

TRAN, L. Teaching science in museums: the pedagogy and goals of museum educators. **Science Education,** v. 91, n. 2, pp. 278-297, 2007.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais.** 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1987.

TZIBAZI, V. Rethinking the Learning Partnership between Museums and Initial Teacher Training. **International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education** (IJCDSE), v. 2, n. 2, pp. 407-413, 2011.

VALADARES, E. C. e MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna No Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de corpo Negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

VAN-PRÄET, M e POUCET, B. Les musées, liex de contre-éducation et de partenariat avec l´école, **Éducation & Pédagogies**, n.16, pp. 22-29, 1992.

VEDEBONCÆUR, G. Le musée et l'école: de la collaboration au partenariat. *In*: ALLARD, M. e LEFEBVRE, B. (org.), **Le musée, un lieu éducatif**. Montréal: Musée d'Art Contemporain de Montréal, pp. 51-95, 1997.

VIEIRA V. S.. **Análise de espaços não-formais e sua contribuição para o ensino de ciências**. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

VIIRI, J. e SAVINAINEN, A. Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 2, n. 2, pp. 80-86, 2008.

VILELA, C. X.; GUEDES, M. G. M.; AMARAL, E. M. R. e BARBOSA R. M. N. Análise da elaboração e aplicação de uma sequência didática sobre o aquecimento global. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis/SC, 2007. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p710.pdf>. Acesso em: 04 de dezembro de 2013.

ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**, Tese de doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Apêndice I

A – COMO AS LÂMPADAS FUNCIONAM?

Você já notou os diferentes tipos de lâmpadas presentes em nosso dia-a-dia? Você saberia dizer como é que elas funcionam? Como elas emitem luz? Para a maioria das pessoas este é um grande mistério!

Este texto nos convida a mergulhar no universo misterioso das lâmpadas e descobrir como algumas delas funcionam, emitindo luz. Para facilitar nosso trabalho, contamos com a ajuda do pequeno Xisto, um curioso Ser vindo de um planeta longínquo que, inexplicavelmente, no entardecer de um dia de inverno surge em um parque de uma grande metrópole. Xisto é um Ser extremamente curioso e falante. Logo que chega Xisto se depara com o senhor Thomas, um físico aposentado que sentado no banco do parque passa os dias observando a natureza e escrevendo belas poesias. Xisto senta-se ao lado do senhor Thomas e sem delongas, começa a questioná-lo sobre as diferentes luzes que via surgir naquele início de noite.

Ficou curioso? Pois bem, vamos acompanhar esta estória!

Anoitece e por todos os lados da praça começam a surgir luzes. Xisto observa atentamente as luzes dos postes de iluminação, das fachadas de lojas, dos carros que ali passavam... e até mesmo de uma pequena lanterna que o senhor Thomas acenderá para terminar mais uma de suas poesias. Intrigado Xisto pergunta: Ora o que são estas luzes? Porque são tão diferentes e coloridas? De onde venho só vejo o brilho de nossos astros rei (estrelas).

Figura 1: Lâmpada incadescente

Senhor Thomas, sempre muito atencioso, olha desconfiado para Xisto e começa a conversar com ele sobre as luzes que tanto o intriga.

As luzes que você observa realmente são diferentes, pois são produzidas por diferentes tipos do que chamamos de lâmpadas, e... e...

Nas horas que se seguem, senhor Thomas vai explicando para Xisto os diferentes tipos de lâmpadas que observam.

Xisto, atualmente nós temos uma variedade imensa de lâmpadas, porém as mais comuns podem ser divididas em: incandescentes (Figura 1) e de descarga elétrica (Figura 2).

As lâmpadas incandescentes têm uma estrutura muito simples. Na base, existem dois contatos de metal, que são ligados a dois fios rígidos e conectados a um filamento de tungstênio (W). Os fios e o filamento ficam protegidos dentro de um invólucro de vidro cheio de um gás inerte**,** como o argônio (Ar). Quando a lâmpada é ligada a um sistema de energia, uma corrente elétrica **(**elétrons em movimento**)** flui de um contato para o outro, passando pelos fios e pelo filamento. Os elétrons movendo-se rapidamente através do filamento de tungstênio fazem com que seus átomos vibrem e consequentemente aqueçam o filamento.

Alguns elétrons associados aos átomos do tungstênio são *impulsionados* temporariamente para um nível mais alto de energia, o que chamamos de salto quântico. Ao retornarem ao estágio inicial (nível de menor energia) liberam a energia excedente em forma de fótons de luz. Geralmente, os átomos de metais liberam fótons de luz infravermelha**,** que é invisível ao olho humano, percebida na forma de calor. Porém, o filamento ao ser aquecido por volta de 2.200 ºC passa a emitir fótons de luz com comprimento de onda dentro do espectro visível para o olho humano.

Bem Xisto, este é o funcionamento de uma lâmpada incandescente. Olhe, olhe Xisto, você está vendo aquela fachada de loja? Aquela é uma lâmpada de descarga elétrica, a famosa fluorescente. Você já ouviu falar nela?

A lâmpada incandescente foi pensada por Thomas Edison (1847-1931) em 1879. Em uma lâmpada comum de 60 watts, o filamento de tungstênio mede quase dois metros de comprimento.

Recordando... A luz

Quando estudamos o átomo de Bohr vimos que os átomos liberam fótons de luz quando seus elétrons são excitados. Quando um átomo recebe determinada quantidade de energia (pacotes) um elétron pode ser temporariamente impulsionado para uma órbita mais distante do núcleo (salto quântico). O elétron fica nesta posição por milésimos de segundos, retornando a sua posição original. Neste retorno, o elétron libera a energia extra na forma de um fóton. As características da luz emitida dependem da quantidade de energia liberada e da posição particular do elétron.

Figura 2: Lâmpada Fluorescente

As lâmpadas de descarga são dispositivos elétricos que transformam energia elétrica em energia luminosa. Seu princípio de funcionamento baseia-se na condução de corrente elétrica em um meio gasoso. Os meios gasosos mais utilizados são argônio, neônio, xenônio, hélio ou criptônio e os vapores de mercúrio e sódio. Os tipos mais comuns são: lâmpada fluorescente, lâmpadas de vapor de mercúrio, lâmpadas de vapor de sódio entre outras. A lâmpada que vemos na fachada da loja é do tipo fluorescente. Apesar de ser muito comum em escolas, escritórios e lojas, a maioria das pessoas não sabe o que acontece dentro daqueles *tubos* brancos.

O componente principal da lâmpada fluorescente é o tubo selado de vidro (Figura 3). Este tubo contém uma pequena porção de mercúrio e um gás inerte, tipicamente o argônio, mantidos sob pressão muito baixa. O tubo também contém um revestimento de pó de fósforo na parte interna do vidro e dois eletrodos, um em cada extremidade, conectados a um circuito elétrico.

Mas não se assuste Xisto, pois seu funcionamento é bem simples. Ao acender a lâmpada, a corrente flui pelo circuito elétrico até os eletrodos, então os elétrons migram através do gás de uma extremidade para a outra. Como os elétrons e os átomos carregados se movem dentro do tubo, alguns deles irão colidir com os átomos dos gases de mercúrio. Estas colisões excitam os átomos, elevando-os para níveis de energia mais altos, e ao retornarem para seus níveis de energia originais pronto: fez-se a luz (liberam fótons de luz). Você entendeu Xisto?

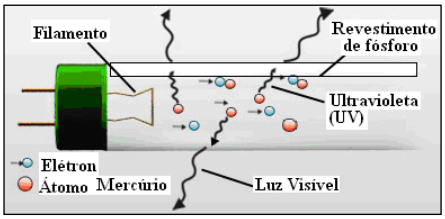


Figura 3: Lâmpada Fluorescente

Mas senhor Thomas, porque tem este "pozinho" branco na lâmpada?

Ótima pergunta Xisto. Esta é a dúvida de muitas pessoas quando se deparam com uma lâmpada fluorescente quebrada: "*Nossa! O que é este pó branco? É perigoso?*" Ocorre que a disposição dos elétrons nos átomos de mercúrio libera fótons de luz na faixa de comprimento de onda da ultravioleta, nocivo à saúde.

O átomo de fósforo ao ser atingido por um fóton tem um de seus elétrons saltando para um nível de energia mais alto. Você se lembra do tal salto quântico que falamos? Ao retornar para o estado original emite energia na forma de outro fóton de menor energia, e uma pequena parte é perdida na forma de calor (muito menor que nas lâmpadas incandescentes). A luz emitida está no espectro visível, ou seja, fósforo emite luz branca.

A principal diferença entre as fontes de luz é o processo de excitação dos átomos. Nas lâmpadas incandescentes os átomos são excitados pelo calor, já o sistema de lâmpada fluorescente é dependente de uma corrente elétrica fluindo através de determinado gás.

Vendo o entusiasmo de Xisto em saber como funcionam as lâmpadas, senhor Thomas logo o convida para um passeio pela praça. Por sorte, ou ironia do destino, do outro lado da praça havia uma grande loja de luminárias e uma vitrine recheada de lâmpadas em exposição. Como já era noite, as

lâmpadas estavam todas acessas e seduziam todos que ali passavam. Encantado, Xisto se maravilhou com as luzes que observara, e perguntou: Senhor Thomas, porque aquela lâmpada tem luz amarela? E por que aquela outra parece deixar tudo mais branco? E aquela...

Xiiiiiiiiu! Senhor Thomas, interrompendo a fala de Xisto, olha para a vitrine e, com a mesma paciência de sempre, começa explicar para Xisto...

