UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA E
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

BENTO FILHO DE SOUSA FREITAS

**Análise de um plano de ensino sobre Física de Partículas
no Ensino Médio**

SÃO PAULO
2017

BENTO FILHO DE SOUSA FREITAS

**Análise de um plano de ensino sobre Física de Partículas
no Ensino Médio**

Versão Corrigida

(Versão original encontra-se na unidade que aloja o Programa de Pós-graduação)

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Anne L. Scarinci

São Paulo

2017

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

Freitas, Bento Filho de Sousa

Análise de um plano de ensino sobre física de partículas no ensino médio. São Paulo, 2017.

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

Orientador: Profa. Dra. Anne Louise Scarinci Peres

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Física moderna (Estudo e ensino); 3. Lúdico; 4. Construtivismo (Educação).

USP/IF/SBI-018/2017

À minha esposa e filha, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr^a. Anne L. Scarinci, pela orientação, paciência e pelas suas observações que me guiaram na realização desse trabalho. Obrigado por ter me transformado, sem ter me tolhido, sem ter me domado. Ensinou-me muito mais do que esperava, me orientando para a vida.

A todos os colegas do grupo de pesquisa, Ozório, Jorge, pelas oportunidades de discussão que me ajudaram a construir minha visão da história da ciência e da pesquisa acadêmica, por compartilhar comigo seus conhecimentos e ajuda na construção do meu projeto, enriquecendo-o com suas observações.

As mulheres da minha vida:

À minha amada Nildice Rosa de Sousa, minha rocha, meu porto seguro, minha fonte inesgotável de força e otimismo. Exemplo de dignidade, simplicidade, honestidade e nobreza. Mãe, nunca, nunca seria o que sou sem você.

À Jocylene, minha companheira de todas as horas, que me incentiva em todos os meus projetos e por quem todos eles valem mais a pena.

À Gabriela, minha filha, meu apoio, minha força nos momentos de fraqueza, minha fonte de tranquilidade e serenidade.

Aos meus alunos, que compartilharam comigo suas dúvidas e conhecimento ao longo da aplicação dessa pesquisa.

E a todos aqueles que contribuiriam, diretamente ou indiretamente, para a realização desse trabalho.

RESUMO

Esta pesquisa fez interagir três temáticas: a Física Moderna e Contemporânea na Escola Básica, o lúdico em situações de aprendizagem, e o processo de pesquisa-ação para o aprimoramento profissional docente. O professor-pesquisador elaborou um plano de ensino sobre Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio, usando no eixo de seu planejamento um conjunto de atividades lúdicas. Seu plano foi discutido em um grupo de pesquisa-ação, aplicado, reformulado e reaplicado; e o processo de reflexão e reelaboração do plano foi analisado. Além disso, os resultados de aprendizagem foram descritos e analisados. Por fim, foram traçadas considerações sobre o potencial das atividades lúdicas inseridas no plano, tanto para promover o engajamento do aluno, como para a aprendizagem. Para a produção dos dados sobre a aprendizagem e sobre a contribuição das atividades lúdicas, utilizou-se de atividades escritas realizadas pelos alunos, anotações pós campo e videogravações de algumas aulas. Para a produção de dados sobre o processo de planejamento foram usados os planos de ensino do professor-pesquisador e outros documentos escritos de reflexão sobre seu planejamento e suas aulas. Como resultados, foi avaliado que a participação em um grupo de pesquisa-ação mostrou-se muito adequado com instância de formação continuada, pois proporcionou reflexões que não seriam possíveis sem a colaboração do grupo. Tais reflexões resultaram em uma mudança substancial no planejamento do ensino do professor. Quanto aos resultados de aprendizagem, foram satisfatórios dentro do proposto, embora o plano não tenha chegado a uma formalização dos conceitos nem a aplicações à realidade cotidiana. Finalmente, concluímos que aprender, com ludicidade, e ensinar - através de artefatos lúdicos - suscita riqueza de possibilidades de relacionamentos, de descoberta e apropriação do mundo dos saberes e dos fazeres.

Palavras-chave: Lúdico, Ludicidade, planejamento do Ensino, Ensino de Física Moderna.

ABSTRACT

This research has interacted three themes: Modern and Contemporary Physics in the Basic School, the playful in learning situations, and the process of action research for professional teacher improvement. The professor-researcher drew up a teaching plan on Modern and Contemporary Physics for High School, using in the axis of his planning a set of playful activities. His plan was discussed in an action research group, applied, reformulated, and reapplied; And the process of reflection and re-elaboration of the plan was analyzed. In addition, the learning outcomes were described and analyzed. Finally, considerations were made about the potential of the play activities included in the plan, both to promote student engagement and learning. For the production of data on learning and on the contribution of play activities, students' written activities, post-field notes and video recordings of some classes were used. For the production of data about the planning process, the teacher-researcher's teaching plans and other written reflection documents about his planning and his classes were used. As a result, it was evaluated that participation in an action research group was very adequate with an ongoing training, since it provided reflections that would not be possible without the collaboration of the group. Such reflections have resulted in a substantial change in the planning of teacher education. As for the learning outcomes, they were satisfactory within the proposed one, although the plan did not arrive at a formalization of concepts or applications to everyday reality. Finally, we conclude that learning with playfulness and teaching - through playful artifacts - arouses a wealth of possibilities for relationships, discovery and appropriation of the world of knowledge and actions.

Keywords: Ludic, Ludicidad, Teaching Planning, Modern Physics Teaching.

Sumário

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 O Ensino de FMC nos periódicos da área	5
1.2 O resgate do prazer de aprender – Física Moderna e o lúdico	9
CAPÍTULO 2	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Princípios e balizas para o planejamento do ensino	13
2.2 O Lúdico e suas Contribuições	18
2.2.1 O Lúdico para Piaget	22
2.2.2 O Lúdico para Vygotsky	30
2.2.3 Contribuições do Lúdico para Educação	33
2.2.4 O lúdico como Instrumento de Aprendizado	36
2.3 A Pesquisa-ação	40
CAPÍTULO 3	45
3. OBJETIVOS	46
CAPÍTULO 4	48
4. METODOLOGIA	49
4.1 Fonte de dados - A comunidade participante da pesquisa	50
4.2 A construção do plano de ensino	51
4.3 A Análise dos dados	57
CAPÍTULO 5	64
5. ANÁLISE DO PLANO DE ENSINO	65
5.1 Evolução do Plano de Ensino	66
5.2 Evolução da construção do questionário diagnóstico e análise das ideias iniciais dos alunos ...	87
CAPÍTULO 6	94
6. Resultados de Aprendizado	95
6.1 Análise das concepções iniciais	95
6.2 Análise dos Resultados de Aprendizado	103
6.3 Análise das Contribuições do Lúdico dentro do Processo de Aprendizagem	120
CAPÍTULO 7	131
7. Conclusão	132
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXOS	149

1.INTRODUÇÃO

Uma das funções da Escola Básica é o de introduzir os novos integrantes da sociedade à sua produção cultural. Até o início do século XX, o currículo de física da Escola Secundária abrangia, em termos conceituais, a maior parte dos conceitos considerados fundamentais dessa área de conhecimento. No entanto, ao longo do século XX, o currículo deixou de acompanhar os enormes avanços no conhecimento físico e a construção de teorias e modelos físicos bastante complexos – que integram o que se convencionou chamar de Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A bem da verdade, até a década de 1960, houve uma tentativa dos manuais didáticos em trazer os avanços recentes no conhecimento físico, e eram encontrados, por exemplo, o modelo atômico de Bohr, as partículas subatômicas já conhecidas e até alguma discussão sobre a equação de Schroedinger (Freitas e Scarinci, 2016). Por motivos que não cabe aqui discussão, os manuais da década de 70 resolvem suprimir tais conteúdos e centrar na chamada Física Clássica.

Duas décadas depois, a introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para a Escola Básica tem ganhado vários defensores e alguns conceitos e modelos, ainda que timidamente, foram incluídos nos currículos oficiais. As práticas docentes escolares demoraram um pouco para acompanhar tais recomendações.

No século XXI, talvez por se tratar de um assunto atual e fascinante tanto para alunos quanto professores, tentativas de abordagem de conteúdos ligados à FMC tornou-se frequente tanto em escolas públicas quanto privadas (Ostermann e Pereira, 2009), gerando uma discussão sobre a inserção desses conteúdos na Escola Básica – tanto sobre a pertinência (comparada a outros temas curriculares), quanto sobre a escolha de conteúdos, estratégias de ensino e atividades (Brockington, 2005).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais e, em seguida, o PNLD, incentivaram o aparecimento da FMC nos livros didáticos de física para o Ensino Médio. Hoje, quase todos os manuais escolares de física trazem alguma seção a respeito. No entanto, tais conteúdos costumam estar segregados em capítulos finais do livro, e com um programa já inchado e poucas aulas semanais, muitos professores não “chegam lá”.

Além disso, professores também apontam que sua formação não lhes permite a autonomia necessária para abordar tais assuntos em sala de aula.

Diante de uma real dificuldade de tratamento da FMC no nível da Escola Básica, poderíamos colocar a pergunta – Inserir ou não os conteúdos de Física Moderna em um Currículo já inchado? Se a resposta for sim, como fazê-lo?

De fato, a lista de contra-argumentos pode se estender. Além dos dois já citados (conteúdo programático excessivamente extenso e falta de preparo profissional), poderíamos adicionar, por exemplo, a escassez de materiais específicos tanto para professores quanto para alunos, o alto nível de complexidade do conteúdo, cuja sistematização matemática e tratamento rigoroso podem torná-lo incompatível para alunos do Ensino Médio, e ainda o fato de que possivelmente não haveria tempo para trabalhar a FMC com aprofundamento tal que permitisse ao aluno relacionar tais conceitos com sua vida prática, como, por exemplo, compreender o funcionamento de artefatos tecnológicos.

Para tentarmos desfazer esse nó sobre a inserção ou não de conteúdos de Física Moderna no Ensino Médio, torna-se oportuno considerá-los em vista dos objetivos amplos da escola básica, e de como a disciplina de Física pode colaborar em tal empreendimento.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) reforçam que o Ensino de Física deve apresentar um conjunto de competências que tornem possível a compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos presentes tanto no cotidiano imediato do aluno como no estudo do universo distante. O texto afirma que é preciso “construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.1).

Assim, as Orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais apresentam a necessidade da abordagem de temas relacionados à Física Moderna do século XX no Ensino Médio (EM):

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2002, p.19).

Há vários pesquisadores que defendem a inserção de tais conteúdos, e um dos fortes argumentos é que, com os avanços tecnológicos, a Física Moderna tem despertado a curiosidade dos jovens. Para Leonel e Souza (2009) é inaceitável que o ensino da ciência na Escola Básica não acompanhe o desenvolvimento científico, pois segundo os autores, prejudica a alfabetização científica e tecnológica do aluno. Esse argumento também se relaciona, no caso específico da Escola Pública, à melhora da qualidade de vida e, consequentemente, ao maior acesso da classe popular aos artefatos tecnológicos cuja construção é fundamentada na Física Moderna (MARTINS, 2004).

Já Terrazzan (1992) justifica uma atualização no currículo apontando a necessidade de formar um cidadão participativo, consistente, que entenda o mundo criado pelo homem atual. Alvetti (1999) ainda argumenta que a maioria dos alunos não ingressam no ensino superior após conclusão do Ensino Médio. Isso implica que este estágio pode ser o único encontro sistematizado entre eles e o conhecimento advindo da física moderna.

Talvez mais contundente do que todos esses argumentos é que a FMC atinge, tanto quanto as demais áreas da física, alguns dos principais objetivos conceituais do estudo da ciência no nível básico: a compreensão da construção do conhecimento científico através da modelagem de fenômenos, a constituição atômica da matéria, as interações fundamentais, o conceito de energia, a evolução histórica do conhecimento.

Para exemplificar, no objetivo de conhecer a natureza atômica da matéria, o conteúdo a ser trabalhado pode ser tanto a Eletrodinâmica (modelo de Drude que explica a corrente elétrica), como a termodinâmica (modelo cinético), ou ainda a Física de Partículas, dentre tantos. Os embates entre ideias de mundo que proporcionam a transformação do conhecimento são usualmente estudados no contexto da revolução

copernicana, mas o contexto histórico da época do desenvolvimento da física quântica serviria igualmente.

Em outras palavras, se deixarmos de pensar o currículo como uma justaposição de temas, assuntos e conceitos (a partir dos quais, sim, concordaríamos que adicionar mais conceitos seria incompatível com o tempo dedicado ao estudo da Física na EB), e em vez disso passarmos a pensar o currículo a partir de objetivos – que se conectam com os modelos físicos, conceitos-chave e uma visão mais ampla do aprendizado da Física como um meio para atingir fins mais amplos – a FMC se torna perfeitamente pertinente e adequada para o trabalho com os alunos da EB.

Os contra-argumentos acima discutidos, nesse contexto, passam a ser desafios a serem superados: que conceitos ou modelos poderiam ser selecionados como fundamentais? Como fazer uma transposição didática adequada, que possa prescindir da matemática complexa utilizada para o aprendizado no Nível Superior? Como auxiliar os professores a adquirir competência em temas ligados à FMC?

Esta pesquisa estará dentro desse contexto: partindo da possibilidade da inserção de conteúdos de FMC no EM, buscamos operacionalizar um plano de ensino, conectando atividades a objetivos (conceituais e gerais). Em outras palavras, pretendemos criar uma resposta particular, que possa ser futuramente utilizada para generalizações na discussão daquelas questões.

O trabalho se dará nos moldes de uma pesquisa-ação, em que o pesquisador-professor elabora, discute, reelabora, aplica, analisa um Plano de Ensino que traz atividades, jogos, experimentos como artefatos lúdicos, visando o aprendizado sobre a constituição da matéria.

Em especial, buscaremos também investigar com quais aspectos importantes esses artefatos, aqui chamados de lúdicos, irão contribuir no processo de ensino e de aprendizado sobre a constituição da matéria.

1.1 O Ensino de FMC nos periódicos da área

Pereira e Ostermann (2009) fizeram uma revisão sobre o ensino de FMC contendo a análise de 102 artigos publicados em revistas de Ensino de Ciência do Brasil e do exterior, no período de 2001 a 2006. Classificaram os trabalhos consultados em quatro grandes categorias:

- **Propostas didáticas testadas em sala de aula** – refere-se à implementação de novas estratégias didáticas que visam promover nos estudantes um melhor entendimento de temas contemporâneos. Tais estratégias envolvem mudança de enfoque, uso de tecnologias da informação e comunicação, inovações didáticas, entre outros.

- **Levantamento de concepções** – engloba trabalhos que avaliaram o conhecimento de professores e alunos acerca de temas de FMC. Essa categoria inclui o levantamento de modelos mentais, invariantes operatórios, modos de raciocínio, perfis conceituais e concepções errôneas relativas a temas específicos.

- **Bibliografia de consulta para professores** – trata de bibliografias de consulta direcionadas a professores de física, tanto de nível médio como de nível universitário, incluindo textos de apoio, recursos didáticos, propostas de unidades didáticas e divulgação científica.

- **Análise curricular** – refere-se aos trabalhos que se dedicaram à análise curricular ou outros tipos de análise relevantes para o ensino de FMC, como a análise de livros didáticos.

Os resultados obtidos revelam que 52 trabalhos se referiam à bibliografia de consulta para professores e 50 trabalhos se referiam a outras categorias, dentre estas, apenas 22 trabalhos referem-se à inserção de temas de FMC no Ensino Médio e um artigo relata uma experiência didática desenvolvida no ensino fundamental. Outro destaque segundo os autores é que apenas 7 trabalhos da amostra envolveram professores em serviço ou em formação inicial, correspondendo a 14% dos trabalhos de pesquisa e 6,9% da amostra total. Ainda, em relação aos temas mais recorrentes, constataram que a maioria, dedicava-se à Mecânica Quântica (26 artigos), Relatividade (11 artigos) e alguns a temas como radiação, supercondutividade, Física de Partículas, Física Nuclear e armas nucleares, totalizando 13 artigos. Esses dados estão exemplificados no quadro 1.

Categorias	Subcategorias	Alguns trabalhos classificados
Propostas didáticas testadas em sala de aula	1) Estratégia para abordar FMC no Ensino Médio;	Silva e Kawamura (2001) abordaram o tema dualidade onda-partícula nas aulas de óptica no Ensino Médio.
	2) Mudanças no ensino de FMC em nível superior;	- Johansson <i>et al.</i> (2001) realizaram na Universidade de Estocolmo dois cursos voltados para estudantes de Ensino Médio: um sobre astronomia e outro sobre física de partículas.
	3) Uso de tecnologias de informação e comunicação;	- Santiago <i>et al.</i> (2001) elaboraram e avaliaram um curso introdutório de física de plasmas para nível universitário. A metodologia adotada baseou-se em aulas expositivas e atividades experimentais, ministradas por quatro professores.
	4) Abordagem ciência, tecnologia e sociedade;	
	5) Articulação com a história e a filosofia das ciências.	
Levantamento de concepções	-----	- Singh (2001) investigaram as dificuldades de estudantes de um curso avançado de MQ sobre os conceitos de medição quântica e evolução temporal. - Wittmann <i>et al.</i> (2002) investigaram os modelos utilizados por estudantes de engenharia elétrica ao raciocinar sobre condutividade elétrica.
Bibliografia de consulta para professores	1) textos didáticos;	Linton (2001) demonstrou que a equação para o efeito Doppler relativístico pode ser obtida a partir de uma abordagem corpuscular para o fóton.
	2) novos recursos didáticos;	- Cavalcante e Tavoraro (2001) desenvolveram uma oficina de FMC que visa sua inserção no Ensino Médio.
	3) novas propostas e estratégias didáticas;	- Marques e Silva (2005) utilizaram a Olimpíada Brasileira de Astronomia como meio para introduzir temas de FMC no Ensino Médio.
	4) divulgação científica.	
Análise curricular		- Brockington & Pietrocola (2005) analisam os requisitos necessários para a inserção de temas de MQ no Ensino Médio.
	1) Análise curricular	- A partir de uma construção teórica comprometida com a epistemologia de Toulmin, Arriasecq e Greca (2002) propuseram alguns eixos para a análise de livros didáticos de Ensino Médio que abordam a RE.
	2) Análise de livros didáticos	- Greca e Moreira (2001) fizeram uma revisão na literatura sobre estudos relativos ao ensino introdutório de MQ.
	3) Revisão da literatura	

Quadro 1: Resumo das categorias propostas por Pereira e Ostermann (2009).

Desse levantamento, os autores concluíram que, apesar do aumento de publicações que apresentam resultados de pesquisa, a maioria dos artigos ainda se refere a textos de consulta para professores e poucos investigaram os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimento em sala de aula. Também, a maioria dos trabalhos de pesquisa que avaliam propostas didáticas em sala de aula se refere ao conteúdo e ao rigor científico com que eles foram apresentados.

Dessa forma, por um lado, há bastantes trabalhos científicos sobre a importância da inclusão da Física Moderna na Escola Básica, por outro lado, há poucos trabalhos em que tal prescrição é colocada em prática e avaliada, através de um conjunto de estratégias, de atividades, conceitos, mecanismos de diagnóstico e avaliação.

A Física Clássica já é familiar para os professores de Física, ou seja, já temos um conjunto de analogias, experimentos, formas explicativas, exemplificações que conectem o conteúdo com o contexto cotidiano da sociedade, extratos históricos e anedóticos, exercícios e problemas típicos. A Física Moderna ainda não conta com todo esse ferramental e não há tradição de ensino na área. Desse modo, um professor experiente, que sabe elaborar um planejamento para trabalhar a Cinemática, a Dinâmica, a ótica, não consegue facilmente montar um plano de ensino de FMC.

Rocha e Ricardo (2016) investigaram a dificuldade dos professores em criar sequências didáticas e encontraram ao menos três fatores: a precária formação em FMC na licenciatura, as condições de trabalho enfrentadas por muitos professores, e as crenças de autoeficácia. As crenças de autoeficácia tratam do julgamento das próprias capacidades, relacionado à realização de determinada ação ou tarefa. Professores que desenvolveram atividades em um contexto de inovação (como é o caso de planejamento do ensino em FMC), foram aqueles avaliados com maiores níveis de crença de autoeficácia (Rocha e Ricardo, 2016).

Sabino e Pietrocola (2016), apontam que os saberes docentes desenvolvidos por professores do Ensino Médio são cruciais na confecção de um curso inovador. Esses saberes, aqui entendidos como as habilidades desenvolvidas na ação e adquiridas pelo professor ao longo de sua trajetória experiencial, podem ajudar no sucesso do curso, porém, não é o suficiente. Para os autores, a maneira que o professor vai incorporá-los e o saber curricular do docente, são condições importantes

para o sucesso de uma proposta inovadora, ajudando a aumentar as crenças de autoeficácia.