A lâmpada amarela que você vê é a chamada lâmpada de vapor de sódio. Há também a de vapor de mercúrio, porém esta é nociva a saúde, por isso não está exposta. As lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio contêm um tubo de descarga feito de quartzo para suportar elevadas temperaturas. O gás está à baixa pressão. A emissão de radiação ocorre porque, ao ligar a lâmpada, o gás é submetido a uma tensão elétrica, fazendo com que os íons acelerem e se choquem entre si, emitindo radiação[14].

Figura 4: Iluminação pública

Olha, Senhor Thomas, todos os postes da rua usam esta lâmpadas (Figura 4).

É isso mesmo Xisto, as lâmpadas de vapor de sódio são comumente utilizadas na iluminação pública. Elas emitem uma luz quase perfeitamente monocromática, com um comprimento de onda médio de 589,3 nm. A monocromia destas lâmpadas faz delas uma boa escolha para situações em que a poluição luminosa seja uma restrição (como nas imediações de Observatórios astronômicos).

Senhor Thomas e aquela que parece deixar tudo mais branco perto dela?

Ah! boa observação Xisto. Aquela á a chamada Luz negra. É essencialmente uma lâmpada fluorescente sem revestimento de fósforo e com escurecimento do vidro. Ela emite luz ultravioleta que faz os "fosforosos de fora da lâmpada" emitir luz visível. Xisto é importante saber que há dois tipos diferentes de luz negra, mas eles funcionam basicamente do mesmo modo. A **luz negra tubular**, que é uma lâmpada fluorescente com um tipo diferente de revestimento de fósforo, que absorve as ondas curtas nocivas da luz (UVB e UVC) e emite luz UVA. O tubo escurecido bloqueia grande parte de luz visível, passando a luz UVA (benigna a saúde) e luz visível azul e violeta. A **luz negra incandescente** é similar a uma lâmpada incandescente, mas possui filtros de luz para absorver a luz do filamento aquecido, exceto a luz infravermelha e UVA.

/"O branco mais branco"

A primeira coisa que as pessoas observam quando se acende uma luz negra é que algumas roupas brilham. Isso acontece por que a maioria dos sabões em pó contém fósforo para fazer o branco parecer mais branco à luz do sol. A luz do sol contém luz UV que faz o branco brilhar. A luz negra também tem algumas aplicações práticas: torna o invisível em visível. Como explicar que as roupas escuras não brilham na presença da luz negra?

Xisto, as lâmpadas que falamos até agora são interessantes, porém não muito econômicas.

Mas então qual seria uma lâmpada bastante econômica senhor Thomas?

Vejamos... Olhe atrás de você, estás lâmpadas nos coqueiros (Figura 5). O que elas têm de diferente?

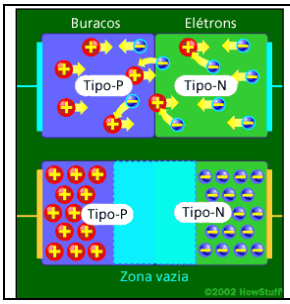
Não sei senhor Thomas, mas parece que ela tem várias "lampadinhas".

Figura 5: Iluminação LED

É isto mesmo Xisto. Esta é o que chamamos de LED (Diodo Emissor de Luz). Uma lâmpada extremamente importante em nossa sociedade, e muito econômica. Ela é diferente de todas as lâmpadas que falamos até agora. Seu princípio é um pouco mais complicado, porém nada de excepcional. Os LED são pequenas lâmpadas que ao invés de filamento são iluminados somente pelo movimento de elétrons em um

[14] Fonte: Figueiredo A. e Pietrocola M. **Física um outro lado: Luz e Cores.** São Paulo: FTD. S.A, 1997.

material semicondutor (capaz de conduzir corrente elétrica). Por este motivo não aquecem muito e tem vida longa.



Na junção, elétrons livres do material tipo-N preenchem buracos do material tipo-P. Isto cria uma camada isolante no meio do diodo, chamada de zona vazia.

O material semicondutor usado nos LED é normalmente Arsenieto de Alumínio e Gálio (AsGaAl). Neste material, todos os átomos se ligam perfeitamente a seus vizinhos, sem deixar elétrons livres para conduzir corrente elétrica. Para que ocorra a condução elétrica, este material precisa ser dopado, ou seja, átomos adicionais alteram o equilíbrio (adicionando elétrons livres ou criando buracos para onde os elétrons podem ir). Um semicondutor com elétrons extras é chamado material tipo-N (contém partículas extras carregadas negativamente). Um semicondutor com buracos extras é chamado material tipo-P (contém partículas extras carregadas positivamente). Os elétrons podem saltar de um buraco a outro, movendo-se de uma área carregada negativamente para uma área carregada positivamente[15].

Uauu! Senhor Thomas, isto é bem diferente do que vimos até agora.

Sim Xisto, o processo de emissão de luz no LED e relativamente diferente. Mas calma! Os LED são dispositivos opto-eletrônicos formados por uma junção P-N que, ao ser diretamente polarizado, faz com que os elétrons cruzem a barreira de potencial e se recombinem com as *lacunas*. Ao se recombinar há a emissão de energia na forma de luz visível. Em outras palavras, O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado anôdo e outro, chamado cátodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, consequentemente, a geração ou não de luz.

Que legal senhor Thomas, estou aprendendo muito sobre lâmpadas. Mas agora estou com uma dúvida: estou vendo o letreiro desta loja e não consigo ver as lampadinhas do LED?

Não, não, não... Xisto, este letreiro traz em si outro mecanismo de funcionamento diferente do LED. Mas agora já está tarde e preciso ir embora, porém, deixo uma dica para você: pesquise sobre lâmpadas de neon e descobrirá como este letreiro funciona, e emite luz.

Agora que Xisto já sabe um pouco mais sobre o funcionamento de algumas lâmpadas, está na hora de retornar para seu plan... *Ops*! Esperem. *Ah!* O senhor Thomas está acordando. A noite foi longa! Já passa das 6h00 da manhã, as luzes da cidade já se apagaram e o Sol começa a incomodar a longa soneca do senhor Thomas no banco da praça. Outra vez o senhor Thomas deixou sem fim seu poema: "Os *brilhos* de uma cidade noturna".

Aprofundamento...

1) Agora que você já sabe um pouco mais sobre o funcionamento das lâmpadas, aprofunde seus conhecimentos visitando o site do museu da lâmpada: http://museudalampada.com.br/
Na visita didática ao Observatório Dietrich Schiel, particularmente na Sala Solar e no painel de lâmpadas, será possível entender um pouco mais sobre este misterioso mundo das lâmpadas. Também será possível desvendar o espectro de diferentes lâmpadas e discutir sobre o espectro solar.
2) Leia o roteiro "Construção de um espectroscópio amador" (preparação para a atividade prática e visita ao Observatório Dietrich Schiel da USP).

[15] Texto adaptado do *website*: http://eletronicos.hsw.uol.com.br/led1.htm

B - VISITA GUIADA AO OBSERVATÓRIO DIETRICH SCHIEL DA USP

Grande parte da população brasileira nunca visitou um Observatório Astronômico ou um planetário. Se você faz parte desta parcela da sociedade, a partir de agora se considere convidado a desbravar este território que, motiva para a ciência, ensina, desperta sonhos, faz eclodir a curiosidades dos visitantes, e que também intriga a muitos ao revelar a imensidão do Universo frente à pequenez humana.

Este texto tem o intuito de nos familiarizar com as instalações e atividades desenvolvidas pelo Observatório Dietrich Schiel do Centro de Divulgação Cientifica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP), São Carlos (Figura 6). É importante ressaltar que nossa visita ficará restrita a atividade Sala Solar e ao telescópio principal do Observatório (Grubb), assim, este texto também traz um caráter motivador, uma vez que, conhecendo as atividades desenvolvidas pelo Observatório, você enquanto aluno pode visitá-lo outras vezes, seja com a escola, família ou amigos.

Figura 6: Centro de Divulgação da Astronomia - Observatório Dietrich Schiel.

O Observatório é um setor do CDCC com instalações correspondentes a uma réplica em pequena escala de um Observatório profissional. Teve sua inauguração em 1986, por ocasião da passagem do cometa Halley. Recentemente, em comemoração aos 25 anos de sua existência, em dezembro de 2011, o informalmente "Observatório Astronômico do CDCC/USP", passou oficialmente a se chamar "Observatório Dietrich Schiel", mantendo o vínculo ao Centro de Divulgação Científico e Cultural (CDCC/USP). Uma homenagem ao Prof. Dr. Dietrich Schiel (1940-2012) pelo trabalhos desempenhado como coordenador do CDCC no período 1984 -1996.

As instalações[16]

As instalações prediais do Observatório podem ser divididas em três pavimentos. No térreo, além de um auditório com capacidade para 65 pessoas e sala de áudio visual, há várias atividades e

[16] Fonte: adaptado de http://www.cdcc.usp.br/cda. Agendamentos: (16) 3373-9191

maquetes demonstrativas para o ensino de astronomia, como: lunário (fases da lua e eclipses), telúrio (estações do ano), diorama de topocentrismo (latitude e longitude), diorama de geocentrismo (posição do Sol em relação à Terra) e diversos quadros de imagem astronômicas no hall central.

No segundo pavimento, primeiro andar, há uma sala de instrumentação onde são guardados telescópios, livros e equipamentos diversos (globos lunar, terrestre e marciano e esferas celestes) e externamente um relógio de Sol, parede meridiana marcando as principais posições do Sol referentes aos solstícios e aos equinócios. Neste andar encontra-se também a Sala Solar, que discutiremos em detalhes mais adiante. Por fim, no último pavimento, segundo andar, é onde se localiza a cúpula do telescópio refrator Grubb 204/3000 (204 mm de diâmetro e 3000 mm de distância focal) e externamente uma área de observação para montagem de telescópios menores e a montagem do heliostato da Sala Solar.