Em pesquisa sobre os fatores que interferem na aplicação dos conceitos de FMC em sala de aula, Reneer e Krueger (2016) analisaram que:

- Poucos professores relacionam os conteúdos com o cotidiano do aluno, o que, segundo os autores, pode constituir-se em limitação para a aprendizagem, pois tal relação poderia resultar em maior compreensão dos conteúdos, e promoveria associações com o mundo em que vivem.
- Em relação às dificuldades que impedem a aplicação efetiva dos assuntos de FMC estão a falta de tempo (em termo de número reduzido de aulas) e a falta de estrutura física que torne possível a associação da teoria com a prática.
- A experimentação em grupo também não é realidade nas escolas estaduais avaliadas, visto que apenas dois professores (dentre os 102 entrevistados) afirmam realizar estes procedimentos.
- Verificou-se que alguns conceitos fundamentais da FMC têm sido pouco explorados; conceitos como condutores e isolantes, relatividade, fissão e fusão nuclear, e modelos atômicos são trabalhados com maior frequência. Não houve relato de ensino de física de partículas.

Neste contexto, esta pesquisa pretende contribuir para área através do desenvolvimento de um Plano de Ensino sobre Física Moderna na Escola Básica, além de avaliarmos os resultados de aprendizagem ao mesmo tempo em que discutimos a própria elaboração/reelaboração do plano de ensino.

1.2 O resgate do prazer de aprender – Física Moderna e o lúdico

A partir do final do século XIX, na busca pela superação das concepções tradicionais de educação escolar, surgiram iniciativas visando à implantação de novas formas de ensino, que buscavam maior foco no prazer de aprender e em atividades que provocassem o desenvolvimento integral da criança. Talvez a mais emblemática dessas iniciativas tenha sido o movimento Escola Nova, que trazia uma proposta na qual o aluno passa a ser o centro do processo educativo, para o qual o papel do professor deveria ser o de facilitador da aprendizagem, priorizando o desenvolvimento

psicológico e a autorrealização do educando. O ensino deveria contar com atividades variadas como trabalhos em grupo, pesquisas, jogos, experiências, entre outros. Um dos principais objetivos era o de “aprender a aprender”.

No Brasil este movimento tem seus contornos dados pelo ataque configurado nas críticas dos escolanovistas brasileiros ao tradicional método jesuítico (SAVIANI, 2007). E as ideias de modernidade foram uma das bases da discussão.

Contrariando a escola tradicional, propõe-se um modelo no qual o aluno tenha liberdade de expressão, cuja metodologia esteja pautada numa ação educativa de ordem social e cultural. Acrescente-se que o movimento de renovação da pedagogia se deveu, em grande parte, ao desenvolvimento das correntes biológicas, sociológicas e psicológicas. Tais avanços provocaram mudanças na cultura educacional em todo país e alguns estados se destacaram pelo engajamento ao movimento, que foi depois paulatinamente sendo traduzido em políticas públicas e em práticas pedagógicas.

Os movimentos de modernização da concepção de escola, que se propunham revolucionários, não nos parece terem provocado uma grande revolução de fato – ao menos, não no Nível Médio de Ensino. Neste, os conteúdos via de regra têm uma justificativa propedêutica e são apresentados de forma fragmentada e centrados na resolução de exercícios, distantes da experiência vivencial do aluno.

Segundo Macedo (1994) a função eterna da escola é instrumental, ou seja, os adultos mantêm os filhos na escola em função do futuro cidadão que, também graças a ela, eles deverão se tornar. Frequentamos a escola para aprender a ler, escrever, fazer contas, porque as profissões adultas necessitam desses conhecimentos. Mas às vezes essa função instrumental da escola torna-se muito distante das necessidades e interesses da criança e do adolescente. A escola propõe exercícios, mas lhe tira o sentido, o valor lúdico, o prazer funcional. Ensina convenções símbolos, matemáticas, línguas, ciências, de forma esvaziada, portanto, sem valor. Então como recuperar o prazer de aprender?

Dentro desse recorte temporal, um segundo objetivo que este trabalho se propõe será explorar, ainda que timidamente, o ensino da FMC através da inserção, no plano de ensino, de atividades que possam ser prazerosas para os alunos.

Ainda que saibamos que a revolução no Ensino deva englobar muito mais do que a escolha de atividades lúdicas, nossa pesquisa busca contribuir para a área, sem

a pretensão de quebrar o sistema estabelecido, mas sinalizando nessa direção, de que o aprender possa ser desejado pelos alunos, e estar na escola possa ser uma fonte de prazer.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, abordaremos a fundamentação teórica em três frentes: primeiro, trataremos de conhecimentos relacionados Planejamento do ensino, bem como de conhecimentos sobre o ensino e a aprendizagem da física, que contribuem para estabelecer princípios e balizas para o planejamento do ensino. Em seguida, trataremos do lúdico e suas contribuições, em especial procurando fazer uma relação do lúdico com a aprendizagem. Por fim, fundamentaremos os procedimentos de pesquisa-ação, de modo a situar nosso trabalho de pesquisa nessa linha.

2.1 Princípios e balizas para o planejamento do ensino

Neste item, tratamos de alguns dos conhecimentos que buscamos e que consideramos terem influenciado sobremaneira o nosso processo de planejamento do ensino. O desejo de inovação do Ensino, que neste caso envolveu o uso de uma temática ainda não muito usual nas aulas, que é a Física de Partículas, também foi um desejo de trilhar caminhos diferentes dos consolidados pelo ensino transmissivo. Durante a elaboração e reelaborações do plano aplicado nesta pesquisa, buscamos seguir uma linha construtivista na sua elaboração, a começar pela valorização dos conhecimentos prévios dos alunos. Apesar de tratarmos desses subsídios teóricos novamente durante a análise, achamos por bem trazer alguns conceitos já desde o capítulo de Fundamentação.

As ideias prévias dos alunos

Ao longo das duas últimas décadas, estudos desenvolvidos em diversas áreas do conhecimento têm buscado compreender como os conhecimentos prévios dos estudantes participam do processo de ensino-aprendizagem escolar (Carretero, 1997). De um modo geral, os conhecimentos anteriores àqueles aprendidos na escola, como parte de suas aquisições cotidianas, familiares, culturais, irão interferir e influenciar na aprendizagem de novos conteúdos.

As principais correntes teóricas acerca de como se estruturam novos conhecimentos a partir do que já se sabe, têm apontado a relevância de se conhecer o conhecimento prévio do aluno na prática pedagógica docente. Tal temática foi

efetivamente inserida dentro dos currículos de formação inicial de professores de física. Entretanto, apesar de haver maior conhecimento das concepções que os estudantes usualmente possuem, antes de iniciar a aprendizagem de um novo conceito, um grau de dificuldade maior seria o conhecimento de como utilizar tais ideias em situações de ensino. Com isso, queremos dizer que frequentemente ideias dos alunos são trazidas para a aula numa fase diagnóstica, mas não são articuladas com o conteúdo que está sendo abordado. A utilização ou articulação entre o que o estudante já sabe e os conceitos que se quer ensinar ainda representa obstáculo para o desenvolvimento de estratégias de ensino bem-sucedidas no ensino de Física.

Ausubel se ocupa primordialmente da aprendizagem cognitiva, ou seja, como a informação é armazenada ou processada na mente do ser. A sua teoria se baseia no conhecimento prévio, aquilo que o aluno já sabe ou traz na bagagem de conhecimentos adquiridos, anteriormente à data em que o ensino está acontecendo. Ou seja, para ele, tanto as concepções alternativas como as concepções coerentes com as científicas são consideradas como benéficas e úteis em situações de ensino – por isso, Ausubel as denomina como subsunçores.

Nessa visão, o papel da interação entre professor e aluno é importante para, a partir dos subsunçores que o aluno possui, construir novos subsunçores ou modificar os velhos. A aprendizagem é dinâmica, pois ela é uma interação entre aluno e professor, aluno e aluno, a partir do conhecimento que cada um inicialmente tem. Moreira argumenta que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (MOREIRA, 1999). A aprendizagem que consegue efetivamente agir sobre os subsunçores é chamada de aprendizagem significativa – e este é um conceito central da teoria de Ausubel. A aprendizagem é significativa quando, a partir do conhecimento prévio que o aluno traz, é construído um novo conhecimento, que se incorpora à estrutura cognitiva do aprendiz.

Para que se consiga a aprendizagem significativa, uma condição básica é que o aluno tenha uma disposição para aprender; além disso, que o material de ensino seja potencialmente significativo. Isso quer dizer que não é qualquer aula que propicia um ambiente adequado para a aprendizagem significativa. Por outro lado, por mais atraente que seja o material didático, se o aluno não quiser aprender, não aprenderá.

Dentre algumas implicações da teoria de Ausubel para o ensino, podemos destacar o papel fundamental atribuído ao conhecimento prévio, cabendo ao professor:

- Organizar o conteúdo a ser ensinado, partindo do todo (visão geral), para chegar nos conteúdos específicos.
- Identificar quais os subsunçores (conhecimento prévio), que o aluno deve ter para que possa aprender o conteúdo significativamente.
- Verificar o que o aluno sabe sobre o conteúdo a ser ensinado e, caso faltem subsunçores aos alunos, de uma forma ou outra, levar o aluno a adquirir estes subsunçores.

Em outras palavras, a atenção ao conhecimento do estudante, não somente antes, mas também durante o processo de ensino, é fundamental.

A formação de conceitos

A formação de conceitos, segundo Vygotsky, é uma atividade complexa. Esse processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou a tendências determinantes. Todos são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso de signos como meios para conduzir as operações mentais. O uso do signo, portanto, é imprescindível para o crescimento global do aprendiz; afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de raciocínio do indivíduo (Vygotsky, 2001).

Ao escolhermos o tema Física de Partículas para montarmos um Plano de Ensino, levamos em consideração o uso de instrumentos e signos para formação de conceitos. Principalmente quando o público alvo são os adolescentes. Propor um tema atual com Física Moderna e Contemporânea, por exemplo, é apresentar aos jovens um novo desafio de construir novos conceitos.

Vygotsky enfoca a interação social, realizando experimentos, para tentar explicar como se processa o conhecimento, e afirma que entre o estímulo (E) e a resposta (R), há um elo intermediário, um signo, formando a memória mediada, que é diferente da memória natural, que surge da influência direta dos estímulos externos sobre os seres humanos.

Para Vygotsky o contexto social e cultural tem grande influência para o desenvolvimento cognitivo do sujeito. É através da interação social que a pessoa consegue um desenvolvimento cognitivo e a conversão de relações sociais em funções mentais superiores, mediado pelos instrumentos e signos. Segundo Moreira (1999), existem três tipos de signos:

- *Indicadores* – que indicam alguma coisa. A fumaça indica a presença do fogo, que é a causa.
- *icônicos* – são imagens ou desenhos que trazem algum aspecto daquilo que significam. Uma placa com uma sombra de mão espalmada pode significar “pare”.
- *Simbólicos* – são os que têm uma relação abstrata com o que significam. O símbolo H₂O representa uma molécula de água.

Uma das implicações dos estudos de Vygotsky para o ensino são as interações entre aprendizado e desenvolvimento, em especial a zona de desenvolvimento proximal, que pode ser definida como sendo a região onde potencialmente podem ocorrer as interações sociais, que provocam o desenvolvimento de uma função psicológica. Quando dominamos um assunto, somos capazes de resolver problemas ou versar sobre ele, independentemente, isto é, sem a ajuda de alguém. Já um assunto, sobre o qual não nos sentimos seguros, necessitamos da interação com alguém, de modo que o aprendizado do assunto possa levar a um desenvolvimento cognitivo associado. Estruturas mentais nas quais há performance individual satisfatória pertencem ao desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, enquanto que estruturas tais que o indivíduo consegue realizar tarefas relacionadas a elas, porém em colaboração, se localizam na zona de desenvolvimento proximal.

Para que haja a construção do conhecimento com desenvolvimento cognitivo do educando, o professor deverá ser capaz de comunicar-se, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aluno, para que este possa formular seus novos conceitos, a partir dos conceitos já adquiridos, de alguma forma, anteriormente ao tempo em que está acontecendo a interação professor aluno.

O papel do professor

Segundo Vygotsky, a aprendizagem é fundamental para o desenvolvimento, assim como o bom ensino é aquele que promove o desenvolvimento cognitivo e o dirige. Dessa forma, deve-se ensinar algo que esteja um pouco acima deste nível para o estudante (Vygotsky, 2001).

Na teoria de Vygotsky, o papel do professor é atuar como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos. Este processo deve ocorrer dentro da ZDP do estudante. Assim, utilizando como exemplo o tema abordado neste trabalho, o professor é o responsável por apresentar aos estudantes os conceitos aceitos cientificamente referentes à estrutura da matéria; por exemplo, o que um quark. Por sua vez, os estudantes devem “devolver” ao professor os significados captados. A partir deste momento, o papel do professor é verificar se os conceitos externalizados pelos estudantes sobre os quarks estão de acordo com os significados que inicialmente pretendia compartilhar e se estes estão de acordo com o contexto científico tratado, no caso em Física de Partículas. Quando professor e o estudante compartilham significados, podemos dizer que houve aprendizado.

O papel dos Questionários

Segundo Guimarães e Giordan (2011), sequência didática (SD) é um conjunto de atividades articuladas e organizadas de forma sistemática, em torno de um problema central (nosso caso foi “do que a matéria é constituída”). Após essa delimitação, deve-se articular ao longo da sequência didática instrumentos que permitam confrontar o senso comum com o conhecimento científico.

Para Guimarães e Giordan (2011) toda sequência deve atender a três aspectos fundamentais na elaboração da SD:

- Problema inicial: deve ser marcado pela intencionalidade da proposta de ensino e encontrar nos motivos de elaboração da SD sua formulação. É necessário que o problema inicial tenha sentido para o alunado e em certa medida seja elemento de motivação. Apresenta-se também como uma justificativa da atividade de ensino e constrói a partir de uma tematização do conteúdo. Assim, é o agente que sistematiza a proposta de ensino;

- Contextualização do conteúdo: Muito diferente de se apresentar uma questão previamente formulada para que seja respondida pelos alunos, é importante que a formulação do problema seja construída a partir do conhecimento prévio, do contexto, da comunidade escolar, temas da atualidade ou fatos contemporâneos, etc. Com a problematização pode se confrontar o conhecimento prévio e o científico elaborando novos sentidos para o saber e sistematizados os conhecimentos assimilados;
- Agente integrador das aulas: o problema inicial permeia também toda a SD, cada um de seus elementos e pode ser trabalhado através de problemas menores. É necessário que em cada uma das atividades que compõe a aula, ele esteja presente quer seja nas ações investigativas, nas dinâmicas e metodologias empregadas ou nas avaliações que se desenvolva. A problematização enquanto agente integrador das aulas tem função dupla, a primeira é de servir como elo entre as atividades e conteúdo, deve agir também como significante dos conteúdos estabelecendo relações entre os conceitos abordados ao longo das aulas.

A ideia central da sequência didática, que foi transformado em um Plano de Ensino, surgiu das perguntas realizadas pelos estudantes sobre um acelerador de partículas que teria a capacidade de encontrar a chamada “partícula de Deus”.

Motivados em querer descobrir sobre essa a tal “partícula de Deus” o professor elaborou um curso para trabalhar com seus alunos sobre a constituição da matéria, recorrendo especificamente para o tema de Física de Partículas.

Assim, buscou-se ao longo do PE desenvolvido, confrontar os conhecimentos prévios dos alunos com o cientificamente elaborado, através de questionários desenvolvidos para cada atividade do PE.

2.2 O Lúdico e suas Contribuições.

Neste tópico, faremos uma revisão sobre as definições e conceituações do lúdico encontrados na literatura especializada sobre o assunto, que serviram para nortear a sua inserção do Plano de Ensino elaborado.

Com esse aprofundamento, não temos a pretensão de definir o lúdico, mesmo porque, veremos que é um termo bastante empregado em diferentes áreas do conhecimento, mas tentaremos extrair o entendimento apropriado para análise de nossa pesquisa.

Conceituações do Lúdico

As definições e conceituações encontradas na literatura para a ludicidade são diversas, dentre elas podemos destacar:

- a) A etimologia da palavra: O conceito etimológico possui a origem a partir da palavra latina “ludus” que significa “jogo”.
- b) No dicionário: O lúdico está relacionado com o brincar, com o jogo e com as brincadeiras.
- c) A conceituação por pesquisadores:

O lúdico sob análise de Huizinga “não são apenas brincadeiras de criança; é um elemento fundamental da criação da cultura e da civilização”. O lúdico está relacionado com os jogos que permitem os jogadores expressarem facetas da realidade prática através do prazer da vivência do jogo, como por exemplo, quando uma criança finge que é um príncipe, ela fica literalmente “transportada” de prazer, superando-se a si mesma a tal ponto que quase chega a acreditar que realmente é esta ou aquela coisa, sem, contudo, perder inteiramente o sentido da “realidade habitual” (HUIZINGA, 1996).

Para Huizinga (1996, p.193), existe uma relação entre o lúdico e a cultura, uma vez que “a formação social do jogo desde a antiguidade até as civilizações mais atuais surge como tendência lúdica do ser humano e que está na base das esferas da Filosofia, da Ciência, da Arte, da música e da poesia, como também num contexto político e social”.

Em seus estudos, a essência do jogo reside em sua intensidade, fascinação e capacidade de estimular, expressando-se através do ritmo e harmonia, evidenciando o elemento lúdico em toda a sua análise e interpretação. Para Huizinga (1996, p. 9) “A vivacidade e a graça estão originalmente ligadas às formas mais primitivas do jogo”.

A palavra “jogo” está sendo entendida em seu contexto mais amplo, ou seja, de um caráter social, político, interacionista, promotor de conflitos cognitivos, motivacional, entre outros.

Huizinga ressalta em sua obra as características fundamentais do jogo:

Chegamos, assim, à primeira das características fundamentais do jogo: o fato de ser livre, de ser ele próprio liberdade. Uma segunda característica, intimamente ligada à primeira, é que o jogo não é vida “corrente” nem vida “real”. Pelo contrário, trata-se de uma evasão da vida “real” para uma esfera temporária de atividade com orientação própria. Toda criança sabe perfeitamente quando está “só fazendo de conta” ou quando está “só brincando” (HUIZINGA, 1996, p. 11).

Assim, segundo o autor, o lúdico está ligado à espontaneidade, do interesse espontâneo de envolver-se em determinado jogo, transportando o indivíduo para um estado imaginário do próprio ser.

Para Luckesi (2000, p.97) a ludicidade “é representada por atividades que propiciam experiência de plenitude e envolvimento por inteiro”.

Mas para que uma ação seja lúdica, ou seja, prazerosa e espontânea, o ator não é dispensado de “jogar”:

O lúdico e a ludicidade só serão compreendidos no seu acontecer. O lúdico se parece a uma sinfonia: ela precisa ser executada para ser vivida. Não é uma ideia intelectualizada que nos dá a compreensão da sinfonia. Ela não foi criada para se tornar conceito, mas para ser vivenciada mediante sua execução. O ato lúdico coloca-se na mesma esteira e, ainda, com uma grande diferença. Ele não precisa de partitura. Cada ato lúdico é novo e original, jamais repetido (SANTIN 1994, p.87).

Além dessas definições, Cabrera (2006) aponta que o lúdico aparece nas diversas áreas do conhecimento, conforme a necessidade de investigação de cada área:

<i>Área do Conhecimento</i>	<i>Visão do Lúdico</i>
<i>Sociologia</i>	É abordado como um processo social, em que o brincar não é uma atividade do indivíduo pura e simplesmente, mas uma atividade dotada de uma significação social onde o ambiente interativo favorece o aprendizado.
<i>Filosofia</i>	Relaciona-se com o brincar, com a recreação e o jogo em um ambiente espontâneo, livre e de favorecimento de diagnósticos de personalidade infantil; abrange atividades regradas tanto individuais com coletivas de formato prazeroso e alegre.
<i>Psicologia</i>	Remete à infância, pois o brincar é muito importante nessa fase e a brincadeira é uma atividade mental típica humana que promove a paz com o mundo, um descanso externo e interno.
<i>Naturalistas</i>	Trabalha com o lúdico em ambientes naturais como água, ar e solo traz expectativas de liberdade sem imposição alheia, de prazer espontâneo e de entretenimento manifestados nos diversos espaços, principalmente em contato com a natureza. A prática lúdica surge pelo desejo de experimentar algo novo, nesses ambientes naturais.
<i>Pedagogia</i>	O lúdico é uma necessidade do ser humano em qualquer idade e não pode ser vista apenas como diversão. Através de atividades motivadoras, impulsionam naturalmente o gosto e o prazer pelo estudo, propiciam mais alegria aos alunos, conduzem à investigação de novas técnicas de soluções de problemas.

Quadro 2: O lúdico nas diversas áreas do conhecimento (Cabrera, 2006)

Assim, percebemos uma complexa definição do termo lúdico, podendo referir-se tanto a sentimentos de satisfação e prazer, divertimento e seriedade, quanto a comportamentos de trabalho e liberdade. Notamos um consenso em relação à perspectiva lúdica no que se refere às expressões de liberdade e prazer, brincadeiras e interação, motivação e desafio.

Nossa revisão bibliográfica também nos alude a uma evolução semântica do termo “lúdico”: a definição deixou de ser o simples sinônimo de jogo, extrapolando as demarcações do brincar espontâneo, passando por uma necessidade básica da personalidade, do corpo e da mente do indivíduo. O lúdico faz parte das atividades essenciais da dinâmica humana, caracterizando-se por ser espontâneo e prazeroso.