Na área externa ao Observatório há uma exposição permanente chamada de "Jardim do céu na Terra". Nas proximidades externas do Observatório destaca-se: a rosa dos ventos, o totem lunar (visão tridimensional do aspecto da Lua), a semiesfera armilar (trajetórias do Sol nos solstícios e equinócios), a representação tridimensional da constelação do cruzeiro do sul e a constelação de Órion em 3D. Outra exposição externa é o Sistema Solar em escala, a partir de totens do Sol e planetas, esta perfaz todo *campus* I da USP.

Talvez você nunca tenha ouvido falar em muitos dos nomes e atividades enunciadas acima. Não se desespere! Durante nossa visita ao Observatório alguns destes nomes e atividades serão trabalhados pelo professor, porém você pode ajudá-lo nesta tarefa. Que tal formular questões e realizar uma visita prévia, com amigos ou familiares ao Observatório? Você gostou da ideia? A seguir estão sugeridos alguns passos para que esta ideia possa ser concretizada.

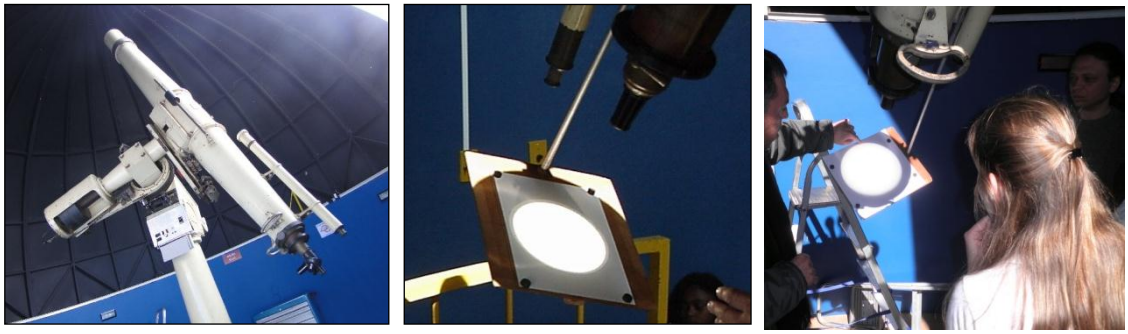
Atividades relacionadas ao ensino de astronomia.

O Observatório oferece uma série de atividades dirigidas a grupos escolares, famílias, grupos de amigos e ao público em geral. Em síntese, estas atividades podem ser descritas como: "*Visitas orientadas a grupos escolares"; "Cine Observatório"; "Sessão astronomia*", e "*Domingos solares*".

As "*Visitas orientadas a grupos escolares"* devem ser previamente agendadas pelo professor (ou coordenador da escola) e consiste de uma palestra sobre um tema escolhido pelo professor (ou sugerida pela equipe do Observatório), passeio pelas dependências do Observatório e observação do céu com telescópios (astros celestes presentes no céu no dia da visita). Em geral, tem duração de no máximo duas horas, sendo oferecidas as terças, quartas e quintas feiras. A atividade "*Cine Observatório"* é oferecida aos domingos, com início às 20h00 e consiste na exibição de um filme ou documentário sobre ou contendo temas de astronomia. As "*Sessões Astronomia"* são palestras proferidas por mediadores do Observatório sobre os mais variados temas da astronomia. São oferecidas aos sábados com início às 21h00, com posterior observação do céu com telescópios. Esta é uma atividade que atrai muitas famílias e grupos de amigos. Enfim, o Observatório promove também uma atividade específica sobre o Sol, intitulada "*Domingos solares"*. Esta atividade é realizada duas vezes por mês, no segundo e último domingo de cada mês. Com a atividade, o visitante tem a oportunidade de assistir uma palestra relativa ao Sol e observar o Sol por projeção (imagem de luz branca), com filtro solar e com filtro H-alfa. O público tem também a oportunidade de visitar à recém inaugurada Sala Solar e observar, entre outras coisas, o espectro solar e manchas solares.

Projeção do Sol (telescópio refrator Grubb) e visita à Sala Solar

As duas atividades descritas a seguir fazem parte da visita guiada que realizaremos ao Observatório Dietrich Schiel. A primeira atividade consiste na visita ao telescópio principal do Observatório (refrator Grubb 204/3000) e visualização da projeção do Sol com filtros e identificação de manchas solares (Figura 7).



a) **b)** **c)**

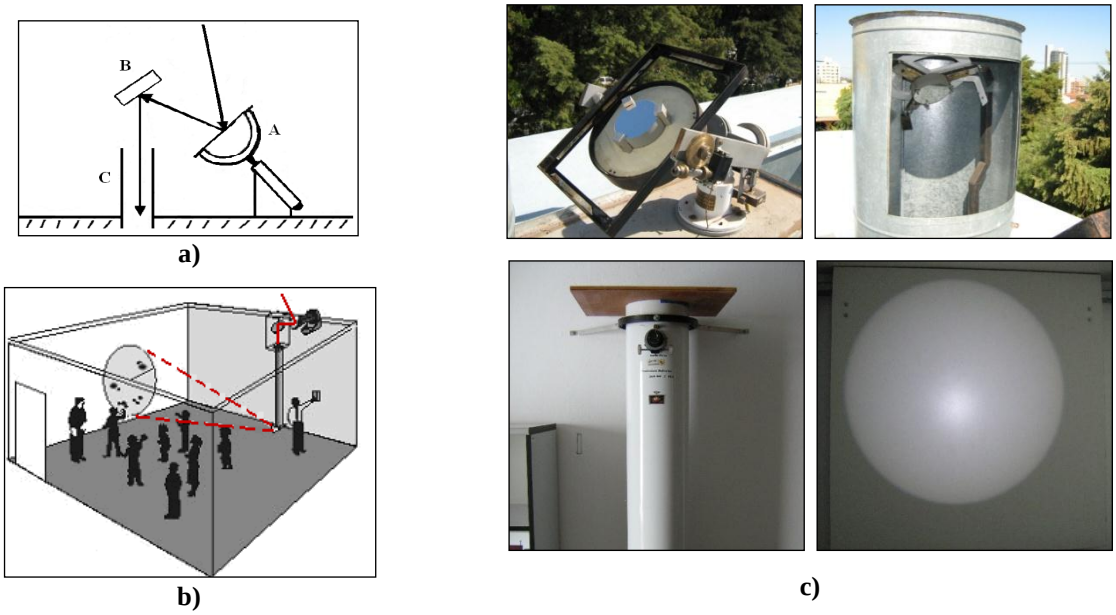
Figura 7: a) Telescópio refrator Grubb, b) projetando o Sol sobre anteparo, c) mediador explicando a projeção

Durante a visita a Grubb, busque perceber o quão rápido o Sol percorre o anteparo (folha branca) e a posição das manchas solares no disco solar. Note também a diferença de intensidade entre a borda e o centro do disco solar e o deslocamento aparente do Sol.

A segunda atividade que fará parte de nossa visita chama-se Sala Solar[17]. A Sala Solar é um espaço equipado e devotado ao estudo e a divulgação do Sol. Com uma dimensão aproximada de 10 m^2, a Sala Solar abriga, entre outras coisas, painéis com fotos de diversas estruturas solares, um painel com espectros de estrelas, um telescópio newtoniano 200/2000 com ocular de 42 mm para projetar o Sol com anteparo de projeção e um computador de mesa com acesso a internet para pesquisa e demonstração de atividades solares no momento da visita.

Em cima da Sala Solar há um heliostato (Figura 8) que permite a projeção do Sol, dentro da Sala Solar, em um anteparo branco de 1,2 m x 1,2 m, e a observação de manchas solares e fáculas presentes na fotosfera solar com dimensões de aproximadamente 2 cm.

Heliostato consiste em um dispositivo óptico-eletrônico que acompanha o posicionamento do Sol, declinação e no movimento horário, e a partir de um jogo de espelhos conectados a um telescópio projeta uma imagem do Sol em um anteparo no interior da Sala Solar.



a)

b) **c)**

Figura 8: a) Etapas do funcionamento do heliostato, a letra A indica o espelho móvel, a letra B o espelho fixo e a letra C o tubo do telescópio situado no interior da Sala Solar. b) Ilustração da projeção do Sol no interior da Sala Solar. c) Etapas da projeção da imagem do Sol, desde a "captação" pelo heliostato, passando pelo telescópio, até a imagem do Sol projetada sobre o anteparo no interior da sala. **Fonte:** Aroca (2009)

[17] A Sala Solar foi inspirada no espaço solar da "Fundação Planetário do Rio de Janeiro".

Na Sala Solar, durante a observação da projeção do Sol atente para a posição das manchas solares e intensidades no disco solar e, busque identificar outras estruturas solares estudadas no texto "*Nossa estrela o Sol*".

A Sala Solar também está equipada com um espectroscópio, especialmente construído para a observação das linhas do espectro solar, ou seja, ao invés de projetar o Sol no anteparo, substitui-se a ocular do telescópio da sala por um espectroscópio e tem-se a projeção do espectro solar (Figura 9). Com a projeção do espectro solar procure observar a formação de várias linhas escuras no espectro e discuta com seu professor e colegas esta observação.