Quando dizemos funcional, ele não deve ser confundido com uma mera repetição de tarefas e nem tão pouco com a monotonia de comportamentos cíclicos, sem alvo ou objetivo.

Saindo um pouco do campo filosófico do termo, contudo, sem desconsiderá-lo, mas buscando um olhar em uma perspectiva pedagógica, aprofundaremos a discussão do lúdico em uma visão construtivista, além de tentar entender o seu papel no processo de ensino e de aprendizagem.

2.2.1 O Lúdico para Piaget

Antes de explicarmos a questão do lúdico nos trabalhos de Piaget, temos que esclarecer o contexto em que ele se apresenta.

Como nossa pesquisa também busca indícios de aprendizado através de ferramentas tidas como “lúdicas”, temos que entender como ocorre o desenvolvimento cognitivo e de que forma a ludicidade pode ou não contribuir para esse processo.

A ideia central para o desenvolvimento do conhecimento segundo Piaget (1975), não procede somente da experiência dos objetos e nem tão pouco da programação inata pré-formada do sujeito, mas sim das construções sucessivas com elaboração de novas estruturas.

Para formação dessas novas estruturas deve ocorrer um processo que Piaget (1975) chama de equilíbrio, que é constituído por assimilação e acomodação.

Esse equilíbrio cognitivo, segundo Piaget (op.cit.), é um sistema aberto ou seja, permite troca com o meio, podendo assim, sofrer modificações profundas em sua estrutura, diferentemente das que ocorre em um equilíbrio mecânico onde o sistema é fechado, o que não permite influência externa de modo que suas estruturas internas se conservam.

Deste modo, temos que entender a importância da assimilação e acomodação para o processo de equilíbrio e consequentemente, o desenvolvimento cognitivo segundo Piaget (1975).

Em sua pesquisa, Piaget (1975) esclarece a importância das estruturas cognitivas prévias para que ocorra a assimilação, de modo que, uma nova informação só será acrescida a sua estrutura se houver um encaixe perfeito da nova informação

com o que já existe em seu sistema cognitivo. Fazendo uma analogia, seria algo parecido com um quebra-cabeça onde as peças só se encacham se tiverem formatos compatíveis.

Assim, a assimilação segundo Piaget (1975):

- Processo pelo qual o indivíduo se adapta cognitivamente ao ambiente e o organiza;
- Possibilita a ampliação dos esquemas mentais
- Incorporam os elementos que lhe são exteriores e compatíveis com sua natureza.

Quando a assimilação de um evento a um esquema não é possível, forma-se um novo esquema ou modificação do mesmo, ocorrendo então um processo de acomodação.

Piaget (1975, p.14) afirma que “todo esquema de assimilação é obrigado a se acomodar aos elementos que assimila, isto é, a se modificar em função de suas particularidades, mas sem, com isso, perder sua continuidade”.

Logo, a acomodação é um processo complementar mediante o qual o indivíduo se ajusta – se acomoda – a um acontecimento do ambiente, em função das estruturas daquele.

Além da importância dada ao processo de equilibração mediada pela assimilação e acomodação, Piaget (1975) destaca o desequilíbrio como sendo um estado de conflito cognitivo, que ocorre quando expectativas ou previsões não são confirmadas pela experiência. Em sua pesquisa, Piaget (1975) coloca o desequilíbrio como um fator importante para que o indivíduo se desenvolva cognitivamente.

Piaget (1975) esclarece também que, além da importância do desequilíbrio, o processo de equilibração não consiste em uma simples volta ao ponto de partida, ele conduz em geral a um estado melhor que o inicial, o qual ele chama de equilíbrio majorante.

Ou seja, esse “novo” equilíbrio o qual ele chama de majorante tem o seu funcionamento como uma espiral, ou seja, em constante crescimento, agregando novos conhecimentos aos esquemas já existentes.

Entendido a importância da assimilação para o processo de equilibração, Piaget (1975) chama nossa atenção para o “interesse” que segundo ele “é uma relação entre as necessidades do sujeito e as características do objeto, este tornando-se interessante na medida em que corresponde às necessidades”.

Logo, se o interesse é algo intrínseco ao sujeito que é alimentado na medida de suas necessidades, podemos estabelecer uma relação entre o interesse é o lúdico como uma relação prazerosa que pede alimentação, segundo o pesquisador:

O interesse é o aspecto motivacional ou de valor de todo esquema de assimilação, sendo um objeto interessante para este esquema na medida em que pode alimentá-lo” (PIAGET, p.79,1975).

Quando o sujeito se interessa por determinada ação, abre caminho para o lúdico. Aqui, entendemos o ato lúdico, ou ludicidade, como um fenômeno interno ao sujeito, que possui manifestações no exterior (LUCKESI, 2000).

Assim, podemos estabelecer uma possível conexão entre **interesse** e o papel das **atividades lúdicas** (jogos, música, dança, entre outros) como aspecto motivacional para o processo de **assimilação**, sendo a **acomodação** um processo individual e onde a **ludicidade** está provocando transformações cognitivas importantes para o indivíduo.

Cabe então nesse momento, estabelecermos uma relação entre o lúdico, assimilação e o jogo.

O jogo, segundo Piaget (1971), se dá num período paralelo ao da imitação, porém, enquanto nesta há uma predominância da acomodação, no jogo, a característica essencial é a assimilação.

“Se o ato de inteligência culmina num equilíbrio entre assimilação e acomodação, enquanto a imitação prolonga última por si mesma, poder-se-á dizer, inversamente, que o jogo é essencialmente assimilar, ou assimilação predominando sobre a acomodação”. (PIAGET, p. 115).

Ao ressaltar a importância do jogo, Piaget o focaliza no momento em que a criança, ao relacionar-se com o mundo dos adultos, percebe as coisas de forma estranha, pela falta de compreensão da realidade que a cerca, por exemplo, algumas regras, atitudes e conceitos que lhe são determinados (hora de dormir, comer, tomar banho, não mexer em certos objetos etc.). Por isso ela procura satisfazer suas necessidades afetivas e intelectuais, assimilando o real a sua própria vontade, resultando daí um equilíbrio pessoal do mundo físico e social promovido pelos mais velhos.

Mesmo que as reações circulares primárias que ocorrem no período de (1 a 4 meses) não apresentem um aspecto lúdico devido à repetição feita pela criança nos movimentos que produziram um efeito inesperado relativo ao seu próprio corpo, pode-se dizer que a maior parte se prolonga em jogos, pois após ter manifestado pela sua seriedade uma grande atenção e um esforço de acomodação, a criança mantém-se no processo de assimilação, repetindo suas ações unicamente pelo prazer que esta repetição lhe proporciona.

Quando seu aspecto reflete o prazer da ação sem a expectativa de obter resultados, a reação circular primária deixa de construir um ato de adaptação completo para originar um prazer de assimilação pura e simplesmente funcional, ou seja, pensamento dirigido pela preocupação da satisfação individual.

No período de 8 a 12 meses, fase de coordenação de esquemas secundários, aparecem duas novidades relacionadas ao jogo.

A primeira se dá no momento em que a criança, ao deparar-se com situações novas, utiliza esquemas já conhecidos que serão capazes de se prolongar em manifestações lúdicas quando estas mesmas manifestações forem executadas por assimilação pura, quer dizer, pelo prazer de agir e sem esforços de adaptação tendendo a uma finalidade;

A segunda, a utilização móvel dos esquemas, possibilitará a formação de verdadeiras combinações lúdicas, fazendo com que a criança não mais passe de um

esquema a outro para explorá-los sucessivamente, como na situação anterior, mas, sim, para garantir-se deles e sem nenhum esforço de adaptação.

Ao inventar novos meios através de combinações mentais a criança, no período de 18 a 24 meses já penetrou no processo de representação mental devido ao surgimento do símbolo lúdico que se transformou em esquema simbólico, caracterizando assim o início do faz-de-conta”. Este simbolismo que se iniciou no período sensório-motor e estenderá aproximadamente até a idade de 7 anos, dominando assim o período pré-operacional. Por exemplo: brinca com um pedaço de pau fazendo de conta que é um cavalo.

No período de 2 a 4 anos, aproximadamente, onde se verifica a presença dos verdadeiros jogos simbólicos, instala-se uma forma de jogo aparentemente diferente, caracterizada pela projeção de esquemas de imitação.

Anteriormente a este período o papel da imitação limitava-se à reprodução das ações do próprio sujeito ou à aplicação a novos objetos das condutas observadas em outra pessoa. Agora, a imitação está sujeita à assimilação lúdica.

Por volta de 4 a 7 anos, os jogos simbólicos começam a declinar, pois: “ao aproximar-se ainda mais do real, o símbolo acaba perdendo o seu caráter de deformação lúdica para se avizinhar de uma simples representação imitativa da realidade” (PIAGET:1971, p. 175).

Com a declinação dos jogos simbólicos, as regras começam a se manifestar na criança, mas é sobre tudo na idade de 7 a 11 anos, aproximadamente, período de pensamento operacional concreto, que o jogo de regras se constitui, pois ele é uma atividade lúdica do ser socializado que se estenderá por toda a vida. Para Piaget, no período operatório concreto, o pensamento continua ligado à realidade empírica, porém há limitações.

Como podemos observar através das descrições feitas, o jogo se dá num processo evolutivo, concomitante ao período de desenvolvimento da inteligência na criança.

Piaget propõem uma classificação dos jogos baseados na evolução das estruturas mentais, classifica por três tipos de categorias:

- Jogos de exercício – 0 a 1 ano
- Jogos simbólicos – 2 a 7 anos
- Jogos de regras – ápice aos 7 anos.

Jogos de Exercício

Os jogos de exercício, primeiros a aparecerem na vida da criança, não incluem intervenção de símbolos ou de regras; a criança executa simplesmente pelo prazer que encontra na própria atividade, e não com o objetivo de adaptação. A principal característica do jogo nesta fase é o seu aspecto prazeroso. E agir para satisfazer-se. O prazer é o que traz significado para a ação: o bebê mama não para sobreviver, mas pelo prazer que o mamar trás, à medida que alivia um desconforto, um desprazer.

Macedo (1995) aponta a importância dos jogos de exercício na construção do conhecimento escolar. Segundo ele, a repetição, como recurso de aprendizagem, é muito importante na escola, mas, a repetição em si mesma, isto é, sem sentido lúdico (prazer funcional), sem ser um jogo de exercício, como costuma ocorrer hoje nas escolas, não vale a pena. Porém, a repetição, com seu sentido funcional – como conheceu a criança no primeiro ano de vida, graças aos jogos de exercício -, é matriz para a regularidade tão fundamental para a aprendizagem escolar quanto para a vida em geral.

Jogos Simbólicos

São jogos que implicam representações, isto é, a diferenciação entre significantes e significados. No jogo simbólico há o prazer, a descoberta do significado, como no jogo de exercício, mas com acréscimo do símbolo. A criança demonstra seu funcionamento simbólico, através de alguns comportamentos:

- Quando imita uma determinada situação, que presenciou em outro momento demonstra uma representação interna desse acontecimento;
- Quando brinca de faz-de-conta, transformando um objeto em outro, uma vassoura pode vir a ser, nas mãos de uma criança um cavalo, um lápis pode se tornar um avião;
- No jogo, quando apresenta uma interpretação própria dos acontecimentos que fazem parte do seu dia-a-dia;

- Quando começa a usar a linguagem para se expressar e se comunicar com os outros;
- Quando desenha, pinta, modela... a criança expressa aquilo que conhece e tem significado para ela.

É construindo representações que a criança registra, pensa, lê o mundo através do jogo simbólico, do faz-de-conta, a criança assimila a realidade externa adulta à sua realidade interna. A hora do jogo é um momento carregado de significações. A criança tem necessidade de vivenciar o jogo simbólico: quando a criança brinca, joga ou desenha, está desenvolvendo a capacidade de representar, de simbolizar. Está interagindo com o mundo. Está recebendo, internalizando ideias e sentimentos. E está dando sua resposta criativa.

O jogo simbólico constitui uma atividade real essencialmente egocêntrica e sua função consiste em atender o eu por meio de uma transformação do real em função de sua própria satisfação. “jogo simbólico não é um esforço de submissão do sujeito ao real, mas, ao contrário, uma assimilação deformada da realidade do eu” (PIAGET, p. 29, 1971).

Para Macedo (1995) a importância dos jogos simbólicos para o aprendizado escolar, a criança – assimilando o mundo como pode ou deseja, criando analogias, fazendo invenções, mitificando coisas – torna-se produtora de linguagens, criadora de convenções. Graças a isso, pode submeter-se às regras de funcionamento de uma casa ou escola. Esta, como sabemos, costuma ensinar os conteúdos das matérias por um conjunto de signos, convenções, regras ou leis. Mais que isso: como analogias que possibilitam os jogos simbólicos são convenções motivadas, ou seja, são convenções em que o representado tem algo a ver com o representante, a criança pode firmar o vínculo entre as coisas e suas possíveis representações. Com isso poderá, talvez, na escola, compreender e utilizar convenções como signos arbitrários, isto é, cuja relação representante-representado não seja tão próxima como nos jogos simbólicos.

Jogo de Regra

Os jogos com regras aparecem numa etapa posterior aos jogos de símbolos. Para uma criança de 2 ou 3 anos, o simples fato de subir os degraus de uma escada já é uma satisfação. Ao passo que para uma criança de 6 anos, por exemplo, esta atividade só será atraente se envolver algumas regras determinando o procedimento: subir comum pé só, de dois em dois degraus, pulando etc. São as regras que irão impor necessidades de maior ou menor atenção e regular o comportamento da criança.

Se nas primeiras brincadeiras infantis e naquelas que envolvem situações imaginárias o prazer está no processo, nos jogos com regras o prazer é obtido no resultado alcançado, e no cumprimento das normas.

O jogo de regra se desenvolve continuamente durante toda a vida. Por isso, seu aparecimento é mais tardio só se constitui entre os quatro e os sete anos, intensificando-se na idade de sete a onze anos.

Resumindo, os jogos de regras são jogos de combinações sensório-motoras ou intelectuais, com competição entre os indivíduos, fazendo com que a regra seja necessária. Nessa categoria de jogo as regras podem ser transmitidas por gerações passadas ou podem ser estabelecidas por acordo entre os participantes no momento em que jogam. Ao discutir ainda as categorias dos jogos, PIAGET (1971) diz que os jogos de construção não constituem uma categoria como os outros jogos acima descritos, mas eles são construídos pelo exercício, o símbolo e a regra.

Qual a importância dos jogos de regra na construção do conhecimento na escola?

Segundo Macedo (1994), essa forma de jogo é muito importante porque atualiza, mas com um sentido simbólico e operatório, o jogo de significados que a criança conheceu no primeiro ano de vida. Jogo de significados porque, para ganhar, o jogador tem de competir em um contexto no qual, por princípio, seu oponente tem as mesmas condições. Compreender melhor, fazer melhores antecipações, ser mais rápido cometer menos erros ou errar por último, coordenar situações, ter condutas estratégicas, etc., são chaves para o sucesso.

Para ganhar, é preciso ser habilidoso, estar atento, concentrado, ter boa memória, abstrair as coisas, relaciona-las entre si todo o tempo. Por isso, o jogo de regra é um jogo de significados em que o desafio é ser melhor que si mesmo ou que o outro, desafio que se renova a cada partida porque vencer uma não é suficiente para ganhar a próxima. Assim, os jogos de regra em uma perspectiva funcional valem por seu caráter competitivo.

Saindo do universo infantil e fazendo uma generalização da pesquisa de Piaget para o adolescente (nosso público), ele aponta que o interesse e o envolvimento do sujeito são condições importantes para haver assimilação e consequentemente aprendizado.

Para que o sujeito se proponha a sofrer mudanças em sua estrutura cognitiva, através de conflitos, desequilíbrios, obstáculos que devem ser superados, ela tem que ter interesse.

Como o interesse é um algo interno ao sujeito e que se manifesta através das ações externas, podemos alimentar esse interesse através de ações pedagógicas independente da faixa etária, colocando assim o lúdico em um papel importante para processo de aprendizado.

2.2.2 O Lúdico para Vygotsky

Vygotsky estabelece uma relação estreita entre o jogo e a aprendizagem, atribuindo-lhe uma grande importância. Para que possamos melhor compreender essa importância é necessário que recordemos algumas ideias de sua teoria do desenvolvimento cognitivo. A principal é que o desenvolvimento cognitivo resulta da interação entre a criança e as pessoas com quem mantém contato regular.

Convém lembrar também que um conceito chave da teoria de Vygotsky é o de Zona de Desenvolvimento Proximal, que ele define como a diferença entre o desenvolvimento atual da criança e o nível que atinge quando resolve problemas com auxílio, o que leva à consequência de que as crianças podem fazer mais em colaboração, do que conseguiriam fazer por si sós.

"No desenvolvimento a imitação e o ensino desempenham um papel de primeira importância. Põe em evidência as qualidades especificamente humanas do cérebro e conduzem a criança a atingir novos níveis de desenvolvimento. A criança fará amanhã sozinha aquilo que hoje é capaz de fazer em cooperação. Por conseguinte, o único tipo correto de pedagogia é

aquele que segue em avanço relativamente ao desenvolvimento e o guia; deve ter por objetivo não as funções maduras, mas as funções em vias de maturação" (Vygotsky, 2001:138).

Não é o carácter de espontaneidade do jogo que o torna uma atividade importante para o desenvolvimento da criança, mas sim, o exercício no plano da imaginação da capacidade de planejar, imaginar situações diversas, representar papéis e situações do cotidiano, bem como, o carácter social das situações lúdicas, os seus conteúdos e as regras inerentes à cada situação.

Também não é todo jogo da criança que possibilita a criação de uma Zona de Desenvolvimento Proximal, do mesmo modo que nem todo o ensino o consegue; porém, no jogo simbólico, normalmente, as condições para que ela se estabeleça estão presentes, haja vista que nesse jogo estão presentes uma situação imaginária e a sujeição a certas regras de conduta. As regras são parte integrante do jogo simbólico, embora, não tenham o carácter de antecipação e sistematização como nos jogos habitualmente "regrados".

Ao desenvolver um jogo simbólico a criança ensaia comportamentos e papéis, projeta-se em atividades dos adultos, ensaia atitudes, valores, hábitos e situações para os quais não está preparada na vida real, atribuindo-lhes significados que estão muito distantes das suas possibilidades efetivas.

A atuação nesse mundo imaginário cria uma Zona de Desenvolvimento Proximal formada por conceitos ou processos em desenvolvimento. Podemos sintetizar dizendo que: a regra e a situação imaginária caracterizam o conceito de jogo infantil para Vygotsky.

O autor também detecta no jogo outro elemento a que atribui grande importância: o papel da imaginação que coloca em estreita relação com a atividade criadora (Vygotsky, 1999). Ele afirma que os processos de criação são observáveis principalmente nos jogos da criança, porque no jogo ela representa e produz muito mais do que aquilo que viu.

"Todos conhecemos o grande papel que nos jogos da criança desempenha a imitação, com muita frequência estes jogos são apenas um eco do que as crianças viram e escutam aos adultos, não obstante estes elementos da sua experiência anterior nunca se reproduzem no jogo de forma absolutamente igual e como acontecem na realidade. O jogo da criança não é uma recordação simples do vivido, mas sim a transformação criadora das impressões para a formação de uma nova realidade que responda às exigências e inclinações da própria criança" (Vygotsky, 1999:12).

Neste sentido, o lúdico por ser uma atividade física e/ou mental, aciona as funções psico-neurológicas e ativa os processos mentais uma vez que o ser que brinca, joga e se expressa, age, sente, pensa, aprende e se desenvolve intelectualmente e socialmente.

Para Vygotsky o aluno possui um papel ativo no processo da aprendizagem. Ele apresenta condições de relacionar o novo conteúdo aos seus conhecimentos prévios, consegue vivenciar, analisar, comparar e reconstruir seus esquemas de conhecimentos a sua estrutura cognitiva, e o professor se torna o responsável por criar zonas de desenvolvimento proximal, ou seja, proporciona condições e situações para que o aluno transforme e desenvolva em sua mente um processo cognitivo mais significativo.

De acordo com Vygotsky (1984, p. 27),

É na interação com as atividades que envolvem simbologia e brinquedos que o educando aprende a agir numa esfera cognitiva. Na visão do autor a criança comporta-se de forma mais avançada do que nas atividades da vida real, tanto pela vivência de uma situação imaginária, quanto pela capacidade de subordinação às regras.

Portanto jogar e brincar são atividades naturais do ser humano. Quando se joga ou brinca, sentimentos e emoções mais profundos são expressos e interligados promovendo o desenvolvimento cognitivo.

A teoria formulada por Vygotsky considera que todo conhecimento científico é aquele de origem formal, são sistemáticos, aprendidos na educação formal. Já aqueles tidos como espontâneos são conceitos originários de uma aprendizagem informal, porém estão unidos cognitivamente.

“ O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos – cabe pressupor – são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro, independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se de desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamentos que desde o início se excluem” (Vygotsky, 2001, p. 261).

Para o autor, a criança utiliza conceitos espontâneos antes de compreendê-los conscientemente, ou seja, antes de ser capaz de defini-los e de operar com eles à vontade. Ela possui o conceito, conhece o objeto ao qual o conceito se refere, mas não está consciente do seu próprio ato de pensamento.