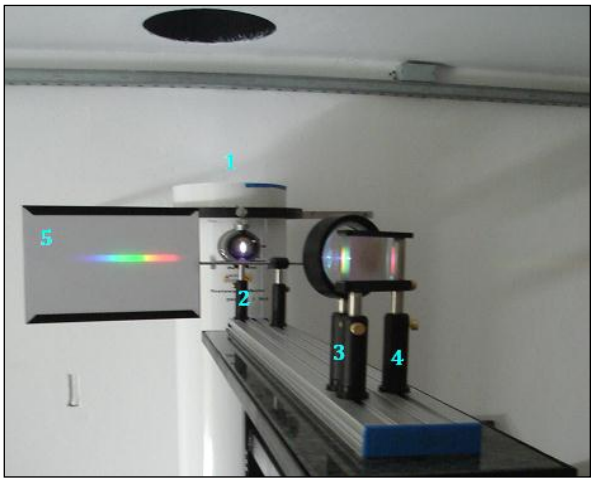


Figura 9: Imagem do espectroscópio Littrow da Sala Solar. A luz entra pelo telescópio 1. É direcionada para a fenda em 2. e atravessa uma lente colimadora em 3. (dubleto), a qual direciona o feixe incidente a uma rede de difração de reflexão 4., posicionada de modo a refletir o espectro solar em um anteparo na altura da fenda em 5.

Enfim, uma última atividade desenvolvida na Sala Solar é a visita ao quadro de lâmpadas (Figura 10), e estudos de diversos espectros. A Sala Solar está equipada com um quadro de lâmpadas contendo lâmpada de vapor de sódio, de vapor de mercúrio, metálica, luz negra, incandescente, fluorescente, LED, dicroica e lâmpadas com filtros (vermelho, verde e azul).

Você se lembra do espectroscópio construído em sala de aula com materiais de baixo custo? Pois bem, para esta atividade de identificação dos espectros de diversas lâmpadas, você utilizará o "aparato" que você construiu. Seguindo as orientações do professor, observe as diversas lâmpadas (uma de cada vez) com seu espectroscópio e faça uma representação das imagens observadas (espectros) na Tabela 1.

Figura 10: Quadro de lâmpadas no Observatório. Da esquerda para a direita e décima para baixo, lâmpada de: LED, Gás Hélio, Incandescente, Fluorescente vermelha, Dicroica, Fluorescente branca, Fluorescente verde, Mista, Incandescente vermelha, Luz negra, Metálica, Vapor de Mercúrio e Vapor de Sódio.

Tabela 1: Quadro de lâmpadas*				
Tipo de lâmpada	**Tipo do espectro**			**Perfil artístico do espectro observado**
	Contínuo	Discreto		
		Absorção	Emissão	
Modelo	( )	( )	(**X**)	
Incandescente	( )	( )	( )	
Fluorescente	( )	( )	( )	
Lâmpada de Hélio	( )	( )	( )	
Luz Negra	( )	( )	( )	
Vapor de Sódio	( )	( )	( )	
Vapor de Mercúrio	( )	( )	( )	
Multivapor metálica	( )	( )	( )	
Luz mista ao ascender	( )	( )	( )	
Luz mista depois de aquecida	( )	( )	( )	
LED	( )	( )	( )	
Lâmpada fluorescente ou incandescente com filtro gelatina	( )	( )	( )	

*Esta atividade foi adaptada de Azevedo (2008) e NUPIC (2011) [18].

[18] AZEVEDO, M. C. P. S. **Situações de ensino – aprendizagem. Análise de uma sequência didática de física a partir da Teoria das Situações de Brousseau.** Dissertação, Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2008.

NUPIC (Núcleo de Pesquisa em Inovação curricular). **A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula: Dualidade Onda-Partícula**, 2011. www.nupic.fe.usp.br

Sintetizando o que foi discutido e observado

1) *Nas projeções do Sol, você observou a diferença de intensidade entre a borda e o centro do disco solar. Por que ocorrem estas diferenças de intensidade?*

_____
_____
_____
_____
_____

2) *Quais estruturas você identificou na projeção do Sol na Sala Solar? Como definir cada uma delas?*

_____
_____
_____
_____

3) *Na Sala Solar, visualizando o espectro solar, é possível perceber algumas linhas escuras sobre o espectro contínuo. O que representam estas linhas? (Dica: lembre-se das três Leis de Kirchhoff).*

_____
_____
_____
_____

4) *Na Sala Solar, o fato das linhas observadas no espectro solar serem escuras implica na ausência de luz naquela região? Explique. (Dica: idem anterior).*

_____
_____
_____
_____

5) *Comparando as linhas que você identificou no espectro solar, com as do painel de espetros dos elementos químicos da Sala Solar, (Painel exposta na parede da sala) quais elementos químicos podem ser identificados? (Dica: lembre-se das linhas características de cada elemento químico).*

_____
_____
_____
_____

6) *Entender as linhas espectrais pode propiciar avanços no conhecimento que temos dos astros celestes, especificamente das estrelas. Esta afirmação está correta, como justificá-la?*

_____
_____
_____
_____
_____
_____

C - APPLET - ROTEIROS

MODELOS DO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO

Esta atividade nos convida a visualizar os diferentes modelos do átomo de hidrogênio, as previsões experimentais que cada modelo faz, além da relação entre a imagem física das órbitas e o diagrama de nível de energia de um elétron. Este *Applet* faz parte de uma série de simulações do programa *PhET* (Projeto Simulações Interativas).

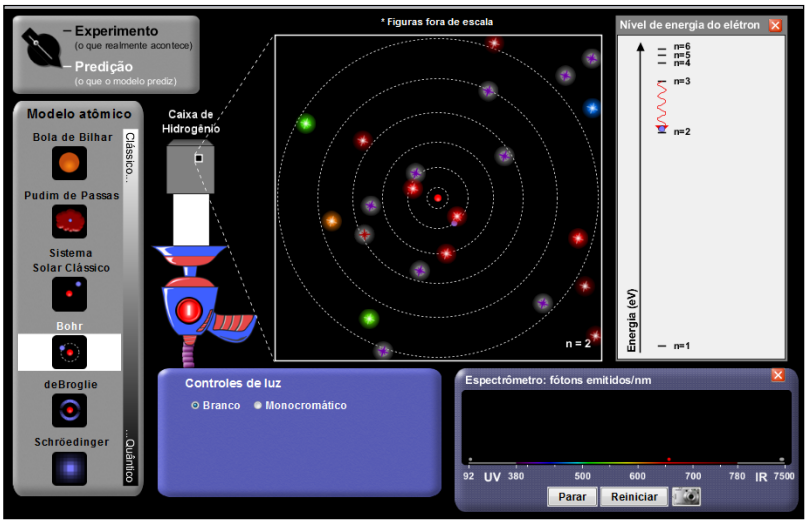


Figura 11: Modelos do Átomo de Hidrogênio
Fonte: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/hydrogen-atom

Instruções para a atividade:

- Acesse a *homepage*: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/hydrogen-atom , click no link "Use Já" e espere carregar o aplicativo (abrir).

- Familiarize-se com o aplicativo clicando em "predições" (superior esquerdo) e alternando os modelos atômicos. Perceba o que acontece na figura central (caixa de H).

- Click nos modelos a partir do "Sistema Solar Clássico", acione o diagrama de nível de energia (superior direito) e então dispare o botão abaixo da caixa de H. Observe o que acontece com os níveis de energia.

- Após o contato inicial, siga as instruções do professor e responda as questões a seguir.

Questões:

1. A que se refere: "n = 1, 2, 3..."? Qual é o "estado fundamental" do átomo de hidrogênio e por que os elétrons tendem a ir para este estado?

2. Observe os diferentes modelos atômicos "predição". Explique, a partir de suas observações, cada um dos modelos, até o modelo de Bohr.

3. A física moderna trouxe novas contribuições para o entendimento atômico. Pesquise e escreva sucintamente porque o modelo de Bohr foi "reinterpretado". Tente relacionar este modelo ao modelo proposto por de Broglie (Dica: observe a diferença na apresentação dos elétrons), e ao modelo de Schrödinger do átomo (Dica: faça analogia para os níveis de energia do átomo, uma "Escadinha de Quantum").

LEIS DE KIRCHHOFF E IDENTIFICAÇÃO ESTELAR

Esta atividade tem o intuito de possibilitar a compreensão das três Leis de Kirchhoff para a espectroscopia e ainda a importância da obtenção de espectros da luz na identificação de elementos químicos das estrelas.

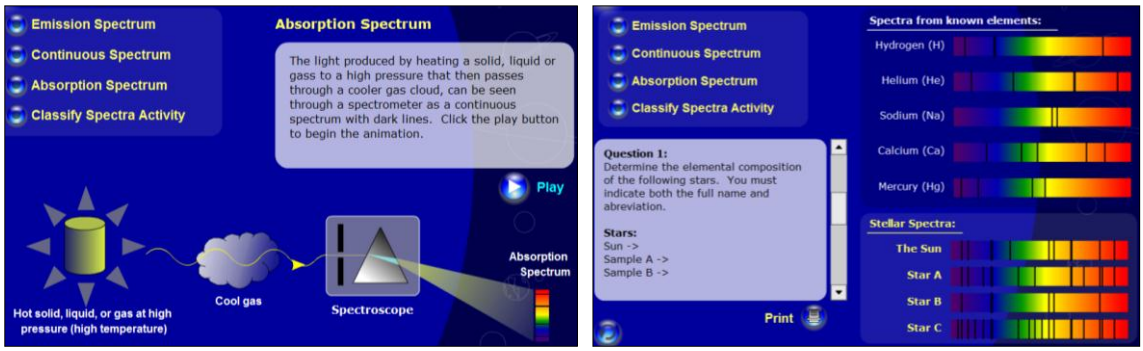


Figura 12: Identificação estelar
Fonte: Canadian Astronomy Education - http://www.cascaeducation.ca/files/index.html
* Caso tenha dúvida nas leituras do aplicativo, solicite ajuda ao professor.