Segundo Vygotsky (2001), a mente da criança se relaciona de forma diferente quando se defronta com conceitos científicos e espontâneos.

“ O desenvolvimento do conceito de irmão não começou pela explicação do professor nem pela formulação científica do conceito. Em compensação, esse conceito é saturado de uma rica experiência pessoal da criança. Ele já transcorreu uma parcela considerável do seu caminho de desenvolvimento e, em certo sentido, já esgotou o conteúdo fático e empírico nele contido. Mas é precisamente estas últimas palavras que não podem ser ditas sobre o conceito lei de Arquimedes” (VYGOTSKY, 2001, p. 264).

As atividades lúdicas aplicadas em sala de aula, relacionadas com os conteúdos de física, apesar de serem conceitos científicos, estão apoiadas em atividades reais ou abstratas, porém, não deixam de mobilizar os conhecimentos já estabelecidos, concretizados (Zona de Desenvolvimento Real – ZDR) e atingirem um desenvolvimento que ainda não possuem, mas com a ajuda do parceiro mais capaz, eles podem alcançar (Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP).

Se o jogo para Vygotsky, representa a articulação entre o desejo, a afetividade, a inteligência e os processos de apropriação do conhecimento e o avançar das zonas de desenvolvimento, o lúdico revela o seu aspecto afetivo e motivacional através do interesse na realização de determinada tarefa. Veremos adiante que o interesse, associado ao envolvimento na realização de determinada tarefa, é condição básica para que ocorra a ludicidade.

2.2.3 Contribuições do Lúdico para Educação

O lúdico, aqui entendido como ato de manusear, “brincar”, experimentar sensações, estão presentes em todas as fases da vida, podem estar contidas em um jogo educacional, no esporte, lazer, porém, a ludicidade não está em uma forma específica (jogo) ou objeto (brinquedo) é uma interação subjetiva do indivíduo com o mundo (RAMOS, 1997).

Quando dizemos que “aprender não é brincadeira” remete a um termo muito restrito e preconceituoso, pois o ato de brincar traz consigo a utilização de regras e um certo domínio de certas habilidades que o jogador/aprendiz terá que desenvolver durante a “brincadeira” (RAMOS, 1997).

Um exemplo disso é quando uma criança “aprende” a andar de bicicleta, dominando certas habilidades tornando-a competente nesta tarefa, ou seja, andar de bicicleta está em “jogo” o domínio de certas habilidades físicas (equilíbrio,

coordenação motora) sem falar nas intelectuais (controle de força, momento angular, noção espacial, relatividade) portanto, quando a criança, ou até mesmo um adulto, “aprende” a andar de bicicleta, não a convidamos para “brincar de momento angular”.

Em nossa pesquisa, propomos que o jogo, a brincadeira, o ato de manusear, de ousar (todas aqui encaradas como lúdicas) não podem ser excluídas do processo de ensino e de aprendizado.

Segundo Ramos (1997) essa separação “hora de brincar é hora de brincar, hora de aprender é coisa séria” ou “brinquedo é na hora do recreio” são artificiais e podem atrapalhar uma grande oportunidade para o lúdico e aprendizagem se reencontrarem dentro da sala de aula.

Assim como ninguém pode garantir que a resolução de um exercício, ou a “explicação” de um conceito, ou uma cópia, prova ou qualquer outra metodologia de ensino tida como tradicional, ensine com precisão e determinação um certo conceito (RAMOS, 1997), a ludicidade através dos artefatos lúdicos pode ser uma metodologia pedagógica relevante para investigarmos o seu papel no aprendizado científico.

Ou seja, uma atividade que traz elementos lúdicos como por exemplo um jogo didático ou outra tida como não lúdica, como por exemplo uma prova escrita. Onde a aprendizagem está sendo mais significativa? O discente aprendeu por conta da atividade lúdica ou da prova?

Acreditamos que o aprendizado é resultado de processo interno ao sujeito que interage com novas situações dinâmicas, levando o sujeito a interiorizar a construção do conhecimento, segundo Teixeira (1995, p. 04):

- Os recursos lúdicos correspondem naturalmente a uma satisfação interior, pois o ser humano apresenta uma tendência lúdica;
- O prazer e o esforço espontâneo são elementos fundamentais na constituição das atividades lúdicas;
- As atividades lúdicas mobilizam esquemas mentais, estimulando o pensamento e o senso crítico.

Segundo Cabrera (2006) o lúdico pode ser aplicado na educação através de três eixos:

Pode-se abordar o lúdico quanto este se apresenta:	Possui correspondência com:
Com características lúdicas	O prazer e a alegria relacionados aos trabalhos da cultura, do biológico, do afetivo e do metafísico, da interpretação e do aprendizado
Com elementos lúdicos	A sensibilização e mobilização de hábitos e atitudes expresso pelo pictórico, pelo ideográfico, por falas e gestos, por movimentos sensoriais e motores ou por objetos para o exercício da cognição
Como atividades lúdicas	Os jogos pedagógicos, as brincadeiras, as dinâmicas de grupo, as dramatizações e a atividade com o auxílio do computador relacionados à compreensão e à realidade adequada dessas atividades ressaltando a imaginação, a concentração da atenção, a atividade produtiva e eficiente de uma tarefa ou objetivo na busca da aprendizagem.

Quadro 3: Eixos da ludicidade aplicados a educação

Ou seja, as **características lúdicas**, são aquelas que apresentam e organizam o conhecimento de maneira a incentivar os alunos para construção do conhecimento, dentre elas podemos citar o *data show*, computador como ferramentas que aumentam o interesse, a imaginação e a interpretação.

Quanto aos **elementos lúdicos**, são situações que promovam a criatividade e o raciocínio, onde o lúdico não se resume ao simples brincar, mas sim a um envolvimento na ação, tais como dinâmica de grupo, dramatização.

Em relação as **atividades lúdicas** (jogos didáticos, dinâmicas, experiências) trabalham na formação de novas estruturas cognitivas, relacionando o simbolismo e o raciocínio, não como um “jogo livre”, mas com tarefas importantes para a realização das atividades propostas.

Assim, podemos concluir neste capítulo que as teorias da educação envolvendo o lúdico apontam que para o sujeito aprender tem que ter interesse, deve haver o envolvido com as situações que o levem a formação de um novo conceito.

Neste contexto, estamos propondo as atividades lúdicas. Estamos supondo que as atividades lúdicas, podem promover o envolvimento, sendo este, elemento essencial e necessário para a aprendizagem significativa.

2.2.4 O lúdico como Instrumento de Aprendizado

Com base nos trabalhos de Piaget (1974); Vygotsky (2001); Cabrera (2006) e Luckesi (2000) elaboramos um quadro sintético para analisarmos as dimensões do lúdico, caracterizadas em duas: externa (onde poderá ser lúdico) e interna (onde ocorre a ludicidade).

Entendemos que a dimensão externa do lúdico, são provocações, artefatos, que podem despertar a motivação e interesse do aluno para determinada atividade, ou seja, podemos supor que um jogo educacional é lúdico, porém, poderá não ocorrer a ludicidade – caso o indivíduo não se entregar por completo a uma determinada atividade. (Luckesi, 2000).

Explicando melhor esse raciocínio. Uma criança que acabou de aprender a ler se depara com um letreiro na rua, imediatamente ela começa a exercitar o que aprendera, ou seja, ela começa a ler o letreiro, aquilo é prazeroso, foi espontâneo, houve entrega na realização dessa atividade, ou seja, a ludicidade aconteceu. Diferentemente quando um professor obriga a criança a ler sem o seu desejo, isso não será lúdico, há o desprazer, não ocorrerá a ludicidade. A leitura pode ser lúdica, mas a ludicidade é algo interno, onde o envolvimento em determinada tarefa ocorre de forma comprometida, espontânea, as vezes para repetir e testar aquilo que acredita estar dominando.

Assim, o lúdico em uma dimensão interna, do eu, da acomodação, das motivações e interesse, poderá desenvolver mudanças profundas no desenvolvimento cognitivo do sujeito, através da ludicidade.

No quadro 4, sintetizamos as dimensões do lúdico, traçando características que o lúdico pode proporcionar tanto externamente, quanto internamente através da ludicidade.

LÚDICO E SUAS DIMENSÕES			
LÚDICO	Artefato	São “objetos” materiais ou simbólicos, sócio-historicamente construídos para: mediar a ação do homem sobre o meio ou sobre o outro; para se atingirem determinadas finalidades.	EXTERNO
	Instrumento	Não é algo que está aí, pronto, “dado” pela natureza ou pela sociedade, que se pode pegar com as mãos, mas de algo que é construído pelo sujeito e por ele utilizado para atingir o objetivo de sua ação.	
LUDICIDADE	Funcional	Envolver-se plenamente em determinada atividade com repetição de tarefas com o fim em si mesmo.	INTERNO
	Recíproca	Entregar-se em atividades que promovam a criatividade, raciocínio e resolução de problemas, respeitando regras e convenções.	

Quadro 4: Dimensões do lúdico

Detalhando um pouco mais essas questões podemos resumir essas dimensões em Externo e Interno:

EXTERNO

Artefato lúdico

Normalmente dizemos que um jogo; um software educacional; aplicativos computacionais; equipamentos como *data show*; uma aula diferente; são caracterizados como artefatos lúdicos.

A questão que estamos levantando é, quando o professor se utiliza de artefatos lúdicos em suas aulas, atribui-se o caráter lúdico para estas “novas” ferramentas, sendo o seu papel um simples organizador de conhecimento em forma de um artefato, ou seja, conseguem reunir, sintetizar o conhecimento de uma forma diferente, o que poderá gerar ou não o interesse do estudante.

Logo, temos que estabelecer o que é um artefato lúdico. Artefatos são “objetos” materiais ou simbólicos, sócio-historicamente construídos para:

- Mediarem a ação do homem sobre o meio ou sobre o outro;
- Para se atingirem determinadas finalidades.

Entretanto, nenhum artefato, em si mesmo, pode servir como elemento mediador da ação humana, ou seja, há a necessidade de apropriar-se, fazer com que ele seja seu. Assim, quando algum artefato é apropriado pelo sujeito ele passa a ser verdadeiramente instrumento para sua ação.

Instrumento lúdico

Aqui o instrumento lúdico, deixa de ser uma mera especulação de quem o organizou, sem o pretexto de ser apenas diferente e com isso lhe atribuir o caráter lúdico.

Nesta categoria há o envolvimento do indivíduo na realização de determinada atividade, podemos dizer no jargão popular que ele “comprou a ideia”, ou seja, ele está propenso a realizar uma determinada ação.

Nesta categoria, há também a espontaneidade do sujeito na resolução de situações problemas, frequentemente apresentadas nos jogos pedagógicos.

Assim, quando algum artefato é apropriado pelo sujeito, ele passa a ser verdadeiro instrumento psicológico, na concepção da teoria vigotskiana. Trata-se, portanto, de uma construção psíquica, que permite o desenvolvimento de diferentes capacidades.

INTERNO

Ludicidade Funcional

Pautado nas concepções de que a ludicidade é algo inerente ao desenvolvimento cognitivo interno do sujeito (Piaget, 1974) através do pleno envolvimento do indivíduo na realização de determinada ação (Luckesi, 2000), a ludicidade funcional se caracteriza pela repetição de tarefas. Aqui, as repetições de determinadas atividades não são estéreis, a repetição se dá com um propósito, para uma determinada aplicação do conhecimento, adquirido de forma espontânea e com significados.

Assim como no jogo de exercício estabelecido por Piaget (1974) através da assimilação funcional que propiciou o desenvolvimento da criança através da formação de hábitos, repetições, que se estrutura como forma (se organiza como um todo ou sistema), apresenta a tendência a se repetir funcionalmente, em outras palavras, tudo o que se estrutura como um sistema pede “alimentação” funcional, ou seja, pede repetição. Essa alimentação constitui fonte de satisfação ou prazer. Não repetir, ou não alimentar o sistema, constitui fonte de dor, desprazer.

Logo, a ludicidade funcional se estabelece através do envolvimento pleno do sujeito através de repetições com o fim em si mesmo, ou seja, quando o estudante repete uma determinada tarefa o faz não porque o professor pediu para fazê-lo, e sim porque aquilo está sendo prazeroso para ele de alguma forma, quer seja testando seus conhecimentos através das repetições de procedimentos ou investigando mais sobre os seus limites sobre determinado conhecimento.

Diferentemente dos artefatos ou instrumentos lúdicos, na ludicidade funcional o lúdico deixa de ser um instrumento em potencial para tornar-se agente transformador de esquemas mentais e cognitivos, através do engajamento e espontaneidade na realização de determinada ação.

Ludicidade Recíproca

Para que ocorra a ludicidade recíproca, assim como na ludicidade funcional, há necessidade do envolvimento por completo do indivíduo na realização de determinada tarefa, porém com respeito as regras estabelecidas.

Quando se aceita jogar, os jogadores estão cientes das regras do jogo, portanto, concordam com as condições do outro.

Acreditamos no papel transformador dos jogos de regras (Piaget, 1974) para a formação geral do indivíduo, ou seja, aceitar regras é aprender a conviver, não estamos isolados uns dos outros, convivemos socialmente e, portanto, existem convenções sociais para que possamos ser mais humanos.

Aprender a perder, aprender a ganhar, são papéis que a escola também deve trabalhar na formação do futuro cidadão.

Um exemplo são as disputas políticas que estamos vivenciando em nosso país, de um lado temos os defensores do impeachment, segundo esses defensores, houve a quebra nas regras administrativas por parte da presidente. Para outro grupo, está ocorrendo um golpe, pois segundo eles, a oposição não soube perder nas urnas, não aceitaram a derrota e por isso estão violando as regras constitucionais para se chegar ao poder.

Não estamos dizendo que devemos aceitar tudo passivamente, ou que não devemos discordar, o que estamos dizendo é que devemos ser éticos nas atitudes que tomamos, não devemos trapacear para se ganhar um jogo, quer seja ele educacional ou qualquer outro tipo de jogo que jogamos socialmente ao longo de nossas vidas. Logo, o papel da ludicidade recíproca na formação do sujeito está no fato do indivíduo se entregar plenamente em determinada ação, respeitando e aceitando as regras previamente estabelecidas no jogo.

Nesse tipo de jogo há algo que é original dessa estrutura: o seu caráter coletivo. Ou seja, nessa estrutura se joga em função da jogada do outro. Os jogadores dependem um do outro, por isso, a ideia de assimilação recíproca. Recíproca no sentido de coletividade e de uma regularidade intencional consentida ou buscada, e ainda pelas convenções que definem o que ambos os jogadores podem, ou não fazer no contexto do jogo (MACEDO, 1994).

2.3 A Pesquisa-ação

Aqui faremos uma revisão do referencial metodológico que embasou nossa investigação. Não temos a pretensão de esgotar o assunto sobre pesquisa-ação, apenas encontrar elementos que possam ajudar no entendimento de nossa pesquisa.

Após várias leituras, encontramos que a pesquisa-ação vem ganhado espaço em diferentes tipos de pesquisa, de diferentes maneiras, com diversas intencionalidades, se firmando como um processo teórico-metodológico rico e vasto em diferentes áreas do conhecimento, inclusive no campo educacional (FRANCO, 2005).

Para Souza *et al*, 2002 a pesquisa-ação ainda não é bem vista no meio científico e nos órgãos de fomento devido à falta de esclarecimento em relação a esta metodologia de pesquisa. Para este grupo de pesquisa, até mesmo quando os pareceristas dessas agências de fomento são favoráveis ao trabalho de pesquisa, não deixam de colocar uma nota dizendo “a metodologia é expressa de forma excessivamente sucinta e não permite uma avaliação mais profunda de sua aplicabilidade”.

Com esta revisão, queremos esclarecer o nosso ponto de vista em relação à pesquisa-ação e como ela dialoga com nossa investigação no ensino de física.

Encontramos uma vasta gama de material sobre pesquisa-ação e suas origens, sendo que a grande maioria destes materiais consultados apontam como origem os trabalhos de Kurt Lewin (1946), psicólogo alemão-americano que se refugiou nos Estados Unidos antes da segunda guerra mundial onde trabalhou para o governo americano em um contexto de pós-guerra.

Seus trabalhos, tinham como finalidade a mudança de hábitos alimentares da população norte americana bem como nas atitudes frente aos grupos étnicos minoritários. (FRANCO, 2005).

Dentre suas pesquisas realizadas através da pesquisa-ação, podemos citar como seus objetivos (FRANCO, 2005):

- O reconhecimento de direitos individuais, culturais e sociais;
- A participação dos sujeitos na pesquisa;
- A tolerância de opiniões divergentes;
- Construção das relações democráticas

Portanto, podemos identificar em suas características, elementos que a caracterizam como sendo uma pesquisa de campo com um caráter mais social em um contexto de transformações sociais objetivando mudanças na sociedade americana.

Aqui no Brasil, a pesquisa-ação segundo Molina (2007) teve sua germinação dentro da produção acadêmica brasileira na década de 1970, inserida em um cenário onde as discussões e questionamentos sobre os critérios dominantes nas ciências sociais, que representavam os interesses da classe dominante, se contrapunham aos

movimentos políticos da academia que denunciavam através das pesquisas as desigualdades internas do sistema educativo.

Este movimento culminou em mudanças político-sociais com os movimentos populares que segundo Molina, ficou conhecido como *processo de modernização social*.

Trazendo a pesquisa-ação para o campo educacional, encontramos várias definições para esta metodologia de investigação tais como:

A pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos. (TRIPP, 2005:445)

Para Azevedo (2013, p. 56-57):

(...) a pesquisa-ação participativa tenta ajudar orientar as pessoas a investigarem e a mudarem suas realidades sociais e educacionais por meio da mudança de algumas das práticas que constituem suas realidades vividas. Em educação, a pesquisa-ação participativa pode ser utilizada como meio de desenvolvimento profissional, melhorando currículos ou solucionando problemas em uma variedade de situações e trabalho.

A própria definição inicial de Kurt Lewin sobre pesquisa-ação diz que: “Pesquisa-ação é um processo espiral em três passos: (1) planejamento que envolve reconhecimento; (2) empreendimento de ações; (3) descoberta de fatos sobre os resultados da ação” (FAU, 2000).

Aqui no Brasil, temos algumas conceituações em relação aos tipos de pesquisa-ação apresentadas em congressos, dissertações ou teses. Segundo Franco, 2005 podemos encontrar três tipos de pesquisa-ação em nosso país:

Pesquisa-ação Colaborativa: quando a busca de transformação é solicitada pelo grupo de referência à equipe de pesquisadores, onde a função do pesquisador será a de fazer parte e cientificar um processo de mudança anteriormente desencadeado pelos sujeitos do grupo

Pesquisa-ação crítica: quando a transformação é percebida como necessária a partir dos trabalhos iniciais do pesquisador com o grupo, decorrente de um processo que valoriza construção cognitiva da experiência, sustentada por reflexão crítica coletiva, com vistas à emancipação dos sujeitos e das condições que o coletivo considera opressivas, essa pesquisa vai assumindo o caráter de criticidade.

Pesquisa-ação estratégica: se, ao contrário, a transformação é previamente planejada, sem a participação dos sujeitos, e apenas o pesquisador acompanhará os efeitos e avaliará os resultados de uma aplicação.

Embora encontremos essa variedade da pesquisa-ação em nosso país, ela extrapola essa classificação, uma vez que a pesquisa-ação vem sendo usada em vários segmentos de pesquisa no âmbito nacional quanto internacional.

Um exemplo disso são as classificações que Tripp (2005) atribui a pesquisa-ação como sendo:

- 1- Pesquisa-ação técnica: O pesquisador aplica uma prática já existente com o objetivo de melhorá-la, ele age de modo mecânico, seguindo o manual.
- 2- Pesquisa-ação prática: Difere da pesquisa técnica, pois pesquisador escolhe e projeta as mudanças feitas em sua prática, não segue um manual, os artífices possuem liberdade para propor novas ideias, experiências para enriquecer o processo, ou seja, essa metodologia visa a melhoria da aprendizagem das crianças, através de metodologias que visem aumentar o interesse, a autoestima e autonomia dos alunos.
- 3- Pesquisa-ação política: Procura realizar uma mudança da cultura institucional ou de suas limitações, ou seja, para mudar essa cultura através de ações e preciso engajar-se politicamente dentro do sistema através do “poder”, não necessariamente tem que ser o chefe ou presidente, mas sim de um diálogo estabelecido e construindo através do respeito e conhecimento.
- 4- Pesquisa-ação socialmente crítica: É semelhante a pesquisa-ação política exceto pelo fato desta pesquisa buscar benefícios sociais não apenas para si, mas o para seu entorno. Esta pesquisa questiona o modo de ver a agir do sistema, combate o injusto.
- 5- Pesquisa-ação emancipatória: Outra variação da pesquisa-ação política, porém essa pesquisa possui um caráter amplo, bairro, cidade ou até mesmo um país. Embora esse tipo de pesquisa seja mais raro em virtude de sua magnitude que pretende alcançar.

Embora encontremos esta vasta variedade sobre os tipos de pesquisa-ação na literatura, a sua essência, ou o seu DNA, apontam que são pesquisas nas quais a uma ação deliberada de transformação da realidade por parte do pesquisador onde

ele não é apenas uma pessoa externa ao processo e sim um agente que faz parte do processo, fazendo a ação do processo, objetivando a transformação de sua realidade e a partir dessas transformações, produzir conhecimento dos resultados encontrado pelo pesquisador.