Instruções para a atividade:

- Acesse a *homepage*: http://www.cascaeducation.ca/CSA/CSA_Astro9/files/multimedia/unit2/stellar_spectra/stellar_spectra.swf

- Familiarize-se com o aplicativo. Click em "Emission Spectrum" (espectro de emissão) e em seguida acione o "Play". Observe o espectro formado. Repita esta ação para o "Continuous Spectrum" (espectro continuo) e para o "Absorption Spectrum" (espectro de absorção).

- Estas três ações referem-se as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia. Tente sintetizar com suas palavras tais leis a partir dos espectros observados e da leitura das caixas de texto (caso tenha dificuldade na leitura, peça auxílio para o professor).

- Após este contato inicial, click em "Classify Spectra Activity" (atividade de classificar espectros), e siga as instruções do professor para responder as questões a seguir.

Questões:

1. É possível determinar parte da composição química das estrelas Sol, estrela A, B e C, a partir dos elementos mostrados? Quais elementos você encontrou?

2 Quais são os elementos comuns presente em cada uma das estrelas? Como você chegou a esta conclusão?

3. Como você deve ter observado, há um elemento químico presente em todas as estrelas. Qual é ele e como você interpreta fisicamente este fato?

ÁTOMO DE BORH E ESPECTROSCOPIA

Esta atividade tem o intuito de facilitar o entendimento das transições eletrônicas que ocorrem nos átomos a partir do modelo atômico proposto por Niels Bohr, 1913. Este aplicativo permite simular diferentes transições eletrônicas e assim observar o espectro de emissão e absorção formado em diferentes transições eletrônicas.

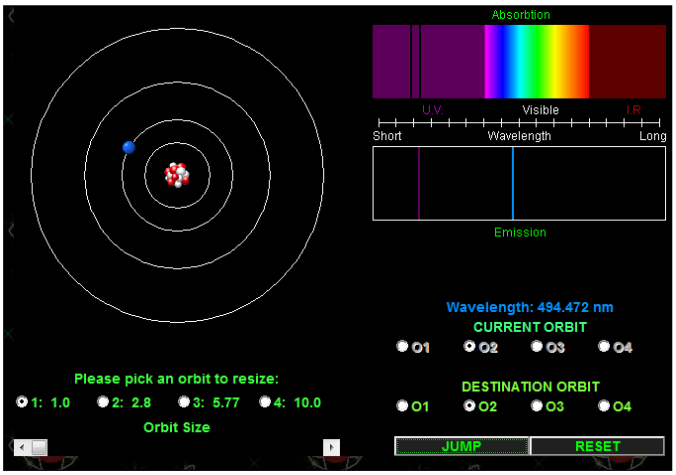


Figura 13: Transições eletrônicas
Fonte: http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Bohr/applet_files/Bohr.html
* Caso tenha dúvida nas leituras do aplicativo, solicite ajuda ao professor.

Instruções para a atividade:

- Acesse a *homepage*:
http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Bohr/applet_files/Bohr.html
- Familiarize-se com o aplicativo. Click na escala 1: 1.0 em "Orbit Size" (tamanho da orbita), e em seguida selecione a "Current orbit" (orbita atual) 01 e a "Destination orbit" (orbita de destino) 02, 03 04, respectivamente. Agora repita o mesmo procedimento no sentido contrário, começando por 03 na "Destination orbit" (orbita de destino).

- Observe as linhas de absorção e de emissão nos respectivos espectros (Absorption e Emission).

- Após este contato inicial, siga as instruções do professor para responder as questões a seguir.

Questões:

1. Em qual espectro você observa o aparecimento de "linhas" quando o elétron "salta" da orbita atual 1 para a orbita destino 3? Porque isso ocorre?

2 Em qual espectro você observa o aparecimento de "linhas" quando o elétron "salta" da orbita atual 3 para a orbita destino 2? Porque isso ocorre?

3. Quais são as transcrições possíveis (orbitas de origem e destino) para que possamos observar "linhas" (absorção ou emissão) na faixa do espectro visível. Porque isso ocorre? Dica: lembre-se das linhas de Balmer, Lyman e Pascher.

SIMULAÇÃO DAS LINHAS ESPECTRAIS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS[19]

Esta atividade tem o objetivo de possibilitar a visualização dos diferentes tipos de espectros discretos (de emissão e de absorção) dos elementos químicos. O espectro representado abaixo se refere às linhas de absorção características do elemento químico hidrogênio.

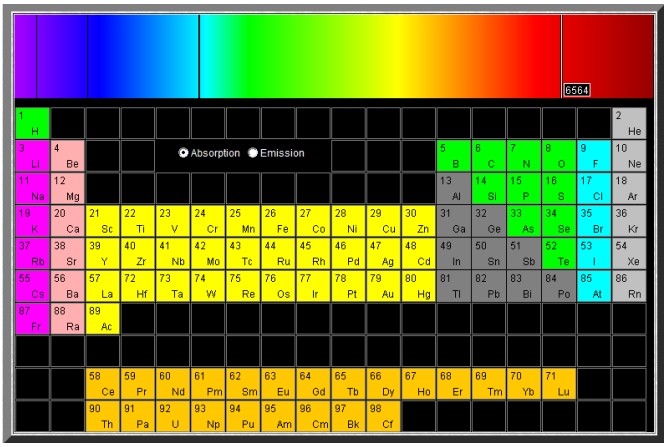


Figura 14: Simulação da linha espectral de absorção do hidrogênio.
Fonte: http://astro.if.ufrgs.br/rad/elements/Elements.htm

Instruções para a atividade:

- Acesse a *homepage*: http://astro.if.ufrgs.br/rad/elements/Elements.htm

- Para visualizar o espectro de determinado elemento químico, basta selecionar o tipo de espectro desejado (absorção ou emissão) e clicar no elemento químico de sua escolha.

- Familiarize-se com o aplicativo. O espectro correspondente será mostrado logo acima da tabela (faixa de 400 a 700 nm). Também é possível ver o comprimento de onda (λ) das linhas (em angstrom, Å, 10^{-10}m) clicando sobre as linhas do espectro.

- Após este contato inicial, siga as instruções do professor para responder as questões a seguir.

Questões:

1. Escolha um elemento químico qualquer e obtenha seu espectro de emissão e de absorção. Qual a semelhança percebida entre os dois espectros?

2. Simule o espectro do hidrogênio e identifique quais são os λ para a linha Hα, Hβ, Hγ e Hδ, em nm. Repita o mesmo procedimento para o Sódio (Na), Mercúrio (Mg) e para o Hélio (He).

3. Observe que o espectro de absorção dos elementos Astato (At) e Frâncio (Fr) é um contínuo de cores, e o de emissão aparece totalmente negro. Pesquise na internet, buscando uma explicação para este fato.

[19] Este *applet* também pode ser visualizado a partir do *website* da Universidade de Oregon - http://jersey.uoregon.edu/

RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

A atividade a seguir tem o objetivo de evidenciar o comportamento da relação intensidade *versus* comprimento de onda. Possibilita também abordar o Sol como corpo negro a partir de sua curva característica, mostrada abaixo. Este *applet* faz parte de uma série de simulações do programa *PhET* (Projeto Simulações Interativas) da Universidade do Colorado.

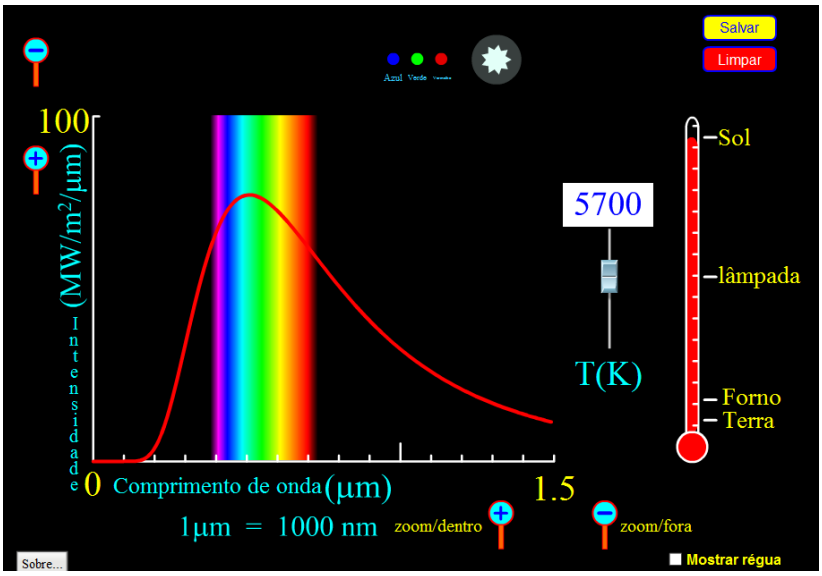


Figura 15: Radiação de corpo negro
Fonte: http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html

Instruções para a atividade:

- Acesse a *homepage*: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/blackbody-spectrum, click no link "Use Já" e espere carregar o aplicativo (abrir).

- Familiarize-se com o aplicativo alterando a temperatura e observando o que acontece com o comprimento de onda e com a intensidade da curva vermelha.

- Mude também a escala do comprimento de onda e da intensidade (salve a tarefa).

- Após o contato inicial, siga as instruções do professor e responda as questões a seguir.

Questões:

1. O que acontece com a curva (I x λ) quando a temperatura cai para próximo do bulbo da lâmpada? (para melhor visualizar mude a escala do λ = 3 e I = 10). Explique o que você observa.

2 O que acontece com a curva (I x λ) quando a temperatura aumenta para próximo de 9.000 K? (para melhor visualizar mude a escala de I =1000 e mantenha λ = 3). Explique o que você observa.

3. O que acontece com a curva (I x λ) quando a temperatura é 300 K (27º C), entre o forno e a Terra. Dica: para melhor visualizar mude a escala de I para 0.0001 e a escala do λ para 12. Explique o que você observa.