Na fala de Kurt Lewis “Não queremos ação sem pesquisa e nem pesquisa sem ação” de modo que tanto a ação quanto a pesquisa devem caminhar juntas em um processo de constante reflexão e avaliação dos membros que fazem parte da pesquisa.

A pesquisa-ação segue um ciclo que começa com um problema, evolui para sua implementação/solução, aplica-se, analisa-se o processo, avalia-o, se faz uma reestruturação e aplica-se novamente como em um ciclo constante.

Diagrama 1: Representação do ciclo básico da investigação-ação (TRIP, 2005)

No caso da pesquisa-ação, podemos constatar uma tendência da análise de uma situação vivencial do sujeito, neste caso o pesquisador, que pretende modificar sua prática através de uma intervenção e análise sobre ela, na tentativa de melhorar sua relação entre ensino e aprendizagem no campo educacional.

Assim, do contexto acima, podemos encontrar em nossa pesquisa os seguintes aspectos da pesquisa-ação:

- Identificação de um problema; (*Questionamento dos alunos*)
- Planejamento de uma solução; (*Plano de Ensino*)
- Implementação; (*Sala de aula*)
- Monitoramento; (*Produção de dados*)
- Avaliação de sua eficácia. (*Ensino e Aprendizado*)

3. OBJETIVOS

A nossa pesquisa partiu de duas questões gerais: a de compreender o papel da ludicidade no processo de aprendizagem, e a de introduzir a FMC no Ensino Médio.

Propusemo-nos abordar essa questão através da elaboração e aplicação de um Plano de Ensino para o conteúdo de Física de Partículas, no qual foram inseridas atividades lúdica, de modo que este trabalho desenvolverá os objetivos de analisarmos i) a construção do PE pelo professor-pesquisador, ii) os resultados de aprendizagem; e iii) o papel das atividades lúdicas no processo de aprendizagem sobre a constituição da matéria.

As competências e habilidades com as quais buscamos trabalhar, ao elaborar o PE, foram:

- Compreender a constituição e a organização da matéria viva e não viva, suas especificidades e suas relações com a estrutura atômica;
- Compreender processos de construção de conceitos na ciência;
- Utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar fenômenos;
- Compreender os procedimentos atuais de pesquisa em laboratórios destinados ao estudo das partículas elementares;
- Compreender alguns dos conceitos-chave da Física de Partículas, tais como o conceito de partícula elementar, constituintes elementares da matéria, tipos de partículas e suas famílias, combinações de quarks na formação de partículas bariônicas.

Transversalmente, tivemos como objetivo na elaboração do PE trabalhar com alguns dos objetivos gerais da Educação Básica. Vejamos o que dizem Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio (PCNEM+), já que em sua proposta o ensino de Física ganha um novo sentido:

[...] voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do Ensino Médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instancias profissionais ou universitárias, ainda terão

adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2000, pag. 59).

Buscamos também balizas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação 9394/96, especialmente na seção IV, art. 35 e 36:

Sobre as finalidades do Ensino Médio:

III - O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996, pag.18).

4. METODOLOGIA

A pesquisa reúne características de uma pesquisa-ação, mais especificamente da “pesquisa-ação estratégica” e “pesquisa-ação prática” pelos seguintes motivos:

- Trata-se de uma pesquisa que teve como um dos objetivos a mudança na prática do pesquisador/professor: iniciamos com o intuito primeiro de elaboração de um plano de ensino para FMC e de inclusão de atividades lúdicas nas aulas; porém estávamos cientes de que a análise do plano e dos resultados, bem como o aprofundamento nos referenciais teóricos sobre ensino de ciências, poderia resultar em modificações importantes em nossa prática docente;
- Foi traçada uma estratégia pelo pesquisador/professor - o plano de ensino; que foi cuidadosamente elaborado e discutido em reuniões de grupo de pesquisa;
- Os alunos não participaram da montagem deste plano, porém contribuíram para balizar o caminho em que ele surgiu através das concepções iniciais;
- O pesquisador/professor avaliou sua implementação, didática e resultados obtidos: foram desenvolvidos instrumentos de análise tanto para o planejamento didático quanto para os resultados de aprendizagem;
- O pesquisador/professor não seguiu uma cartilha pronta em sua investigação, pois montou um plano de ensino que se adequasse a realidade e capacidade de seus alunos; além disso, o plano foi elaborado buscando coerência com princípios construtivistas;
- Investigou indícios de aprendizagem através de atividades variadas, tais como jogos, experiências e dinâmicas em sala de aula e exercícios.

Assim, acreditamos que a pesquisa foi desenvolvida e aplicada dentro de um contexto em que se buscou na literatura embasamento teórico e prático, que levasse em conta uma mudança na prática do pesquisador/professor e também uma preocupação com a aprendizagem de conceitos físicos.

4.1 Fonte de dados - A comunidade participante da pesquisa

O Perfil da Escola

A pesquisa foi aplicada em uma Escola Estadual, que se encontra a 60 km de São Paulo, no município de Araçariguama, e que oferece apenas o Ensino Médio nos três períodos, manhã, tarde e noite.

A escola possui 12 salas de aula, uma sala de informática, uma sala de vídeo, uma quadra oficial coberta, uma biblioteca e não possui laboratório de ciências. A sala de informática possui 18 computadores ligados em rede e com acesso à internet, comportando uma sala de aula com 36 alunos caso sentem em dupla para cada computador. Na sala de vídeo há uma TV de 45 polegadas, *data show*, notebook, caixa de som e internet, comporta uma classe de 36 alunos.

O número de alunos em cada classe geralmente não ultrapassa trinta e cinco.

O professor-pesquisador é professor titular, concursado na rede Estadual há 18 anos, e trabalha nessa escola há 7 anos, lecionando as disciplinas de Física. O professor-pesquisador possui liberdade didática e apoio da gestão escolar em propor novas metodologias didáticas para seus alunos, e sente-se reconhecido pela comunidade escolar nos seus esforços de propor e aplicar ferramentas diferentes nas aulas. Em especial, o professor sente-se reconhecido pelos alunos como uma figura de autoridade e competência, o que o motiva na busca de novos conhecimentos e ferramentas didáticas.

As Turmas que participaram da pesquisa

A produção de dados se deu em dois momentos – um plano inicial foi aplicado na turma 1 no ano de 2014 e, após análise de resultados, um plano reelaborado foi aplicado na turma 2, no ano de 2015. Ambas as aplicações ocorreram em turmas nas quais o professor já lecionava; ambas as turmas eram de terceiro ano do Ensino Médio.

A turma 1 (2014) era composta por 32 alunos matriculados, 24 dos quais participaram do curso integralmente (alguns saíram da escola ou foram transferidos de turno). Era uma turma cujos alunos, segundo avaliações dos professores, apresentavam comportamento disperso e desinteressado. A faixa etária dos alunos era entre 16 e 18 anos, com renda socioeconômica heterogênea, sendo a maioria de

média a baixa renda. O professor pesquisador lecionava nesta turma desde o primeiro ano do EM, portanto, há 2,5 anos.

A escolha da turma se deu devido à característica de desinteresse pela escola e pelas aulas, que os alunos descreviam como entediantes. Embora fosse uma turma rotulada como indisciplinada, os alunos se mostraram interessados em participar das aulas sobre Física de Partículas, conforme diagnosticado no questionário aplicado inicialmente.

A turma 2 (2015) era composta por 31 alunos matriculados, 23 dos quais participaram do curso integralmente. Na avaliação dos professores, esta turma apresentava comportamento mediano. A faixa etária e a renda socioeconômica eram semelhantes ao descrito para a turma 1.

A escolha da turma se deu devido ao pedido da grande maioria dos alunos desta classe para que o curso aplicado no ano anterior também fosse aplicado na turma deles.

4.2 A construção do plano de ensino

O processo de construção do plano envolveu procedimentos que podemos dividir didaticamente em 5 etapas interdependentes, conforme a tabela 1:

Tabela1: etapas do desenvolvimento da pesquisa em campo.

Etapa	Procedimento
1	Identificação dos conhecimentos prévios e das ideias iniciais dos alunos a respeito da constituição da matéria.
2	Elaboração do Plano de Ensino; discussão do plano no grupo de pesquisa e amadurecimento do plano a partir das discussões iniciais (em coerência com o referencial teórico sobre ensino e aprendizagem adotado).
3	Aplicação do Plano de Ensino e análise dos resultados de aprendizagem e de indicadores de interesse dos alunos.
4	Reestruturação e Reaplicação do Plano de Ensino (no ano seguinte); análise do plano.

A seguir explicamos brevemente as características de cada etapa.

Primeira Etapa: Identificação das concepções iniciais

O levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes foi realizado através de um instrumento individual e escrito de avaliação, que denominamos Questionário 1. O objetivo principal dessa etapa foi o conhecimento das ideias dos

alunos, pelo professor pesquisador, para posterior análise sobre o papel que as ideias iniciais poderiam desempenhar no processo da aprendizagem.

Destacamos a contribuição de duas das mais importantes abordagens teóricas acerca de como novos conhecimentos são estruturados: estudos conduzidos por Piaget (1974) e Vygotsky (2002).

A importância dos conhecimentos prévios para Vygotsky (2002) são aqueles estruturados a partir das interações imediatas do indivíduo com o meio, especificamente relacionados às situações em que a elaboração dos conceitos ainda encontra-se em um nível de significados particulares (subjativos). Poderão nos ajudar na construção de novos conceitos no contexto da sala de aula. De acordo com essa abordagem, os conhecimentos seriam estruturados não mais através da substituição ou modificação de um conhecimento anterior, mas seria dada a oportunidade ao estudante de ampliar o que este já conhecia.

Seguindo a perspectiva piagetiana, a aprendizagem de novos conhecimentos deve ser considerada mediante duas características principais: “1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as concepções dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem” (Mortimer, 1999, p. 57). Assim, conhecer as concepções prévias dos estudantes parece ser um passo importante para promover, em situações de ensino, mudanças conceituais significativas.

O instrumento que construímos para aferir as ideias prévias dos estudantes foi o de um questionário escrito. A elaboração do questionário deu-se em várias versões, algumas delas aplicadas com as turmas participantes da pesquisa, outras não aplicadas ou aplicadas em turmas controle. Para análise dos resultados e reformulações desse instrumento, consideramos os modelos históricos de constituição da matéria, bem como observação dos dados provindos dos sujeitos participantes da pesquisa.

Segunda Etapa: Elaboração do Plano de Ensino

A semente para a construção do plano de ensino foi a seleção de algumas atividades lúdicas, a partir de cursos que fizemos anteriormente e de leituras de artigos sobre o ensino de FMC. Após selecionarmos um conjunto de possíveis atividades,

precisávamos criar um “enredo” para o plano, com um ponto de início, um eixo conceitual coeso e uma conclusão.

Para o início desse empreendimento, procuramos considerar as concepções iniciais dos estudantes a respeito da constituição da matéria, ou seja, identificá-las e trabalhar com elas em direção aos objetivos de ensino.

Quanto às estratégias e atividades de ensino, procuramos diversificá-las, de modo a incluir experimentos, jogos, atividades em grupo, aulas expositivas, seminários, questionários, exercícios e, em especial, contemplar as dimensões do lúdico. Idealmente, todas as atividades deveriam envolver o caráter Externo e Interno do lúdico através dos artefatos, instrumentos, ludicidade funcional e recíproca, que serão detalhados no capítulo 6.

O eixo conceitual deveria estar conectado com as ideias iniciais dos alunos e também refletir os objetivos de ensino que, por sua vez, deveriam ser diversos de uma lista de conteúdos. Dessa forma, o plano passou por sucessivas reelaborações, que o aproximariam dessa meta.

Durante a construção do plano, contamos com a ajuda do grupo de pesquisa do qual fizemos parte. As discussões do plano no grupo possibilitariam um olhar mais acurado para as atividades em suas conexões com a nossa opção teórica (em termos de uma concepção de ensino e de aprendizagem) e também na relação entre as atividades e os objetivos gerais de ensino. Ademais, fizemos análises dos resultados de aprendizagem, o que nos possibilitou desenvolver instrumentos de avaliação mais objetivos – o que colaborou para melhor integração do plano e sua aplicação com os objetivos de pesquisa propostos.

O plano de ensino foi estruturado para acontecer em 13 aulas e tinha como objetivos de Aprendizagem:

- Permitir a ressignificação das concepções prévias com o modelo atual da matéria.
- Estudo e discussão da evolução dos modelos atômicos construídos pela ciência ao longo da história, desde a Grécia antiga até aos dias atuais com o chamado modelo padrão;
- Compreender o processo de modelagem física de fenômenos e a importância dos modelos físicos no fazer científico;

- Identificar os constituintes da matéria: Definições do que são partículas elementares, Famílias (sabores), forças envolvidas, carga cor, classificação (modelo Padrão);

Objetivos do Plano:

- Aplicação de atividades lúdicas como ferramentas didáticas sobre a constituição da matéria;
- Investigar o aprendizado através das atividades lúdicas.

Para atingir nossos objetivos, dividimos o plano de ensino em três blocos interdependentes. O primeiro bloco deveria dar conta de uma problematização adequada sobre a constituição da matéria e a modelagem física. No segundo bloco, trataríamos do problema da constituição da matéria do ponto de vista histórico, trazendo e discutindo as evidências ou argumentos que levaram os cientistas à proposição dos diferentes modelos atômicos. O terceiro bloco seria dedicado à apresentação das partículas elementares e do modelo padrão.

Foram previamente escolhidas algumas atividades lúdicas que deveriam compor o plano, em cada bloco, que seriam:

- *Dividindo um papel ao meio: qual a menor divisão possível?* Esta atividade é normalmente relatada pelo professor, mas não efetivamente realizada pelos alunos. Em nossa proposta, os alunos deveriam efetivamente fazer os cortes e contar o número de divisões que conseguiriam fazer. Nossa hipótese foi de que o fazer (em vez de somente ouvir um relato) iria tornar o problema proposto mais significativo e premente ao aluno.

- *Caixa preta: descobrindo o que há dentro de uma caixa que não se pode abrir.* Essa atividade deveria gerar uma problematização a respeito de como os cientistas constroem seus modelos científicos, de como o ser humano não consegue “visualizar” a realidade. Discutir que a ciência foi construída por seres humanos e por sermos humanos cometemos equívocos e acertos, avanços e retrocessos

- *Criando Bárions e Mésons (Aplicativo em Flash):* A atividade seria realizada em laboratório de informática, e as equipes de alunos teriam uma tarefa a cumprir, que

seria a de formar Bárions e Mésons com a combinação de quarks e depois classificar de acordo com cada família.

- *Pôquer de partículas*: O objetivo deste jogo era o de aprofundar e testar o conhecimento sobre o modelo padrão. Foram montados 5 grupos que competiam entre si, sendo o vencedor de cada grupo, convocado para participar da grande final entre os ganhadores de cada grupo.

Aqui a competição é vista como um fator pedagógico de motivação para o envolvimento na atividade proposta, onde a recompensa para os participantes é o conhecimento científico.

- *Câmara de Nuvens*: Esta atividade, que era experimental, foi proposto aos alunos a construção de uma câmara de nuvens com matérias de baixo custo tais como recipiente de vidro, feltro entre outros (Anexo 1 – Rastreando Partículas). O objetivo desta atividade era possibilitar a visualização (pelos menos os rastros) das partículas mencionadas durante o curso de forma concreta e que fossem capazes de observar e diferencia-las de acordo com o rastro deixado pelas mesmas, conforme a energia de cada partícula, como por exemplo um elétron que descreve uma trajetória curvilínea mais acentuada ou de um próton que possui uma trajetória praticamente retilínea e com um traço bem definido devido a sua alta energia.

4.3 Produção de Dados

A produção de dados se deu através de atividades escritas realizadas pelos estudantes a cada aula, de notas em campo e pós-campo realizadas pelo professor-pesquisador e de videogravação de algumas atividades. Dentre elas estão:

- O questionário diagnóstico (como houve modificação na concepção dos questionários, as várias versões estão descritas no capítulo de análise).
- Os registros escritos realizados pelo professor durante as aulas, complementados por registros pós-campo, realizados imediatamente após cada aula.
- Questionários respondidos pelos alunos, individualmente ou em grupos, aplicados ao longo do Plano de Ensino (versão 2015 do plano).
- Exercícios, e anotações realizadas pelos alunos durante os jogos.

- Questionário final e avaliação do curso.

As anotações de campo contiveram falas de alunos com perguntas, dúvidas e discussões sobre os conteúdos trabalhados, conforme observadas pelo professor no acompanhamento dos alunos. Continham também relatos sobre a percepção do professor quanto ao envolvimento e atenção concentrada dos alunos nas atividades.

Foram realizadas videograções das seguintes atividades: Corte do papel; Caixa preta; Pôquer de partículas; Câmera de nuvens. Em algumas dessas gravações o professor posicionou a filmadora em posição direcionada para classe enquanto os eventos transcorriam. Em algumas situações o professor focou em determinados grupos para analisar a discussão mais especificamente.

As videograções complementaram as anotações pós-campo e auxiliaram o trabalho do pesquisador na interpretação dos eventos ocorridos, ressaltando discussões e eventos que passariam despercebidos do pesquisador, devido ao seu envolvimento intenso com a turma na atividade docente.

Atividades a partir das quais foram produzidos dados

O Plano de Ensino foi constantemente modificado, antes, durante e após a sua aplicação. O plano 2014 não produziu dados suficientes sobre a aprendizagem, sendo necessária uma nova aplicação em 2015, a partir da qual mais dados puderam ser produzidos. Na versão 205, a produção de dados ao longo do PE se deu a partir das seguintes atividades:

- Questionário 1: Levantamento das concepções iniciais dos alunos. Este questionário passou por quatro versões até a sua reaplicação em 2015 (conforme analisado no capítulo 6).

- Atividade Corte do Papel – Problematizou a discussão sobre a constituição da matéria e trabalhou com a questão das ordens de grandeza.

- Questionário 2: Avaliou o conhecimento dos alunos após a atividade Corte do Papel, permitindo também aprofundamento da discussão sobre a composição da matéria e da importância da instrumentalização para se obter melhores resultados.

- Atividade Caixa preta: Atividade problematizadora a respeito dos modelos científicos.

- Questionário 3: Avaliação do conhecimento a partir da atividade Caixa Preta. Aprofundamento sobre os modelos científicos.
- Apresentação de trabalhos sobre os modelos atômicos de: Dalton; Thomson; Rhutherford; Bohr.
- Jogo 1: Criando Bárions e Mésons. Realizado com ajuda de um aplicativo computacional que formava pela combinação de quarks prótons, nêutrons, pósitrons entre outros.
- Questionário 4: Anotações das combinações de quarks realizadas no jogo 1 e classificação conforme a quantidade de quarks (famílias)
- Experimento: Construção de uma câmara de nuvens de baixo custo.
- Questionário 5: Avaliação do conhecimento após o experimento. Representação dos traços deixado pelos raios cósmicos na câmara de nuvens e tentativa de identificação das partículas conforme sua trajetória.
- Jogo 2: Pôquer de partículas: Jogo de cartas com objetivo de formar partículas através das combinações de quarks e antiquarks.
- Questionário 6: aferição do conhecimento dos alunos no final do curso.
- Questionário 7: Avaliação do PE pelos alunos (na qual eles poderiam opinar sobre a pertinência das atividades e dizer de quais mais gostaram).

4.3 A Análise dos dados

Análise do Plano de Ensino

Para análise do Plano de Ensino, buscamos inspirações nas questões analíticas elaboradas por SCARINCI (2006), no contexto de compreender a prática de professores. Tal questionário analítico propunha 17 questões a partir das quais seria possível traçar um perfil profissional do docente, em relação a uma atuação mais transmissiva ou mais construtivista. No contexto original em que foi usado, o questionário era respondido pelo pesquisador a partir de dados coletados junto a cada professor (via entrevista ou análise documental). Dessa forma, o pesquisador classificava o perfil do professor, quanto à característica ressaltada em cada questão,

entre 3 categorias: mais compatível com uma atuação construtivista; mais compatível com uma atuação transmissiva-tradicional; intermediário ou diferente das alternativas anteriores.

Para esta pesquisa, verificamos que algumas das questões poderiam ser aproveitadas – especificamente as que poderiam se referir mais objetivamente ao planejamento do ensino. Fizemos adaptações dentre as categorias possíveis como resposta a cada questão analítica, a partir dos dados que obtivemos, porém, mantendo a polarização das alternativas entre uma atuação mais tradicional e mais construtivista. Dessa forma, as questões analíticas que utilizamos para avaliar o planejamento do ensino foram:

1) Que tipo de conhecimento a fase diagnóstica do plano avaliou?

- a) Modelo interpretativo do fenômeno - a resposta à questão diagnóstica permite inferir o modelo físico que o estudante usou para interpretar o fenômeno;
- b) Conhecimento declarativo; atividade diagnóstica afere o conhecimento específico do aluno sobre conceitos e definições, do conteúdo que se pretende trabalhar.
- c) Conhecimentos gerais e interesse pelo tema; fase diagnóstica detecta se o aluno já “ouviu falar” de determinado assunto, ou seja, afere se o aluno já teve contato com informações (reproduzidas pela mídia em geral) acerca do tema que será estudado, e se isso lhe é de interesse.

2) Como o professor motiva a abertura de um tema?

- a) Questão para resolver/desafio: Atividade que pretende ser significativa e motivadora, além de conectada ao conceito ou modelo a ser aprendido. O aluno precisará aprender o conceito/modelo para completar a atividade com êxito.
- b) Atividade interessante: Atividade com intenção de prender a atenção do aluno e gerar interesse pela atuação do professor ou pelo tema que será estudado.
- c) Pré-requisitos necessários: Atividade que trabalha conceitos ou habilidades que o professor considera como pré-requisitos para o sucesso no aprendizado do objetivo conceitual.

3) *Que estrutura segue a sequência aplicada pelo professor?*

- a) Conteúdos relacionados a uma situação problema; o eixo do plano se dirige a objetivos estabelecidos a partir de um problema inicial – tal como um fenômeno a compreender ou em uma questão (conceitual) a resolver. O plano flui na direção de construir elementos para resolver o problema.
- b) Lógica do conteúdo científico estabelecido; a estrutura segue uma lógica racional centrada em conteúdos que estão didaticamente classificados do mais simples ao mais complexo, ou do mais fácil ao mais difícil.
- c) Lógica centrada em um objetivo conceitual considerado difícil; O professor elege um conteúdo como objetivo e dispõe atividades de tal forma a cumprir tal conteúdo.

4) *Como o professor faz o fechamento de um tema ou atividade?*

- a) Relaciona o conhecimento científico com o que o aluno construiu; O professor complementa e sistematiza o conhecimento construído durante a aula ou sequência de atividades.
- b) Não faz fechamento explicitamente; O professor não percebe a necessidade de fechamento, ele acredita que as atividades desenvolvidas já foram suficientes.
- c) Faz fechamento com ruptura entre o conhecimento construído e o científico; O professor interrompe o curso das atividades para falar da ciência ou desconecta a aula do fechamento da sequência que a precedeu.

Análise das concepções iniciais

Para análise das concepções iniciais, categorizamos os dados fornecidos pelos alunos de acordo com as três questões formuladas:

Pergunta 1: Represente o átomo (Tabela 2)

Tabela 2: Modelos sobre o átomo.

Modelos apresentados	
Modelo biológico (Vírus, Bactéria)	
Modelo de Thomson	
Modelo de Rutherford:	Adequado
	Inadequado
Outro	

Cada representação feita pelos estudantes, foi encaixado dentro de um dos modelos apresentados na tabela 2, ou no que mais se aproximou. O modelo biológico foi proposto em virtude das representações realizadas pelos estudantes que mais se pareciam com a noção de vírus ou bactéria. O modelo de Thomson para aquelas representações que se assemelha ao pudim de passas proposto por este cientista. Para o modelo de Rutherford admitimos como adequando aquelas representações que mais se aproximou de seu modelo e inadequado aquelas que lembravam esse modelo, porém, com falhas conceituais. Por último, aquelas representações que não se encaixavam em nenhum modelo anterior categorizamos em Outros.

Pergunta 2: Do que é feita uma cadeira?

Assim como criamos categorias para pergunta 1 do levantamento das concepções iniciais dos estudantes, na segunda pergunta seguimos o mesmo raciocínio. Aqueles que escreveram ou representaram que uma cadeira era composta por átomos, encaixamos nessa categoria, assim como as demais; moléculas; átomos e moléculas; madeira, prego, lignina; outros.

Em algumas categorias, tivemos que inserir mais de um item, pois, segundo o entendimento dos estudantes, uma cadeira era composta por mais de um item, tabela 3.

Tabela 3: Composição do que uma cadeira é constituída.

Material Apresentado
Átomos
Moléculas
Átomos e Moléculas
Madeira, prego, lignina
Outro

Pergunta 3: – Qual é a menor parte de um CACHORRO, da ÁGUA, de uma ESTRELA? Você veria algo parecido com o que desenhou ou escreveu para a cadeira? Explique, e desenhe se possível.

Assim como fizemos para pergunta dois do levantamento das concepções iniciais, usamos o mesmo processo na pergunta três, conforme categorizado na tabela 4.

Tabela 4: Composição do que são constituídos um cachorro, água e estrela.

Material Apresentado
Átomos
Células, moléculas, átomos e átomos especiais
Indefinido
Outro

Na intenção de situar a análise das concepções iniciais dos estudantes na aprendizagem de novos conceitos, utilizaremos as contribuições e estudos conduzidos por Piaget (1974) e Vygotsky (2002) sobre a importância das concepções prévias ou espontâneas.

Análise da aprendizagem

Primeiramente, entendemos como documentos “quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação sobre o comportamento humano” (Lüdke & Anadré, 1986, p.38). Desta forma, serão analisadas todas as atividades escritas, todas as questões que foram respondidas e as avaliações feitas pelos alunos.

O objetivo dessa coleta foi tentar resgatar as conclusões tiradas pelos alunos nas diversas discussões e também, as hipóteses levantadas por eles na resolução das atividades, mostrando a maneira que ele está pensando e estruturando os diversos conceitos discutidos.

Para a verificação dos resultados de aprendizagem realizamos uma análise qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos nos questionários, exercícios e anotações pós-campo no Plano de Ensino aplicado em 2015.

Quando falamos em avaliação é importante definir qual é a concepção de ensino que o professor segue. Em nosso caso, acreditamos que o professor é um facilitador, ou um mediador, da aprendizagem, onde a função da avaliação é

diagnóstica, construtiva. Os instrumentos de avaliação são diversos, permitindo o estudante exercitar o conhecimento assimilado, de forma contextualizada, não mecânicos.

Em cada bloco do Plano de Ensino buscamos, através dos artefatos lúdicos e ferramentas lúdicas, indícios de aprendizado conforme o quadro 5:

		Indicadores de aprendizagem
BLOCO 1	Visualizam do o muito pequeno	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconhecer o átomo como elemento básico constituinte da matéria; ➤ Analisar e comparar ordens de grandeza.
BLOCO 2	Modelos na Ciência	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compreender a ideia de modelo, na Ciência, para representar e explicar fenômenos e a realidade não observável diretamente; ➤ Descrever e interpretar o mecanismo da caixa preta.
	Modelos atômicos ao longo da história	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Explicar as rupturas dos modelos atômicos ao longo da história; ➤ Reconhecer as partículas elementares em cada modelo; ➤ Compreender a evolução dos modelos atômicos; ➤ Descrever e interpretar os experimentos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr que deram origem a cada modelo atômico; ➤ Sistematizar os modelos atômicos, analisando seus limites e desdobramentos.
BLOCO 3	Aceleradores de partículas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconhecer a importância dos aceleradores para obtenção de partículas; ➤ Entender quais são as partículas elementares; ➤ Reconhecer a existência de "novas" partículas elementares.
	Criando Bárions e Mésons	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconhecer os constituintes que formam os Bárions e Mésons; ➤ Relacionar a quantidade de quarks e suas famílias.
	Cores e sabores da matéria	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compreender a outra carga atribuída aos quarks, a carga cor; ➤ Relacionar as partículas e suas famílias;
	Pôquer das Partículas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compreenda a formação das partículas a partir dos quarks e antiquarks, respeitando as características de cada família, cor; ➤ Saiba resolver situações problemas do jogo, envolvendo a formação de partículas.
	Modelo Padrão	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compreender o chamado modelo padrão como o modelo atual de organização das partículas elementares e de suas interações. ➤ Reconhecer os quarks e léptons como constituintes básicos da matéria.
	Rastreado Partículas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Descrever e interpretar os tipos de partículas com base nos traços deixados por elas. ➤ Relacionar os tipos de partículas através de sua energia.

Quadro 5: Competências e indícios de aprendizado

Análise da influência do lúdico no processo de aprendizagem

Utilizaremos para análise do lúdico, os marcadores de aprendizado do capítulo 4, além de qualquer manifestação oral, gestual ou escrita, que ajudem nesta investigação. Como nossa intenção é investigar a possível influência do lúdico no processo de ensino e aprendizado, delimitamos os mesmos marcadores por conter uma análise detalhada dos indícios de aprendizado, o que poderá facilitar o cruzamento de dados.

Faremos então, uma análise do lúdico seguindo os marcadores de aprendizado, olhando para os referenciais teóricos bem como as dimensões analíticas para o lúdico (quadro 4).

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISE DO PLANO DE ENSINO

O caminho para a construção da primeira versão do plano foi o seguinte:

- 1- Escolha de atividades experimentais e lúdicas dentro do tema;
- 2- Determinação de um eixo a partir de objetivos conceituais eleitos; subdivisão do plano em 3 blocos segundo os objetivos conceituais;
- 3- Inserção de aulas expositivas e de exercícios;
- 4- Inserção de momentos avaliativos.

Destaca-se que o ponto de partida foram atividades (experimentais e lúdicas) e objetivos conceituais. Em versões posteriores do plano, o domínio de um *modus operandi* para o tema possibilitou uma maior preocupação com objetivos mais amplos do Ensino de Física, e também um maior cuidado com a atividade *do aluno* durante as aulas.

Foram elaboradas três versões principais do plano de ensino. A primeira (que chamamos de pré-plano) foi elaborada e extensivamente discutida no grupo de pesquisa, de modo que houve uma reestruturação significativa antes da primeira aplicação. A segunda versão, resultante dessa discussão, foi aplicada no ano de 2014. A partir da análise dos resultados dessa aplicação, foi feita uma reelaboração do plano, que foi aplicada em 2015.

Durante cada aplicação houve discussões e pequenas reelaborações, de modo que os planos intencionais de 2014 e de 2015 foram um pouco diferentes dos planos efetivamente aplicados. Para a análise, escolhemos as versões aplicadas, ou seja, já adicionadas de todas as pequenas alterações que foram feitas ao longo do período de aplicação de cada plano. Optamos por apresentar os planos comparando-os com a versão seguinte, pois dessa forma ressaltamos a evolução profissional que ocorreu de uma versão para a outra. As questões analíticas são em seguida respondidas para cada versão.

Deixamos a análise quanto à construção do questionário diagnóstico para um item em separado.

5.1 Evolução do Plano de Ensino

Do pré-plano ao Plano 2014

O pré-plano já estava estruturado em três blocos. No primeiro bloco, constava uma atividade inicial para ensinar ordens de grandeza e notação científica, que julgamos necessária para trabalhar com os tamanhos das partículas de dimensão atômica. Após essa atividade haveria a aplicação de um questionário diagnóstico em que o propósito maior do professor era o de investigar o *interesse* dos estudantes pelo assunto. As questões eram tal como está abaixo, quadro 6 (questionário completo está na seção 3.2).

Levantamento das Concepções Prévias	
Pré-Plano

<p>Você sabia que os físicos estão procurando a partícula de DEUS? *</p>	
☐	Sim
☐	Não
☒	Não sei

Quadro 6: Questão diagnóstica do Pré-Plano 2014

A terceira atividade do bloco 1 era uma aula expositiva para discussão e definição conceitual sobre analogia, apontando as diferenças entre o análogo e a analogia criada.

A quarta atividade programada foi a discussão a partir de um vídeo – figura 1 a ser assistido em classe: “Nós somos o Universo” (Este vídeo está disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=vo8Lcbt2WfQ>) e trata de como a matéria se aglutinou para formar galáxias, planetas e todos os seres vivos. A instigante ideia de que nossos átomos são frutos das grades fornalhas cósmicas (Sol) que sintetizam a

maior parte da matéria conhecida, ou seja, podemos dizer que o universo está em nós, logo, somos fruto dessa imensa interação. O vídeo também aponta para os desafios e os avanços científicos alcançados sobre o cosmo, e de como estamos intimamente ligados ao Universo.

Figura 1: Recorte do vídeo: Nós somos o Universo

A quinta atividade do bloco 1: *The Scale of the Universe 2*, (Este aplicativo está disponível em: <http://htwins.net/scale2/lang.html>) é um aplicativo – figura 2, que permite trabalhar com a ordem de grandeza dos objetos, comparando galáxia com um planeta, uma pessoa com um átomo, o universo conhecido com um próton, enfim, vários objetos, alguns com dimensões gigantescas e outros muito diminutos.

Figura 2: Recorte do software: *The Scale of the Universe 2*

A sexta atividade do bloco 1, consistia em um desafio onde os alunos deveriam dividir uma folha de papel A4 em sua metade e dessa metade realizar o mesmo procedimento o maior número de vezes que conseguirem, usando apenas uma régua e um estilete.

A tabela 5 mostra o plano sucinto do primeiro bloco, e a comparação entre o pré-plano e o plano aplicado em 2014.

Tabela 5: Comparação entre bloco 1 do pré-plano e do plano 2014

Pré-plano	Plano 2014
BLOCO 1	
1.1 Explicação e exercícios sobre Ordens de Grandeza e Notação Científica;	...[trocada de lugar: para 1.4]
1.2 Levantamento das concepções e interesse dos alunos pela física de partículas;	1.1. Levantamento das concepções e interesse dos alunos pela física de partículas;
1.3 Analogia, definição conceitual	...[Excluído]
1.4 Do que TUDO é feito? (Uso do Vídeo: Nós somos o Universo);	1.2 Do que TUDO é feito? (Uso do Vídeo: O famoso acelerador de partículas);
1.5 Do muito grande ao muito pequeno, uma representação matemática usando <i>The Scale of the Universe 2</i> ;	1.3 Do muito grande ao muito pequeno, uma representação matemática usando <i>The Scale of the Universe 2</i> ;
	1.4 Ordens de Grandeza e Notação Científica;
1.6 Visualizando “o muito pequeno”.	1.5 Visualizando “o muito pequeno”.

Em discussão com o grupo de pesquisa, percebemos que a atividade 1.1 do pré-plano (trabalho matemático com ordens de grandeza e notação científica) estava disposta em um momento anterior àquele em que a habilidade seria efetivamente necessária. A concepção construtivista nos ensina que o aprendizado significativo ocorre quando há uma necessidade (sentida pelo aprendiz) do desenvolvimento do conceito ou habilidade. Assim, optamos por trabalhar atividades em que o uso das ordens de grandeza seria necessário, e sistematizar esse conhecimento em seguida.

Abandonamos a ideia de trabalhar com analogias por entender que não seria a forma mais adequada de direcionar o nosso trabalho, uma vez que o nosso ponto central era a questão do lúdico para o processo de aprendizagem.

Uma grande modificação também ocorreu com a atividade diagnóstica do pré-plano em relação ao plano aplicado, trocamos a atividade diagnóstica de cunho motivacional por três perguntas sobre a constituição da matéria.

- 1) Para você, qual é ou quais são as menores partículas que compõem qualquer objeto?
- 2) O que são partículas elementares?

No bloco 2, ver tabela 6, foi planejado um trabalho com os modelos historicamente construídos pelo Ocidente para explicar a constituição da matéria, a partir das ideias filosóficas gregas, até o modelo de Bohr, terminando com uma aula sobre Física de Partículas que chamamos de *Aula Show* – (era uma aula expositiva com uso de vários recursos, como *data show*, experimentos, vídeos).

Tabela 6: Comparação entre bloco 2 do pré-plano e do plano 2014

Pré-aplicação	Aplicado 2014
BLOCO 2	
2.1 Atividade de manipulação empírica - Caixa Preta;	2.1 Atividade de manipulação empírica - Caixa Preta;
2.2 Aula expositiva sobre Modelos Atômicos, da Grécia aos dias Atuais.	2.2 Aula expositiva sobre Modelo Atômico na Grécia.
2.3 Aula: a concepção de matéria na Grécia Antiga;	[Excluído]
2.4 Seminários dos alunos sobre: modelo Atômico de Dalton; Modelo Atômico de Thomson; Modelo Atômico de Rutherford; Modelo Atômico de Bohr;	2.3 Seminários dos alunos sobre: modelo Atômico de Dalton; Modelo Atômico de Thomson; Modelo Atômico de Rutherford; Modelo Atômico de Bohr.
2.5 Aula <i>Show</i> sobre Física de Partículas.	[Excluído]

A primeira atividade do bloco 2 - Caixa Preta - foi planejada para problematizar a questão da modelagem científica, através de uma caixa fechada a partir da qual cada grupo de alunos, após manuseá-la sem abri-la, deveria descrever o que havia dentro da caixa.

A segunda atividade do bloco 2 era uma aula expositiva sobre as ideias de constituição da matéria na Antiguidade Clássica (ideias gregas), e sua evolução até os dias atuais.

A terceira atividade planejada para este bloco – a definição de matéria na Grécia Antiga – foi excluída pelo professor durante a aplicação do Plano em 2014 por perceber que o assunto já havia sido esgotado na atividade anterior.

A quarta atividade – Modelos atômicos – foi trabalhada na forma de apresentações orais pelos alunos, sendo que as únicas exigências solicitadas para cada turma foram: explicar quais eram as menores partículas de cada modelo e que fatos ou experimentos justificavam que o modelo elaborado pelo cientista, e o que o tornava “melhor” (mais explicativo) que o anterior.

A última atividade programada para este bloco – Aula *Show* sobre física de partículas – tinha o objetivo de convidar o aluno para pensar sobre as questões atuais sobre a Física de Partículas. Ela foi suprimida devido à percepção, durante a aplicação do plano em 2014, de que o objetivo já fora atingido ao longo das atividades anteriores.

No bloco 3, ver tabela 7, o objetivo era aprofundar a discussão e conteúdo de Física de Partículas, apresentando o Modelo Padrão e abordando as famílias de partículas, as forças envolvidas, e a carga-cor.

Tabela 7: Comparação entre bloco 3 do pré-plano e do plano 2014

<u>Pré-aplicação</u>	<u>Aplicado 2014</u>
<u>BLOCO 3</u>	
3.1 Aula expositiva sobre Partículas elementares e partículas Divisíveis.	[Trocado de lugar - para 3.2]
3.2 Aula expositiva sobre Aceleradores de Partículas	3.1 Aula experimental – Discussão sobre Aceleradores de Partículas e construção de acelerador magnético.
3.3 Montagem de um acelerador magnético;	[Acoplado na atividade anterior]
3.4 Questionário 3;	[Acoplado na atividade anterior]
3.5 Experiência - Construção de uma câmera de nuvens para detecção de raios cósmicos.	[Trocado de lugar - para 3.3]
3.6 Aula expositiva sobre Partículas elementares e partículas Divisíveis.	3.2 Aula expositiva sobre Partículas elementares e partículas Divisíveis.
	3.3 Experiência - Construção de uma câmera de nuvens para detecção de raios cósmicos.
	3.4 Aula expositiva sobre o Modelo Padrão.
3.7 Jogo criando partículas.	3.5 Jogo criando partículas.
3.8 Jogo criando partículas com uso de dados.	[Excluído]
3.9 Aula expositiva sobre o Modelo Padrão.	[Trocado de lugar 3.4]
3.10 Jogo pôquer de Partículas.	3.6 Jogo pôquer de Partículas.
3.11 Criação de analogias	[Excluído]
3.12 Atividade 10 (Analogias sobre Modelo Padrão).	[Excluído]
3.13 Questionário 4	3.7 Desfile das Modelos Atômicas

Como primeira atividade do terceiro bloco do pré-plano, estava programada uma aula expositiva sobre o conceito de Partícula Elementar. No plano aplicado em 2014, alteramos a ordem para 3.2, porque a informação estava sendo passada sem que o aluno tivesse um problema a resolver. Para criarmos uma situação problema,

incluímos como 3.1, uma atividade de montar o experimento *acelerador magnético linear*, também conhecido como espingarda de Gauss. O aparato acelera esferas de ferro após a primeira colisão gerando uma reação em cadeia devido a atração e repulsão magnética entre elas, sendo que a última esfera adquire uma velocidade bastante grande, em relação à primeira esfera lançada no sistema. O objetivo dessa atividade era gerar uma situação problema. Ao contrário do idealizado, a atividade se transformou em uma atividade interessante, sem conexão com o que se pretendia, ou seja, criar uma situação problema sobre partículas elementares.

A segunda, terceira e quarta atividade do pré-plano se transformaram na atividade 3.1 do plano aplicado em 2014. O professor unificou as três atividades, por entender que poderia trabalhar com a questão dos Aceleradores de Partículas, fazendo uma analogia com o experimento proposto e, ao mesmo tempo, trabalhar com a questão da energia necessária para se “quebrar” a matéria.

A atividade 5 do pré-plano foi montar um experimento para rastrear os raios cósmicos, complementando a discussão a respeito dos aceleradores de partículas, com uma discussão inicial sobre a identificação dos tipos de partículas conforme sua energia.

A atividade 6 foi uma aula expositiva sobre a apresentação das partículas elementares (fermiônicas) e sua classificação em famílias (Quarks, Leptons, Bárions, Mésons) como pré-requisito conceitual para realização dos jogos 1 e 2.

As atividades 7 e 8 do pré-plano consistiam em dois jogos cujo propósito, em ambos, era formar partículas através da combinação de quarks e antiquarks. O primeiro jogo foi computacional, através de um aplicativo (disponível em: http://pdg.lbl.gov/fireworks/intro_eng.swf). O segundo jogo consistia no lançamento de três ou dois dados, dos quais continha um quark ou antiquark.