CONSTRUÇÃO DE UM ESPECTROSCÓPIO AMADOR[20]

São muito frequentes as divulgações pelas mídias sobre descobertas astronômicas. No entanto, raramente se discute como é possível estudar objetos tão distantes de nós, por exemplo, estrelas situadas a milhares de anos-luz da Terra. Na maioria dos casos a resposta a esta na análise da luz advinda destes objetos e na subsequente análise do seu espectro eletromagnético, *técnica* conhecida como espectroscopia.

Esta atividade basea-se na situação de aprendizagem "Um equipamento astronômico", sugerida pela Proposta Curricular do Estado de São Paulo para a 3ª série do Ensino Médio (SEE/SP 2009, p. 25-9) e tem como objetivo permitir visualizar diversos espectros e analisar a luz visível decompondo-a em suas diferentes frequências.

Descrição experimental

Figura 16: Materiais utilizados

Esta é uma montagem simples e que requer apenas materiais de baixo custo, como: tubo de papelão (tubo de papel higiênico), fita isolante, papel *color set* preto, um CD, cola, tesoura e estilete, fita adesiva (Figura 16).

Montagem

A primeira etapa é fazer duas tampas que serão utilizadas para fechar o cilindro. O modelo das tampas encontra-se na figura 17, sendo que uma tampa deve possuir uma fenda central (2 cm x 1 mm) e outra um orifício no centro (1 cm^2), os cortes devem ser feitos com estilete, por isso CUIDADO para não se machucar.

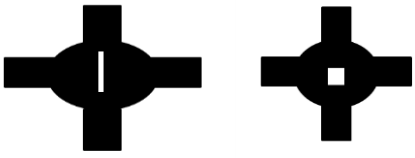


Figura 17: Tampas para o tubo

O próximo passo é a retirada de película protetora do CD. Este procedimento é simples, faça um pequeno corte com a tesoura na lateral do CD (para facilitar a remoção) grude a fita adesiva na superfície e puxe-a. (Figura 18a).

Depois de removida a película protetora, faça um pequeno corte (aproximadamente 2cm^2) com a tesoura na lateral do CD. Nesta etapa é importante lembrar-se de fazer um corte na borda do CD, pois são onde se encontram as linhas de gravação "mais paralelas", consequentemente a imagem formada no espectroscópio será mais nítida. É importante não se esquecer de fazer uma pequena marcação no pedaço de CD cortado, para saber qual é a orientação das linhas no momento da montagem do espectroscópio. Com o pedaço de CD recortado, cole-o sobre a tampa de orifício quadrado.

[20] Esta montagem pode ser encontrada em Azevedo (2008) e NUPIC (2011).

a) **b)**

Figura 18: a) Retirando a película do CD, b) Espectroscópio pronto

Com o papel color set preto, encape o tubo de papel higiênico por dentro e por fora. Feito isso, o último passo é encaixar as duas tampas construídas anteriormente. É importante vedar muito bem seu espectroscópio, para evitar que a luz penetre no interior do tubo, para isso recomenda-se o uso de fita isolante. Com o espectroscópio pronto (Figura 18b), aguarde orientações do professor para a saída a campo (pátio da escola) e observação do espectro de diferentes luzes, incluindo a luz do Sol, mas lembre-se NUNCA olhe diretamente para o Sol, é perigoso.

IMPORTANTE: Cuide de seu espectroscópio, pois ele será novamente usado na visita ao Observatório Dietrich Schiel da Universidade de São Paulo (USP).

Anotações das discussões realizadas em sala de aula

DIÂMETRO SOLAR

Descrição experimental

> *Você sabia que o primeiro relato da determinação da distância Sol-Terra é atribuída ao astrônomo grego Aristarco de Samos (310-230 a.C.), o qual utilizou uma configuração específica do Sistema Sol-Terra-Lua, onde o ângulo entre Sol, Lua e Terra é de 90º em sua determinação.*

No texto *Nossa estrela o Sol*, nós conhecemos um pouco mais de nosso astro rei. Estudamos algumas das características do Sol, como: estruturas, aspectos físicos, localização e algumas relações com a Terra. Você se lembra qual é a distância que o Sol se encontra da Terra? Caso tenha esquecido, confira na nota de rodapé.[21]

Agora, para a estimativa do diâmetro solar utilizaremos uma atividade bastante simples, e que requer apenas alguns conhecimentos de geometria básica (semelhança de triângulos) e cálculos elementares. Os materiais necessários para a realização da atividade são de uso corriqueiro nas escolas: pedaços de cartolina preta, compasso com ponta, folha de papel A4 branca e, enfim, um belo dia ensolarado.

Figura 19: Atividade para se estimar o diâmetro do Sol (AROCA 2009)

Inicialmente faz-se um pequeno furo com o compasso em um pedaço da cartolina. Afastando-se a cartolina do chão mede-se o mínimo diâmetro possível da imagem do Sol projetado sobre uma folha branca colocada no chão (Figura 19). Sabendo as dimensões da imagem projetada (d), a distância entre a cartolina e a folha branca (h) e a distância da Terra até o Sol, aplicando o conceito de semelhança de triângulos e alguns cálculos simples, pode-se estimar o diâmetro solar (D_{Sol}) ($\frac{d_{imagem}}{h_{imagem}} = \frac{D_{Sol}}{1{,}5x10^{11}\,m}$) (AROCA 2009).

Apesar de esta ser uma atividade muito simples e sem aparatos experimentais sofisticados, nos fornece resultados que se harmonizam muito bem com a literatura, ou seja, valores para o diâmetro Solar na mesma ordem de grandezas dos fornecidos pela literatura ($D_{Sol} = 1{,}4x10^{6}\,Km$).

***Responda*:**[22]

A Terra possui um diâmetro de aproximadamente 13.000 km. A partir do diâmetro do Sol encontrado, calcule: aproximadamente quantos planetas Terra são possíveis de serem colocados lado a lado no diâmetro do Sol?

Pesquise e socialize com a sala quem foi Erastóstenes, e como ele determinou o raio da Terra com uma precisão muito boa para sua época (276 a.C).

[21] O Sol se encontra a aprox. 150 milhões de Km da Terra, o que corresponde a 1 UA (Unidade Astronômica).
[22] Para saber o diâmetro de todos os planetas do Sistema Solar, acesse: http://astro.if.ufrgs.br/grao.htm

ESTIMANDO A LUMINOSIDADE E A TEMPERATURA DA FOTOSFERA SOLAR[23]

Descrição experimental

Esta atividade baseou-se em um experimento da *Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural* da *Universidade de São Paulo*, e tem como objetivo estimar a potência irradiada pelo Sol e a temperatura da superfície solar a partir de uma montagem simples utilizando materiais de baixo custo (CANIATO 1990, AROCA 2009). Os materiais necessários para a realização do experimento são: lata de alumínio pintada de preto, termômetro, proveta 100 ml, cronômetro, régua e calculadora.

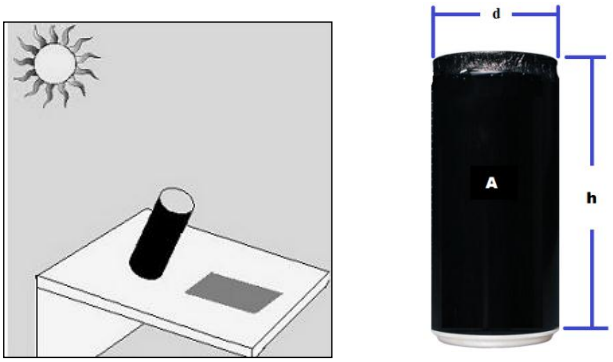


Figura 20: Posição da lata exposta ao Sol e sua área longitudinal

Neste experimento a lata deve ser exposta ao Sol por algum tempo (Figura 20). A fração de radiação que atinge a lata pode ser considerada proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol. Assim, a partir de alguns cálculos envolvendo conceitos de calorimetria e corpo negro, e tratando o Sol como um corpo negro, torna-se possível estimar a temperatura na fotosfera solar.

Inicialmente deve-se determinar a massa de água (*m* sugerida 250 ml) colocada na lata e sua temperatura inicial (T_i). A lata deve ficar exposta ao Sol por aproximadamente 5 minutos (Δt em s), homogeneizando o meio (água) em intervalos de 1 minuto, para então medir a temperatura final da água (T_f).

Tomada de dados				
Eventos	$m_{água}$ (g)	T_i (ºC)	T_f (ºC)	Tempo - Δt (s)
1				
2				
3				

Conhecida a massa de água e a variação de temperatura, torna-se possível determinar a quantidade de calor recebida pela água $\boxed{Q_{água} = m.c.(t_f - t_i)}$. Não há necessidade de considerar o calor recebido pela lata, uma vez que a massa da lata é ínfima em relação à massa de água utilizada e o calor específico da lata também é pequeno em relação o da água.

Tomada de dados		
Eventos	$c_{água}$ (cal/gºC)	$Q_{água}$ (cal)
1	1,0	
2	1,0	
3	1,0	

[23] Energia irradiada pelo Sol (adaptado). Disponível em: http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/fisica/kit3_calorimetria/exp6_termo.pdf

A próxima etapa é calcular a razão entre a quantidade de calor recebido pela água e o tempo de exposição, a potência (*P*): $\boxed{P_{água} = \frac{Q_{água}}{\Delta t}}$, transformando o resultado de cal/s em J/s.

OBS.: 1 cal equivale a 4,186 J.