A aula expositiva sobre o modelo padrão (atividade 3.9) foi trocada para a posição 3.4 no plano aplicado em 2014, antes dos jogos de “criar” partículas. Isso ocorreu porque concordamos que tais jogos iriam atuar na assimilação de uma teoria ou conceito (assimilação utilizada aqui na sua acepção piagetiana), mas não na sua construção. O aluno não conseguiria jogá-los com êxito enquanto não soubesse o conceito.

A exclusão da atividade 3.8 (Jogo 2, de dados) ocorreu devido a percepção de que havia três jogos que trabalhariam praticamente o mesmo conteúdo (combinação de quarks para formar partículas): os dois já mencionados e o 3.10 - Pôquer de partículas. O critério para a exclusão do jogo 2 foi o fato dos alunos gostarem mais de jogos que envolvem cartas do que dados.

A criação de analogias proposta proposto na atividade 3.11 (pré-plano) seria uma aula sobre analogias e de como relacionar um conceito físico com um exemplo análogo sem perder a sua essência científica. Esse conhecimento seria usado para criar analogias ao modelo padrão (atividade 3.12). Contudo, ambas as atividades 3.11 e 3.12 foram excluídas do plano aplicado por fugir do objetivo central que era o de trabalhar com o lúdico e não com analogias.

Precisávamos, entretanto, de uma atividade de fechamento do tema. Então, para finalizarmos o plano 2014, inserimos um desfile dos modelos atômicos: grupos de alunos elaborariam “fantasias atômicas” coerentes com um dos modelos atômicos históricos e desfilariam para os demais, numa dinâmica que incluiria inclusive banca julgadora das fantasias.

Para analisar a construção do plano e suas modificações, usamos o instrumento de análise do plano de ensino, descrito no capítulo de Metodologia, composto pelas quatro perguntas analíticas sobre as quais dissertaremos a seguir.

1. Que tipo de conhecimento a fase diagnóstica do plano avaliou?

a) Modelo interpretativo do fenômeno

b) Conhecimento declarativo

c) Conhecimentos gerais e interesse pelo tema

No pré-plano, as questões diagnósticas haviam sido pensadas principalmente com o intuito de aferir o interesse dos alunos pelo tema (alternativa c), enquanto no plano aplicado em 2014, a maioria das questões procuraram aferir o conhecimento declarativo do aluno a respeito da constituição da matéria (alternativa b). Além disso, houve uma mudança na forma de elaboração das questões, que inicialmente eram de múltipla escolha, e que se tornaram questões dissertativas – ou seja, o aluno poderia expressar seu conhecimento com maior liberdade, gerando conjunto possivelmente mais significativo de respostas.

2. Como o professor motivou a abertura de um tema?**a) questão para resolver/desafio****b) atividade interessante****c) Pré-requisitos necessários**

A atividade de abertura do pré-plano era uma atividade que trabalhava conteúdos matemáticos que o professor considerou como pré-requisitos para o trabalho físico posterior – portanto, o pré-plano se encaixa na alternativa c desta categoria. Já no bloco 2, o pré-plano tinha como primeira atividade a caixa-preta, que se encaixaria na alternativa a da categoria. No bloco 3 começava com uma atividade expositiva em que as partículas eram explicadas – encaixando-se na alternativa b (atividade interessante), pois a nossa ideia era de que os alunos imediatamente se engajariam e gostariam de saber sobre as partículas elementares.

O plano aplicado em 2014 começa com uma atividade de vídeo sobre um acelerador de partículas – alternativa b: atividade interessante. O bloco 2 permaneceu na alternativa a, e o bloco 3 permaneceu também na alternativa b, porém com uma atividade em que os alunos teriam papel mais ativo, na construção de um aparato. Em outras palavras, o professor não mais supôs um interesse imediato por uma explicação sobre as partículas.

O maior aprendizado foi com relação ao tipo de ensino (professor) pretendido, socioconstrutivista, impactando diretamente na reformulação do Plano de Ensino para 2015, onde percebeu-se que o Plano deveria oportunizar ao longo de cada bloco, maior protagonismo dos alunos.

3. Que estrutura segue a sequência aplicada pelo professor?**a) Conteúdos relacionados a uma situação problema.****b) Lógica do conteúdo científico estabelecido.****c) Lógica centrada em um objetivo conceitual considerado difícil.**

Ressalvando que não há uma tradição de ensino rigorosamente estabelecida para o ensino de física de partículas no nível de Ensino Médio (tal que o professor pudesse copiar o índice de um livro didático, por exemplo), percebemos que no pré-plano, procuramos na medida do possível seguir alguma lógica pré-estabelecida – por

exemplo, nos blocos 1 e 2, os modelos atômicos foram colocados em sequência de acordo com o que já havíamos experienciado e com o que consideramos usual para o ensino do átomo:

Atividade 1 (Ordem de Grandeza e Notação Científica);

Modelo Atômico na Antiguidade;

Modelo Atômico de Dalton;

Modelo Atômico de Thomson;

Modelo Atômico de Rutherford;

Modelo Atômico de Bohr;

Nos blocos 1 e 3, houve alguma transgressão a essa regra – no bloco 1, isso aconteceu porque queríamos inserir atividades motivadoras, e no bloco 3, especialmente porque não havia nenhuma tradição de ensino do Modelo Padrão, de forma que para este bloco, poderíamos usar a classificação da terceira alternativa (c), pois organizamos o bloco pensando no ensino do Modelo Padrão.

No plano 2014, a análise não difere do pré-plano nesse quesito – ou seja, apesar de uma fase inicial de problematização e diagnóstico, o plano procurou centrar-se em uma lógica de conteúdos.

De fato, nossa ideia durante a construção do Plano de ensino foi a de reproduzir o que a maioria dos livros didáticos fazem: justapor conteúdos conceituais, em uma lógica que procura ir do simples ao complexo, trabalhando de antemão os pré-requisitos. Percebemos também que as concepções iniciais dos estudantes, que só apareceram timidamente no Plano aplicado em 2014, não foram trabalhadas ao longo das aulas.

4) Como o professor faz o fechamento de um tema ou atividade?

a) Relaciona o conhecimento científico com o que o aluno construiu.

b) Não faz fechamento explicitamente.

c) Faz fechamento com ruptura entre o conhecimento construído e o científico;

O pré-plano não previu momentos específicos de fechamento de um tema ou atividade. Avaliamos que de fato nossa preocupação maior era com a escolha e a ordem dos conteúdos e com pré-requisitos necessários para que os alunos

conseguissem aprender os conceitos. Portanto, o pré-plano se encaixa na alternativa b dessa categoria.

No plano aplicado em 2014, o fechamento das atividades ocorreu de forma intuitiva em alguns momentos, como no bloco 2 do Plano aplicado: após a realização da atividade da caixa preta, o professor iniciou a aula seguinte (apresentação dos modelos atômicos na antiguidade) fazendo um paralelo com a atividade anterior que os alunos haviam trabalhado, aproximando-se assim da alternativa a. Porém, não havia uma previsão no plano de ensino para momentos de fechamento e sistematização de conhecimentos, de forma que, em muitas atividades, isso não ocorreu.

Além disso, avaliamos que a atividade 1.2 (uso do vídeo: O famoso acelerador de partículas) apresentou uma ruptura com as concepções iniciais apresentadas pelos alunos no questionário inicial, pois as ideias dos alunos e suas curiosidades não foram aproveitadas. Sob esse ponto de vista, o bloco de problematização poderia ser classificado na alternativa c da categoria.

Em análise posterior à aplicação do plano, nos demos conta de que, em nossa percepção, a própria atividade ou exercício já seria suficiente para construir o conhecimento, e uma sistematização não seria necessária. A importância de fazer um fechamento ficou mais evidente no planejamento para 2015, especialmente porque passamos a elaborar avaliações do conhecimento dos alunos após cada atividade. A elaboração das avaliações nos mostrou que precisaríamos conectar o conhecimento construído pelo aluno nas várias atividades, para lhe proporcionar uma visão mais ampla da teoria física em estudo.

Reflexões após aplicação do plano 2014

Parafraseando Drummond, havia uma pedra no meio do caminho - ou melhor, havia várias. Elas foram muito importantes para criar alguns conflitos que levaram o professor-pesquisador a aprofundar em suas concepções de ensino e ao mesmo tempo construir novas estruturas conceituais a respeito do planejamento pedagógico.

A primeira pedra foi: Com qual linha pedagógica o Plano de Ensino (PE) estava estruturado?

A priori, o PE foi elaborado apenas para trabalhar com os objetivos conceituais específicos estabelecidos e a inserção das ferramentas lúdicas, ou seja, o professor não estava preocupado em qual linha pedagógica seguir. Tínhamos uma intenção declarada de trabalhar de forma sócio-interacionista, mas a concepção do pesquisador – e a que estava subjacente ao plano - compartilhada muito mais de uma concepção transmissiva de ensino e de uma epistemologia empírico-indutivista.

Essa questão surgiu durante a aplicação do plano quando o pesquisador percebeu que estava saindo da rotina de suas aulas ao inserir atividades experimentais, questionários diagnósticos, discussões e debates. Elas estavam menos transmissivas, pois o aluno estava tendo voz. Até mesmo a avaliação estava em outro formato, sem provas ou listas de exercícios (em parte porque estávamos centrados nas atividades lúdicas, em parte porque não sabíamos exatamente o que avaliar, que conceitos seriam possíveis de serem ensinados com êxito). Os estudantes foram avaliados mais em função de sua participação e envolvimento.

Neste contexto, surgiu essa inquietação que obrigou o pesquisador a aprofundar seus estudos em um referencial construtivista, pois aquilo que estava fazendo possuía algumas características construtivistas. O professor-pesquisador percebeu a importância de estruturar seu Plano de Ensino em uma linha construtivista, de modo a interpretar melhor as interações e avaliar melhor o plano e o aprendizado do aluno.

Na perspectiva piagetiana, a aprendizagem de novos conhecimentos deve ser considerada mediante duas características principais: “1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as concepções dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem” (Mortimer, 1999, p. 57). A aprendizagem, sob este enfoque, aconteceria a partir da substituição, modificação ou sobreposição das ideias prévias pelo novo conhecimento que estaria sendo proposto.

Para Vygotsky (1998) o desenvolvimento de processos internos está relacionado ao desenvolvimento das funções psicológicas superiores, ou seja, aquelas funções tipicamente humanas tais como a linguagem oral, o jogo simbólico, a leitura e a escrita, a reflexão, a consciência das ações. A aprendizagem de conceitos escolares (*científicos*, no sentido amplo utilizado por Vygotsky) acontece do nível inter-psicológico – meio externo que o indivíduo está inserido - para o intra-psicológico, ou

seja, internamente, despertando processos de desenvolvimento, relacionados à aprendizagem de conceitos, que serão construídos socialmente mediante a utilização da palavra como instrumento necessário à inserção social dos indivíduos.

Embora Piaget, via de regra, caracterize o desenvolvimento de novas estruturas cognitivas no sentido oposto (embora ele não analise o aprendizado escolar), o que esses dois autores têm em comum é a epistemologia construtivista subjacente: o conhecimento é fruto da interação das estruturas mentais internas dos sujeitos com estímulos do ambiente (natural e social).

Em outras palavras, de acordo com essa vertente epistemológica, os conhecimentos seriam estruturados não mais através da substituição de um conhecimento anterior ou por justaposição simples, mas seria dada a oportunidade ao estudante de ampliar o que este já conhecia. Assim, deveríamos priorizar estratégias de ensino que valorizam a “negociação de significados” entre as ideias que o sujeito já possui e o conhecimento proposto como novo (Mortimer e Carvalho, 1996), e estratégias que partam de situações-problema e que acompanhem o desenvolvimento conceitual do aprendiz.

A partir do seu aprofundamento teórico, o professor-pesquisador percebeu a importância das concepções iniciais dos estudantes, timidamente identificadas no PE aplicado em 2014. Percebemos que para trabalhar com as concepções dos estudantes para uma concepção mais científica do assunto, deveríamos levá-las em conta nas atividades desenvolvidas em todo o PE. Na aplicação do plano em 2014, em algumas atividades, as concepções iniciais dos estudantes foram levadas em conta, mas isso ocorreu de forma incidental.

Além disso, em termos de produção de dados sobre a aprendizagem, avaliamos que os dados coletados foram insuficientes. Como o plano neste tema era uma novidade para nós, nosso esforço ocorreu muito mais no sentido de dar conta das atividades que inserimos. Ou seja, houve uma preocupação muito maior com nossa performance na condução das atividades, do que com o aprendizado do aluno – que se refletiu nos poucos dados objetivos que obtivemos sobre a aprendizagem.

Passeando pela literatura em atuação docente (por exemplo, Bejarano e Carvalho, ANO), percebemos que essa fase é usual e pode ter sido necessária em

nossa trajetória, ou seja, não foi propriamente um erro. Mas deveríamos, a partir daí, conseguir dar novos passos.

Olhando para PE desenvolvido, e para os referenciais construtivistas, percebemos a necessidade de uma reestruturação e reaplicação do PE para nova aplicação no ano posterior. Colocamos como principais metas:

- Criar um instrumento mais eficiente para apontar as concepções prévias dos estudantes;
- Trabalhar com situações problema não somente na fase inicial, mas também ao longo do PE;
- Relacionar os conteúdos e atividades de aprendizagem com as ideias prévias dos alunos;
- Criar ferramentas mais objetivas e rigorosas para acompanhar a evolução da aprendizagem ao longo do PE;
- Criar ferramentas para avaliar a influência do lúdico na aprendizagem sobre a constituição da matéria.
- Sistematizar e diversificar as avaliações individuais ou em grupo visando o acompanhamento e fechamento das atividades.
- Revisão e exclusão de algumas atividades de cunho motivacional que não contribuíram para a construção do conhecimento.

Do Plano 2014 para o Plano 2015

Após a análise da aplicação e dos resultados do PE em 2014, avaliamos-lo e o reformulamos para aplicação em 2015. No primeiro bloco, a primeira e mais visível modificação do plano para 2015 foi a supressão de várias atividades que tinham objetivo quase que exclusivamente motivacional – tais como o vídeo “Visualizando o muito pequeno”, o aplicativo “*The Scale of the Universe 2*”.

A atividade de trabalho com os pré-requisitos matemáticos necessários para o estudo dos conceitos físicos – a das ordens de grandeza e notação científica – também foi avaliada como desnecessária, pois percebemos que esse aprendizado poderia acontecer naturalmente nas aulas em que os conceitos físicos estavam sendo

trabalhados, e a habilidade matemática ensinada dessa forma não foi de grande complexidade para os alunos, que a aprenderam muito rapidamente.

A atividade “do que tudo é feito”, que requeria o uso de um vídeo sobre o acelerador de partículas, foi também suprimida porque não traria nada de significativo naquele momento, uma vez que, um dos objetivos deste primeiro bloco era trabalhar com as concepções iniciais levantadas na primeira atividade do plano de 2015. Essa atividade foi deslocada para o bloco 3.

Portanto, comparando a tabela 8 com o plano 2015, o bloco 1 do plano 2015 ficou da seguinte forma:

Tabela 8: Comparação entre bloco 1 do plano de 2014 e do plano 2015

Plano 2014	Plano 2015
BLOCO 1	
1.1. Levantamento das concepções e interesse dos alunos pela física de partículas (Questionário 1B)	1.1 Levantamento das concepções iniciais dos alunos sobre a constituição da matéria (Questionário 1D);
1.2 Do que TUDO é feito? (Uso do Vídeo: O famoso acelerador de partículas);	...[Excluído]
1.3 Do muito grande ao muito pequeno, uma representação matemática usando <i>The Scale of the Universe 2</i> ;	...[Excluído]
1.4 Ordens de Grandeza e Notação Científica;	...[Excluído]
1.5 Atividade Corte do papel: Visualizando “o muito pequeno”.	1.2 Atividade Corte do papel: Visualizando “o muito pequeno”; 1.3 Questionário 2.

Mantivemos a atividade “Corte do Papel” do plano de 2014 no plano de 2015 (que se tornou 1.2) por se tratar de uma atividade de simples execução e, ao mesmo tempo, com uma gama de possibilidades para gerar conflitos cognitivos e ao mesmo tempo, trabalhar com as concepções iniciais dos alunos.

Por fim, para nos permitir um acompanhamento maior da aprendizagem, elaboramos o questionário 2, que trazia questões com a finalidade de aprofundar a discussão a respeito da constituição atômica da matéria, além de trabalhar de forma mais significativa a questão das ordens de grandeza. As questões foram:

- *O que você encontraria se continuasse cortando o papel?*
- *Essa menor parte encontrada seria papel ainda?*
- *Quanto cortes você teria que fazer para chegar na dimensão do átomo? De uma molécula? De um vírus?*

As entidades da questão 3 – átomos, moléculas, vírus – foram a maioria das respostas dadas no levantamento das concepções iniciais dos estudantes (vírus, moléculas, átomos), analisadas com maiores detalhes no item 3.2 deste capítulo.

Além disso, fizemos também a reformulação do questionário diagnóstico. A nova versão apresentou as seguintes perguntas:

- 1- *Represente o átomo.*
- 2 - *Do que é feita uma cadeira?*
- 3 – *Qual é a menor parte de um CACHORRO, da ÁGUA, de uma ESTRELA? Você veria algo parecido com o que desenhou ou escreveu para a cadeira? Explique, e desenhe se possível.*

Essa nova versão do instrumento diagnóstico visava unicamente compreender as ideias dos alunos acerca da constituição da matéria – ou seja, não mais constaram do questionário questões sobre o interesse dos alunos pelo tema. Essa mudança propiciou um instrumento mais eficaz para checagem das concepções dos discentes através da livre expressão que este instrumento propiciou, sem induções de resposta, sem múltipla escolha, ou respostas previamente previstas.

Para o Bloco 2 do Plano aplicado em 2015, houve poucas alterações na estrutura dessa unidade, porém houve algumas inserções que não constavam no Plano de 2014.

A primeira alteração realizada foi a introdução de questionários avaliativos para algumas atividades-chave, que o plano anterior não contemplou. Por exemplo, após a atividade 2.1 (Caixa Preta), foi pedido que os alunos respondessem por escrito, “*Como o grupo chegou em uma explicação do mecanismo da caixa preta sem saber o que havia lá dentro?*”

Mantivemos os seminários sobre os modelos atômicos históricos, pedindo novamente para os alunos apontarem quais partículas eram tidas como fundamentais em cada modelo e que evidências empíricas ou argumentos teóricos levaram à substituição do modelo atômico anterior.

Inserimos a atividade 2.4: Sistematização dos modelos atômicos. Antes de começar a sistematização, foi discutido o texto: Um Dragão na Minha Garagem extraído do livro de Carl Sagan, O mundo assombrado pelos demônios)¹. O objetivo inicial com texto era trabalhar com a modelagem científica, para então, sistematizar os modelos atômicos apresentados.

A síntese das mudanças no bloco 2, de 2014 para 2015, pode ser consultada na tabela 9.

Tabela 9: Comparação entre bloco 2 do plano de 2014 e do plano 2015

Plano 2014	Plano 2015
BLOCO 2	
2.1 Caixa Preta - Modelos Científicos.	2.1 Caixa Preta - Modelos Científicos. Questionário 3: caixa preta;
2.2 Aula expositiva: Ideias sobre constituição da matéria na antiguidade (chineses e gregos).	2.2 Aula expositiva: Ideias sobre constituição da matéria na antiguidade (chineses e gregos);
2.3 Seminários dos alunos sobre modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.	2.3 Seminários dos alunos sobre modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.
	2.4 Aula expositiva: Sistematização dos modelos atômicos; Reflexão sobre texto - Dragão na Garagem.
	2.5 Questionário 4: Modelos Atômicos.

No bloco 3-2015, fizemos algumas alterações bastante contundentes, ver tabela 10.

Tabela 10: Comparação entre bloco 3 do plano de 2014 e do plano 2015

Plano 2014	Plano 2015
BLOCO 3	
3.1 Aula experimental: montagem de um acelerador de partículas	3.1 Discussão: O problema da laranja; Vídeo: "Partículas elementares ou divisíveis: O grande

¹ SAGAN, Carl. O Dragão na Minha Garagem. In O Mundo Assombrado pelos Demônios. São Paulo: Cia. das Letras, 1997. p. 171-173.

3.2 Aula expositiva: Partículas elementares ou Divisíveis.	acelerador de partículas”. Explicação sobre o LHC.
3.3 Experimento: Câmara de nuvem	3.2 Jogo criando Bárions e Mésons - Questionário 5
3.4 Aula expositiva: Modelo Padrão	3.3 Aula expositiva: Modelo Padrão
3.5 Criando partículas: Jogo 1.	3.4 Jogo: Pôquer das partículas
3.6 Jogo: Pôquer das Partículas.	3.5 Experimento: Câmara de nuvem
3.7 Desfile das Modelos Atômicas	3.6 Questionário 6
	3.7 Avaliação do curso.