Tomada de dados	
Eventos	$P_{água}$ (J/s = W)
1	
2	
3	

Sabendo-se que a energia irradiada pelo Sol se propaga igualmente em todas as direções, ou seja, esta energia é propagada em forma esférica, e sabendo o valor da distância Sol-Terra $(r = 1{,}5x10^{13}\,cm)$, calcule a área da esfera que a energia irradiada solar atravessa $\boxed{A = 4\pi r^2}$ e área longitudinal da lata $\boxed{A_{lata} = dxh}$ (onde A corresponde à área de uma esfera com o raio igual à distância Terra-Sol e A_{lata} é a área longitudinal da lata).

Tomada de dados			
Eventos	d_{lata} (cm)	h_{lata} (cm)	$r_{Terra\text{-}Sol}$ (cm)
1			$1{,}5 \times 10^{13}$
2			$1{,}5 \times 10^{13}$
3			$1{,}5 \times 10^{13}$

Tomada de dados		
Eventos	$A = 4\pi r^2$ (cm^2)	$A_{lata} = dxh$ (cm^2)
1		
2		
3		

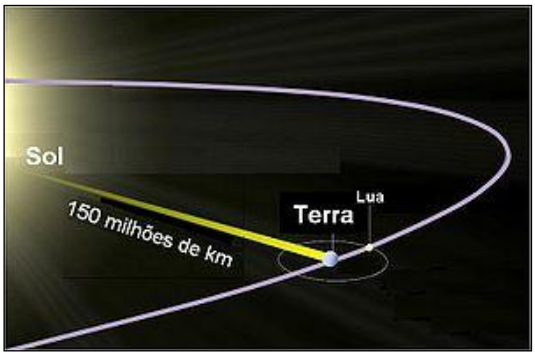


Figura 21: Distância Sol-Terra.
http://pt.wikipedia.org/wiki/Velocidade_da_luz

Considerando que a fração de radiação que atinge a lata é proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol (Figura 21), e realizado os cálculos acima, o passo seguinte é calcular a energia total irradiada pelo Sol por unidade de tempo ou potência total solar irradiada. Para tanto a energia absorvida pela lata deve ser dividida pelo tempo em que a mesma foi exposta ao Sol, de modo a obter a potência.

$$\frac{E_{total}}{\Delta t} = \frac{Q_{água}}{\Delta t}\left(\frac{A}{A_{lata}}\right) \text{ ou seja, } \boxed{P_{total} = P_{água}\left[\frac{A}{A_{lata}}\right]}$$

Hoje se estima que a energia responsável pela luminosidade do Sol é da ordem de $P = 3{,}8x10^{26}\,W$ (SILVA 2006).

A partir do cálculo da potência irradiada pelo Sol, e considerando o Sol como um corpo negro, já temos condições de estimar a temperatura da fotosfera solar usando alguns conceitos de corpo negro,

Tabela 2: Resultados	
Eventos	Potência total irradiada ($x10^{26}$ W)
1	
2	
3	

particularmente a lei de Stephan-Boltzmann [$P = \sigma T^4$ onde $\sigma = 5{,}67x10^{-8} W/m^2K^4$].

Para esta estimativa, inicialmente deve-se dividir a potência irradiada encontrada pela área do Sol $\boxed{P = \left(\frac{P_{total}}{A_{Sol}} \right)}$, onde $\boxed{A_{Sol} = 4\pi R^2}$ (raio do Sol é de aprox. $R = 6{,}96x10^8 m$), de modo a considerar o Sol como sendo uma esférica que irradia igualmente em todas as direções (Figura 22).

Tomada de dados		
Eventos	$A_{Sol} = 4\pi R^2$ (m^2)	$P = \left(\frac{P_{total}}{A_{Sol}} \right)$ (W)
1		
2		
3		

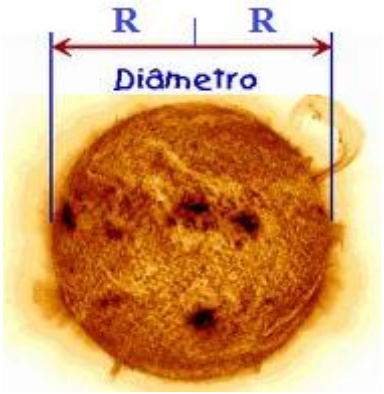


Figura 22: Diâmetro do Sol.

Enfim, calcula-se a temperatura da fotosfera solar a partir da equação: $\boxed{T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma}}}$.

Tabela 3: Resultados	
Eventos	Temperatura da fotosfera (K)
1	
2	
3	

Segundo a literatura, estima-se que a temperatura da fotosfera solar seja da ordem de T = 5780 K (SILVA 2006). O resultado deste experimento depende muito do local onde a experiência é realizada, uma vez que as condições atmosféricas podem interferir.

Questões:

1. Qual foi a maior dificuldade que você encontrou para determinar a temperatura da fotosfera solar e a potência irradiada pelo Sol?

_____
_____
_____

2. Tendo como base os valores da "temperatura da fotosfera" (T = 5780 K) e "potência irradiada pelo Sol" (P = 3,8x10^{26} W) enunciado pela literatura, quais foram os possíveis fatores que levaram a divergências com os resultados obtidos no experimento?

_____
_____

Apêndice II

A - SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM (FINAL)

<table>
<tr><td rowspan="4">MOMENTO I – O Sol e radiações</td><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 01</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>O Sol, a atividade solar e suas radiações.</td><td>• Apresentação em PowerPoint (Palestra)
• Vídeos sobre o Sol (youtube)
• Textos didáticos sobre a física solar e radiações α, β e γ.
• Recurso áudio visual - Trecho do filme
• Atividade experimental / Exercícios</td><td rowspan="2">05</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Apresentar o Sol, suas estruturas e radiações.
• Entender a fusão nuclear e o Sol como fonte de energia
• Discutir aspectos científicos relacionados às radiações a partir de trechos do filme “2012” (Columbia Pictures, 2009, EUA)</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Total: 05</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="11">MOMENTO II – Espectroscopia</td><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 02</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>Espectro eletromagnético</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Textos didáticos sobre espectro eletromagnético e o átomo de Bohr
• Textos didáticos sobre espectroscopia e exercícios.</td><td rowspan="2">02</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Discutir as diferentes faixas do espectro eletromagnético
• Discutir sobre o surgimento a ideia de quantização da energia (pacotes de energia).
• Trabalhar o átomo de Bohr e as transições eletrônicas
• Entender as Leis de Kirchhoff para a espectroscopia</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>Aplicações da espectroscopia</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Encenação de teatro “Como as lâmpadas funcionam?”.
• Atividade experimental “Construção de um espectroscópio amador” (Apêndice I) / Exercícios.</td><td rowspan="2">03</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Construir e discutir um espectroscópio amador
• Discutir os espectros de diferentes lâmpadas do cotidiano
• Preparar os alunos para a visita ao Observatório Dietrich Schiel da USP</td></tr>
<tr><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 03</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>A espectroscopia em um ambiente não formal de educação</td><td>• Texto do aluno “Visita guiada ao Observatório Dietrich Schiel da USP” (Apêndice I).
• Visita ao Observatório
• Atividade no Observatório: “A Sala Solar e o espectro solar” / Exercícios</td><td rowspan="2">Visita didática (> 02)</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td>• Visitar o Observatório Dietrich Schiel da USP
• Trabalhar os diferentes tipos de espectros de lâmpadas e Solar
• Abordar a espectroscopia em um ambiente não formal de educação</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Total: > 7</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6">MOMENTO III – Sistematização e aprofundamento</td><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 04</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>Feedback dos tópicos estudados sobre o Sol e a espectroscopia</td><td>• Uso de Applets – sala de informática
• Atividade de avaliação final</td><td rowspan="2">02</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Usar recurso de múltiplas mídias como forma de sistematizar o que foi trabalhado durante as aulas.
• Propor uma avaliação final, como uma das etapas avaliativas.</td></tr>
<tr><td colspan="3">SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 05</td></tr>
<tr><td>Tema</td><td>Recursos didáticos e Leituras</td><td>Aulas</td></tr>
<tr><td>O Sol como corpo negro</td><td>• Apresentação em PowerPoint
• Textos didáticos diversos abordando o tema radiação de corpo negro.
• Atividade experimental: “Estimando a luminosidade e a temperatura da fotosfera solar” (Apêndice I).</td><td>04</td></tr>
<tr><td>Objetivos gerais</td><td colspan="2">• Discutir sobre o surgimento da mecânica quântica e retomando a ideia de quantização da energia
• Buscar entender o conceito de radiação de corpo negro
• Calcular a Potência irradiada pelo Sol e Temperatura da fotosfera solar</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Total: 06</td></tr>
</table>

Apêndice III

A – QUESTIONÁRIO INICIAL

Este questionário tem o intuito de ser um guia para a elaboração de minicursos para os professores participantes do projeto de pesquisa *Inovações curriculares em ensino de física moderna: investigando uma parceria entre professores e centro de ciências,* desenvolvido no Observatório Dietrich Schiel, CDCC/USP. Agradecemos a colaboração.

Educação Formal e Educação Não formal

1. Vivemos em uma sociedade em constante transformação. Tendo em vista que o sistema educacional é parte integrante desta sociedade, que leitura você, enquanto professor faz da relação entre a Educação Formal (escolar) e a Educação Não formal (centros de ciências, Observatório, museus de ciências...)? Você acha que esta relação é relevante para os processos de ensino e aprendizagem? Por quê?

2. Alguma vez você (ou sua escola) levou alunos a um centro de ciências? Se sim, Quando? Qual o tema da visita? De que forma a visita contribuiu para suas aulas?

Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

3. O ensino de física moderna no Ensino Médio vem sendo discutido há pelo menos duas décadas, tanto que alguns assuntos fazem parte da proposta curricular do Estado de São Paulo. Você já trabalhou estes assuntos em sala de aula? Você se sente preparado para ensinar física moderna? Você acredita que seus colegas estejam preparados? Por quê?

4. Quais dificuldades você julga estar envolvidas no ensino de física moderna?

Física Solar

5. No Observatório Dietrich Schiel, especificamente na Sala Solar há uma montagem experimental dedicada ao estudo e divulgação do Sol. Nesta montagem, uma das atividades é a observação do espectro solar. Em sua opinião por que é importante para o aluno do ensino médio ter contato com tópicos de estudos relativos à nossa estrela, o Sol? O que o aluno de ensino médio pode aprender a partir do estudo da espectroscopia? (se achar conveniente, por favor, use dos tópicos a seguir para guiar sua resposta).

Química atômica	Efeito Zeeman
Átomo de Bohr	Elementos químicos
Linhas de emissão	Elétron
Linhas de absorção	*Redshift* e *Blueshift*
Espectro contínuo	Evolução estelar

Sobre quais destes assuntos você já ouviu falar? Você se sente preparado para ensiná-los?

B - Entrevista Semiestruturada 01

Estágio de Preparação Docente – Minicursos. [24]

1. Qual o seu nome? Qual a disciplina você ministra e em qual escola você trabalha? Quando e onde você se formou?

2. Como você tomou conhecimento deste projeto (e dos minicursos preparatórios)? É a primeira vez que você participa de um curso de aperfeiçoamento?

3. O que te motivou a acordar sábado bem cedo, pegar o ônibus (carro, a pé) e vir (para São Carlos) participar destes encontros?

4. Até o momento [apresentação do cronograma e início do curso] o que mais te chamou a atenção? Quais tópicos você pode citar?

5. Você acredita que o que vocês aprendem aqui é possível fazer em sala de aula?

6. Como você acha que esse curso de aperfeiçoamento de ensino vai te ajudar em sala de aula?

7. Na vigente grade curricular de física para o ensino médio, o que você poderia considerar como uma "falha"? Por favor, justifique.

[24] Esta entrevista foi orientada pelos pesquisadores e realizada por um profissional da "Assessoria de Comunicação" do Instituto de Física de São Carlos. A entrevista foi gravada em áudio e vídeo no Observatório durante o quarto encontro preparatório. Optamos pela condução da entrevista por uma pessoa externa à pesquisa visando não influenciar as respostas dos professores participantes e deixá-los mais a vontade para responder.

C - ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA 02

INÍCIO DA APLICAÇÃO DAS SEA EM SALA DE AULA – ANO LETIVO 2012.[25]

1. Após concluir todas as etapas de preparação e, elaboração das Sequências de Ensino e Aprendizagem, você se sente preparado para abordá-las em sala de aula? Comente sobre sua visão em relação à fase de preparação.

2. A partir de sua experiência, como professor dos alunos do 3º ano do ensino médio desde o início do ano e como participante ativo da elaboração das SEA, quais as maiores dificuldades que você espera encontrar?

3. Qual a sua expectativa para o curso (aplicação das SEA)? O que você espera dos alunos ao final dos trabalhos?

4. Sobre a elaboração do material didático (textos e roteiros). Em sua opinião, qual a importância de entregar "materiais" aos alunos no início da aplicação da SEA?

5. Após realizar o curso, como você enxerga e/ou interpreta a parceria centro de ciência e escola, com vista a contribuir para o processo de ensino e aprendizagem?

[25] Esta entrevista foi gravada em áudio e vídeo na escola participante, antes do início da aplicação das Sequências de Ensino e Aprendizagem.

D - ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA 03 (PROFESSORES)

APÓS A APLICAÇÃO DAS SEA – ANO LETIVO 2012.[26]

1. No questionário inicial, você disse que se sentia preparado para aplicar a Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) em sala de aula. Com o término da aplicação, como você interpreta sua colocação inicial? Por favor, justifique sua resposta por meio de exemplos.

2. Quais as dificuldades que você enfrentou durante a aplicação da SEA? Elas corroboram com as dificuldades que você esperava encontrar?

3. (**Prof. J**) No início da aplicação da SEA, você mencionou, dentre outras coisas, que tinha a expectativa de levar os alunos a se interessarem mais pela física. Esta expectativa foi concretizada? Cite fatores que sustentam sua constatação?

(**Prof. R**) No início da aplicação da SEA, você mencionou, dentre outras coisas, que tinha a expectativa de que os alunos aprendessem física moderna. Você acredita que esta expectativa se concretizou? O que o levou a esta conclusão?

4. Você trabalhou a SEA em duas salas de 3º ano do ensino médio iniciando-as com duas semanas de diferença. Esta abordagem possibilitou fazer alterações nas sequências? Quais alterações foram realizadas e por quê?

5. Como a visita ao Observatório Dietrich Schiel auxiliou a continuidade das SEA em sala de aula? Dê exemplos.

6. Terminada a aplicação das SEA, em sua opinião, o que deu certo e o que deu errado durante a aplicação das sequências? O que você mudaria em aplicações futuras?

7. Em relação aos materiais (roteiros e textos) elaborados para os alunos. Qual foi a importância de entregar materiais aos alunos no início da aplicação da SEA? Você observou mudança na postura dos alunos?

8. Após realizar o curso de preparação docente, trabalhar a SEA em sala de aula e realizar visitas ao Observatório, ou seja, terminados os trabalhos:

a) Como você vê a parceria centro de ciência e escola, com vista no processo de ensino aprendizagem dos alunos?

[26] Esta entrevista foi gravada em áudio e vídeo ao término da aplicação das Sequências de Ensino e Aprendizagem, na escola participante.

b) Quais os maiores desafios a serem enfrentados com vistas à parceria?

c) Sabemos que são muitos os obstáculos didático-pedagógicos ligados ao ensino de física moderna enfrentados no cotidiano escolar. Por favor, você pode citar alguns destes obstáculos?

d) Como você lida e busca superar estes obstáculos? E em que sentido a parceria entre centro de ciências e escola auxiliou na superação destes obstáculos?

9. Certamente você já deve ter realizado outras visitas didáticas com seus alunos. Na visita realizada ao Observatório você notou alguma diferença, tendo em vista a relação sala de aula e centro de ciências, para o trabalho docente e ensino de física moderna? Você poderia elencar alguns pontos?

10. Agradecemos imensamente você ter aceitado o convite e participado deste projeto de pesquisa (sem bolsa e com encontros preparatórios aos sábados). Agora gostaríamos que você explicitasse a sua visão sobre os trabalhos realizados e a contribuição que este projeto pode ter propiciado para a sua formação docente e para os alunos. Por favor, fique a vontade para fazer suas colocações.

E - Entrevista semiestruturada 04 (alunos)

Após a aplicação das SEA.[27]

1. No terceiro bimestre vocês estudaram um pouco sobre o Sol e sobre a física solar (e física moderna). No início das atividades, vocês imaginavam que pudessem estudar física a partir do Sol? Por quê?

2. Em relação aos textos e roteiros de atividades que vocês receberam. De que modo favoreceu o estudo e as atividades desenvolvidas? (em sala de aula e no Observatório).

3. Durante o curso, qual assunto foi mais interessante em sua opinião? (alguma atividade experimental, algum tema abordado em aula...). O que leva você a esta conclusão?

4. Certamente vocês já realizaram várias visitas didáticas com a escola. Em relação à visita ao Observatório Dietrich Schiel e, focando na abordagem do professor e mediadores, o que vocês notaram de diferente em relação às outras visitas? (além dos conteúdos).

5. Ainda sobre a visita, o que mais chamou sua atenção? Por quê? (pode ser em relação a conteúdo, condução da visita, etc.).

6. Terminado o trabalho com as SEA, o que você pode me contar sobre:

a) Física solar: O que diferencia uma cor da outro no espectro solar?

b) Átomo de Bohr: A partir do átomo de Bohr, como você explicaria a emissão de luz?

c) Espectroscopia: No Observatório, você observou as linhas do sódio no espectro de emissão (lâmpadas) e no espectro de absorção (Sala Solar). O que significa eles estarem na mesma posição do espectro?

d) Radiação: Por que eu posso dizer que o Sol se comporta como um corpo negro?

7. No fechamento das SEA, o professor trabalhou com vocês alguns *Applets* relacionados com o conteúdo abordado no curso. Vocês já tinham realizado alguma atividade deste tipo? Como vocês interpretam esta atividade de fechamento do curso?

8. Falando sobre a parceria entre a escola e o Observatório. A visita ao Observatório facilitou a compreensão dos tópicos estudados em aula (antes e depois)? De que forma?

[27] Esta entrevista foi gravada em áudio e vídeo ao término da aplicação das Sequências de Ensino e Aprendizagem, na escola participante.

F - TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

São Carlos, Julho de 2012.

Termo de autorização de uso de imagem e depoimentos

Eu _____

CPF número:_____, RG número:_____, após participar e entender os objetivos, procedimentos metodológicos e benefícios da presente pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e depoimento, especificados neste documento legal, AUTORIZO, os pesquisadores envolvidos nesta pesquisa, intitulada "**Inovações curriculares em ensino de física moderna: Investigando uma parceria entre professores e um centro de ciências**" (Processo FAPESP # 2010/16843-9) a fazerem uso de minhas imagens, falas e entrevistas que se façam necessárias para o pleno desenvolvimento da pesquisa, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, AUTORIZO a utilização dos materiais coletados, referentes à minha pessoa, para fins de estudos científicos e/ou divulgação, seja por meio de artigos científicos, textos ou apresentação em conferências.

Sem mais,

_____

Professor colaborador e parceiro do projeto de pesquisa

_____

Me. Pedro Donizete Colombo Junior

Pesquisador/Doutorando

_____

Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva

Pesquisadora/Orientadora