A primeira alteração foi a exclusão da atividade 3.1 do plano de 2014, que tratava da montagem experimental de um acelerador de partículas. Essa atividade utilizava conceitos do magnetismo, e a proposta seria a de fazer uma analogia com os aceleradores de partículas subatômicas. O que houve em 2014 foi que não soubemos adaptá-lo para um contexto de gerar questionamentos significativos sobre a necessidade de “quebra” de partículas – ou seja, a atividade teve mais um intuito afetivo, de promover o lúdico e o interesse, do que cognitivo. Além disso, a atividade previa que os alunos entendessem o análogo, ou seja, os conceitos do magnetismo envolvidos – mas estes se tornaram desafiadores para eles também. Dessa forma, entendemos que a atividade fugia do foco do plano.

A atividade foi substituída por outra, que ainda usaria uma analogia, mas que seria de discussão com a classe, a partir de um experimento de pensamento, que intitulamos de “O problema da laranja”. Dessa forma, o bloco começou com a proposição de uma situação problema: *Vamos supor que não saibamos o que há dentro de uma laranja. Como podemos proceder para descobrir o que há dentro dela caso não possamos cortá-la?* Com isso, foram discutidos os mecanismos necessários para se “quebrar” a matéria, bem como da energia empregada no processo.

O vídeo (*O famoso acelerador de partículas*) pertencente ao bloco 1 do plano de 2014 foi inserido no início da aula, para ajudar a problematizar a questão de como proceder para “quebrar” a matéria e da energia empregada para tanto, após a discussão em torno da quantidade de partículas geradas após a colisão de prótons, o professor apresentou o Grande Colisor de Partículas (LHC) com o uso do *data show*.

Outra alteração que operamos foi a junção das atividades 3.1 e 3.2 do Plano de 2014 na atividade 3.1 do Plano de 2015. Essa Alteração ocorreu devido ao fato da

atividade 3.1 do Plano de 2014, consistia na montagem de um acelerador linear e, portanto, demandava um certo tempo para sua execução e como a atividade 3.2 do Plano seria uma aula expositiva a respeito das partículas elementares, encaixamos esta atividade devido a exclusão da montagem do acelerador linear.

Houve também algumas alterações na sequência de atividades: a 3.3 do Plano de 2014 passou para 3.6 do Plano de 2015; 3.5 do Plano 2014 passou a ser 3.2 do Plano 2015 e 3.6 do Plano de 2014 passou para 3.5 do Plano de 2015.

Essas mudanças ocorreram para facilitar a problematização pretendida em cada atividade, como por exemplo na atividade 3.2 do Plano de 2015, os alunos foram convidados a jogar, criando Bárions e Mésons, ser ter por exemplo uma explicação conceitual da classificação das famílias, ou seja, quantos quarks são necessários para se formar um Bárion ou Méson. O professor pretendia trabalhar com essa questão através do questionamento dos alunos.

Por isso antecipamos essa atividade, antes da apresentação formal do Modelo Padrão. Com isso, abdicamos de uma ideia nossa pré-concebida, de que os alunos precisariam ter como pré-requisito o modelo padrão para trabalhar na criação das partículas. Ao invertermos a ordem das atividades, usaríamos a atividade da criação das partículas para construir a ideia da classificação e, por conseguinte, o modelo padrão.

O questionário 5 tinha como objetivo organizar e classificar as partículas de acordo com número de quarks e antiquarks durante a realização do jogo “Formando Partículas”.

A atividade 3.5 do Plano 2015 (experimento Câmara de nuvens) ajudou no aprofundamento sobre a energia das partículas através do rastro deixado por elas ao atravessarem uma névoa densa de álcool isopropílico.

A atividade 3.7 do Plano de 2014 (desfile das modelos atômicas), embora tenha sido muito bem-sucedida, foi excluída no Plano aplicado em 2015. Em função do tempo, precisamos fazer escolhas e essa atividade não trazia ganhos conceituais, no que diz respeito aos modelos atuais sobre a constituição da matéria.

Em vez dela, fizemos um questionário final, as do quadro 7, com perguntas abertas sobre a constituição da matéria:

1 - O Conjunto de reações termonucleares que ocorrem na região central das estrelas e que são responsáveis pela transformação dos elementos químicos. Em estrelas do tipo solar, por exemplo, ainda na sequência principal o processo se inicia com a figura na qual dois prótons se fundem dando origem a um núcleo de deutério e um pósitron.

Quantas partículas elementares temos nos produtos da combinação dos dois átomos de hidrogênio?

2 - Se alguém lhe perguntasse do que são constituídas TODAS as coisas contidas no Universo – estrelas, planetas, ar, pessoas, cadeiras, água, etc. – a que você responderia? Comente.

3 - Elabore três perguntas interessantes sobre Física de Partículas, o Modelo Padrão, os tijolinhos básicos da matéria.

Quadro 7: Questionário final do curso.

Assim como foi feita a análise do PE aplicado em 2014 através das questões analíticas descritas no capítulo de Metodologia, podemos analisar o PE aplicado em 2015 seguindo os mesmos critérios de análise anterior.

1. Que tipo de conhecimento a fase diagnóstica do plano avaliou?

a) Modelo interpretativo do fenômeno

b) Conhecimento declarativo

c) Conhecimentos gerais

Embora no plano 2014, o instrumento diagnóstico contivesse alguma questão a partir da qual poderíamos inferir sobre o modelo de matéria que os alunos possuíam, foi no instrumento elaborado para 2015 que elaboramos o plano especificamente com esse intuito. Portanto, podemos classificar a fase diagnóstica na alternativa (a) desta categoria. As questões eram abertas, sem indução de respostas ou testes de múltipla escolha, deixando o aluno expressar livremente seus conhecimentos, e as perguntas

versavam sobre as ideias do aluno que se relacionavam com o objetivo conceitual do ensino.

2. Como o professor motiva a abertura de um tema?

a) questão para resolver/desafio

b) atividade interessante

c) pressão por rendimento

A atividade de abertura do bloco 1, após o levantamento das concepções iniciais, foi a atividade do corte de papel, que objetivou a problematização sobre a existência de uma partícula que pudéssemos chamar de elementar.

O início do bloco 2, foi a atividade da caixa preta, que problematizou a modelagem científica.

Iniciamos o terceiro bloco do plano, mudando de um conteúdo como pré-requisito (Partículas elementares – aula expositiva), passando por uma questão interessante (Montagem de um acelerador de partículas – experiência) até chegarmos em uma questão para resolver/desafio que foi a questão da laranja – atividade problematizadora.

No jogo 1, o professor desafiou os estudantes a encontrarem do que é feito um próton ou nêutron através de um programa que combinava quarks e antiquarks, sem ter explicado o que são quarks ou antiquarks. Não se pretendia com isso que os alunos chegassem ao entendimento completo sobre os quarks ou as famílias que cada partícula pertence, e sim gerar vários questionamentos a respeito da composição da matéria, ou como diria Piaget (1974) causar um desequilíbrio cognitivo para posteriormente buscar um equilíbrio majorante.

Portanto, podemos dizer que o início do aprendizado dos conteúdos conceituais principais no plano foi sempre a partir de problematizações. Assim, podemos dizer que o plano 2015 se encaixa na alternativa (a) desta categoria.

3. Que estrutura segue a sequência aplicada pelo professor?

a) Conteúdo com origem em uma situação problema.

b) Lógica do conteúdo científico estabelecido.

c) Lógica centrada em um objetivo conceitual considerado difícil.

Tivemos marcadores importantes ao longo do Plano aplicado em 2015 que possibilitaram analisarmos a estrutura que seguiu a sequência aplicada pelo professor.

No caso do bloco 3, a atividade 3.1 do Plano 2014, partiu de uma lógica centrada em um objetivo conceitual considerado difícil, alternativa (c), na atividade 3.2 Aula expositiva: Partículas elementares ou divisíveis, alternativa (b) lógica do conteúdo científico estabelecido.

Já no Plano aplicado em 2015, as atividades 3.1 e 3.2 iniciaram o bloco 3 com conteúdo com origem em uma situação problema, alternativa (a).

4) Como o professor faz o fechamento de um tema ou atividade?

a) Relaciona o conhecimento científico com o que o aluno construiu.

b) Não faz fechamento explicitamente.

c) Faz fechamento com ruptura entre o conhecimento construído e o científico;

Diferentemente do Plano aplicado em 2014, no Plano de 2015, foram planejadas tanto atividades de fechamento e sistematização (especialmente aulas expositivas, jogo do pôquer, explicações curtas ao final de um experimento, sinalizando o que foi aprendido até o momento) quanto ocasiões em que o aluno poderia avaliar o que já sabia – que foram os questionários.

Além disso, a necessidade de fechamento e avaliação estava mais presente durante as aulas, nas próprias atitudes do professor enquanto interagia com a turma. Por exemplo, na atividade 2 do bloco 1, corte do papel, extraído das anotações pós-campo o professor perguntou para turma:

Prof.: “Com base nas representações que vocês fizeram na aula passada, qual é o tamanho de um átomo? Molécula? Bactéria? Célula? São do mesmo tamanho?”

Percebemos o relacionamento do conhecimento apresentado pelos alunos no levantamento das concepções iniciais e na atividade realizada na aula seguinte.

O início das aulas também relembra o conhecimento construído até o momento. Por exemplo, nesta anotação de campo:

A aula teve início retomando as questões levantadas na aula anterior. Será que era possível visualizar um átomo? Qual era a ordem de grandeza de uma molécula, célula ou vírus? Quantos cortes deveríamos fazer para chegar naqueles objetos?

Em todos esses exemplos, vemos que o fechamento se relaciona explicitamente com as ideias dos alunos. Portanto, podemos também avaliar que nesta categoria, o plano 2015 esteve mais próximo da alternativa (a) da categoria.

5.2 Evolução da construção do questionário diagnóstico e análise das ideias iniciais dos alunos

Como explicado anteriormente, construímos um questionário inicial, que teve, em suas primeiras versões, o intuito de identificar o interesse dos alunos pelo tema (através de conhecimentos gerais sobre a Física de Partículas), bem como suas ideias e concepções iniciais. Este momento constituiu uma das etapas para elaboração do Plano de Ensino - Planejamento de uma Solução – que caracterizam a pesquisa-ação. O questionário teve várias versões; analisamos as quatro principais.

Querida... acabei com o planeta!!!

RESPONDA AS QUESTÕES ABAIXO COM ATENÇÃO E SINCERIDADE.
NÃO SE PREOCUPE, NÃO É UM TESTE OU PROVA.

Prof. Danilo

Nome completo: _____

Turma: _____

1.

A PARTÍCULA DE DEUS

MANDE AGORA CRIAR O QUE VOU USAR PARA "MAGIA" PARA QUE DESCONDIÇÃO.

Você sabia que os físicos estão procurando a partícula de DEUS? -

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei

2.

SHAKA SOU ENTERRADO NOS TRANQUILIZANTES

Você sabia que existe um aparelho capaz de criar buracos negros aqui na Terra? -

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei

Figura 3: Questionário inicial da pré-aplicação.

Versão 1: Pré-aplicação 2014

Anteriormente à aplicação do primeiro Plano de Ensino em 2014, elaboramos a primeira versão do instrumento diagnóstico, que consistia em um questionário de

múltipla escolha que seria disponibilizado para os alunos em uma plataforma do *google docs*.

Esse questionário foi efetivamente aplicado em uma classe controle com o intuito de identificar possíveis falhas técnicas e a forma de visualização dos dados do sistema. Esse teste foi realizado com os estudantes na sala de informática, juntamente com o professor.

As respostas ao questionário aplicado na turma controle foram compiladas no quadro 8.

Perguntas	Respostas dos alunos
1- Você sabia que os físicos estão procurando a partícula de DEUS?	Sim: 20 Não: 9 Não sei: 1
2- Você sabia que existe um aparelho capaz de criar buracos negros aqui na Terra?	Sim: 10 Não: 20
3- O ser humano é capaz de encontrar a partícula de DEUS?	Sim: 7 Não: 8 Não sei: 15
4- Será que é possível criar antimatéria?	Sim: 11 Não: 5 Não sei: 14
5- Você sabia que a matéria surgiu no início do universo?	Sim: 18 Não: 3 Não sei: 6 Não concordo: 3
6- Você sabia que o LHC (Grande Colisor de Hádrons) é o maior acelerador de partículas do mundo?	Sim: 15 Não: 14 Não sei: 1
7- Você gostaria de compreender mais sobre do que tudo é feito? O Universo, os átomos, ou seja, tudo que você conhece?	Sim: 29 Não: 1

Quadro 8: Respostas do pré-questionário de 2014

Que tipo de dados pudemos obter a partir dessas respostas? Em discussão no grupo de pesquisa, avaliamos que o questionário teve um propósito principalmente motivacional: o professor queria que os alunos “comprassem” as perguntas e que ficassem curiosos sobre o que seria um acelerador de partículas, o que seria a

partícula de Deus, etc. Embora as perguntas formuladas no questionário tenham apontado para noções gerais sobre a matéria e interesse em aprofundar sobre o assunto, as respostas pouco indicavam novidades que nos ajudassem na tarefa de planejamento pedagógico.

Versão 2 – Aplicação 2014

Após a avaliação do pré-questionário 2014, reformulamos o instrumento a partir da proposição do grupo, de que deveríamos conhecer os conhecimentos dos alunos sobre a constituição da matéria.

O questionário aplicado em 2014 continha apenas uma pergunta: “Para você, qual é ou quais são as menores partículas que compõem qualquer objeto, ou seja, os tijolinhos fundamentais da matéria?”

Encontramos as seguintes respostas, conforme categorizadas na tabela 11:

Tabela 11: Respostas do questionário 1 sobre a constituição da matéria (2014).

Respostas	Quantidade de alunos
Ar	2
Átomos	16
Átomos e Moléculas	2
Átomos, Moléculas, Bactérias e vírus	3
Átomos, fótons, elétrons, neutrinos	5
Outro	2

Conforme os dados apresentados na tabela 11, a maioria dos alunos (16) responderam como partícula fundamental o átomo, já para 3 alunos, as moléculas, bactérias e vírus fazem parte dos tijolos fundamentais da matéria. Dois alunos apresentaram o ar como constituição fundamental da matéria. Para 5 alunos, a matéria é constituída de átomos, fótons, elétrons e neutrinos e outros dois alunos responderam que não sabiam.

Esse instrumento nos forneceu uma informação valiosa: para 10 alunos (um terço da turma), bactérias, ar, vírus, neutrinos, fótons, átomos e moléculas poderiam ter aproximadamente a mesma ordem de grandeza e serem considerados como partículas fundamentais. Além disso, para metade da turma, não parecia haver uma

compreensão sobre a composição do átomo em função das partículas subatômicas – próton, elétron, nêutron. Por último, a resposta “ar” poderia nos indicar resquícios de uma concepção de matéria como formada por 4 elementos (análoga à grega clássica).

Por outro lado, essa questão pedia uma resposta por escrito. Dessa forma, com as respostas em mãos, fomos questionados no grupo de pesquisa sobre “o que o aluno entende que seja um átomo ou uma molécula?” Nosso questionário não nos permitia acessar essa informação. Dito de outra forma, percebemos que o questionário nos proporcionou um conhecimento declarativo, verbal, mas não nos deu acesso aos modelos físicos que os alunos tinham e que usavam para interpretar acerca da constituição da matéria.

Para o professor, essa informação seria importante, pois poderia estar acontecendo de o aluno simplesmente não saber a diferença entre um átomo e uma molécula, e estar usando nomenclaturas diversas para um mesmo modelo mental.

Versão 3 – Pré-aplicação 2015

A análise do questionário em sua versão 2 e a aplicação do plano em 2014 nos convenceu de que era desnecessário tentar aferir o interesse dos alunos pelo tema de física de partículas: em primeiro lugar, não conseguimos concluir muita coisa sobre o interesse dos alunos a partir de um questionário escrito – uma forma mais efetiva de obter essa informação seria pela via oral. Além disso, o interesse dos alunos poderia ser construído via atividades do bloco 1 do plano de ensino (atividades de problematização), e isso ocorreria independentemente dos resultados obtidos num diagnóstico inicial. Por fim, o tema seria trabalhado em sala de aula, não importando qual fosse o interesse inicial dos alunos. Uma vez que o professor não estaria disposto a negociar com os alunos um tema do seu interesse, para os alunos não faria sentido que eles se expressassem a respeito. Por essas razões, o professor-pesquisador compreendeu que o questionário diagnóstico deveria trazer informações conceituais. Dessa forma, ele propôs, no início de 2015, no grupo de pesquisa, o seguinte questionário do quadro 9:

Caro Aluno,

Este questionário tem por finalidade identificar suas concepções a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Ele é composto em duas etapas, uma dissertativa e outra de múltipla escolha. Em ambas, a ideia é que você relate livremente suas concepções sobre a constituição da matéria ou escolha a alternativa que mais se ajuste com as suas concepções sobre esse assunto. Portanto, pedimos que não “chute”, pense um pouco antes de responder.

1 – Descreva, livremente com suas próprias palavras ou através de desenhos, do que a matéria é constituída, ou seja, as menores partículas que compõem tudo.

<p>2. O que é um átomo?</p> <p>a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.</p> <p>b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.</p> <p>c) Uma partícula básica da matéria</p> <p>d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.</p> <p>e) Não sei</p> <p>3. O que constitui os átomos?</p> <p>a) Prótons, elétrons e nêutrons.</p> <p>b) Léptons e quarks.</p> <p>c) Partículas alfa e beta.</p> <p>d) Partículas positivas e negativas.</p> <p>e) Não sei</p> <p>4. O que é uma partícula elementar?</p> <p>a) O mesmo que um átomo.</p> <p>b) Um conjunto de prótons.</p> <p>c) A menor porção de matéria conhecida.</p> <p>d) Um conjunto de elétrons.</p> <p>e) Não sei</p> <p>4.O que são prótons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.</p> <p>b) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.</p> <p>d) Partículas constituídas por quarks.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>5. O que são elétrons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica – e.</p> <p>c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.</p> <p>d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.</p> <p>e) Não sei.</p>	<p>6. Como um modelo atômico é construído?</p> <p>a) Por meio da imaginação dos cientistas.</p> <p>b) Por meio de observações da natureza.</p> <p>c) Por meio de observações experimentais.</p> <p>d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam ao modelo.</p> <p>e) não sei.</p> <p>7. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?</p> <p>a) Rutherford.</p> <p>b)Thonson.</p> <p>c) Bohr.</p> <p>d) Quântico.</p> <p>e) não sei.</p> <p>8. Como são detectadas as partículas elementares?</p> <p>a) Usando um microscópio.</p> <p>b) Por meio de sua observação direta na Natureza.</p> <p>c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de nuvens, etc.</p> <p>d) Como uso de telescópios especiais.</p> <p>e) Não sei</p> <p>9. O que é um quark?</p> <p>a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.</p> <p>b) Um átomo ionizado.</p> <p>c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.</p> <p>d) um conjunto de prótons.</p> <p>e) não sei.</p> <p>10. Quantos quarks existem?</p> <p>a) 1</p> <p>b) 4</p> <p>c) 6</p> <p>d) 8</p> <p>e) não sei.</p>
---	---

Quadro 9: Questionário diagnóstico – Versão 3 (pré-aplicação 2015)

Essa proposta foi apresentada ao grupo de pesquisa, que arguiu o professor sobre as contribuições que este novo questionário poderia proporcionar, para uma melhor compreensão do pensamento inicial dos alunos e para o planejamento do ensino.

Embora a primeira pergunta tenha sido modificada, inserindo o desenho como forma de expressão, percebemos que o questionário aferia um conhecimento predominantemente declarativo, e o formato de múltipla escolha permitiria ao aluno “chutar” qualquer alternativa, o que tornaria a análise imprecisa. Além disso, um argumento importante foi de que a conclusão já era conhecida de antemão: os alunos não sabiam sobre o assunto. Nosso argumento para a construção desse instrumento foi de que ele nos permitiria uma pesquisa do tipo pré-teste – pós-teste. Mas se já sabíamos o resultado do pré-teste antes de aplicá-lo, ele de fato não era necessário.

O grupo de pesquisa sugeriu ao professor-pesquisador que reformulasse o instrumento com perguntas dissertativas e que tentassem aferir o modelo de matéria do aluno.

Versão 4 – Aplicação em 2015

Decidimos com a ajuda do grupo de pesquisa reformular o instrumento de modo que atendesse aos seguintes quesitos:

- 1) Os estudantes pudessem apresentar suas concepções de uma maneira livre, sem que fossem induzidos a uma determinada resposta (ou seja, deixamos de lado a possibilidade de questões de múltipla escolha);
- 2) Permitisse ao pesquisador acessar os modelos usados para interpretação da estrutura da matéria – ou seja, contivesse questões em que o sujeito pudesse se expressar não somente de maneira verbal (pois as palavras podem assumir diferentes significados dentro da ecologia conceitual dos alunos);
- 3) Versasse apenas sobre o objetivo principal, e não sobre a gama de possíveis conteúdos e conceitos da física de partículas. O objetivo eleito foi a representação das concepções sobre o átomo. Como já tínhamos detectado nos instrumentos anteriores que a maioria dos alunos respondeu que o átomo seria a menor parte da matéria, gostaríamos de conhecer o que compunha o átomo, na ideia do aluno, e como ele participava da composição da matéria.

Dessa forma, reelaboramos um questionário que tinha 3 questões, todas dissertativas e com possibilidade de representações pictóricas. O questionário aplicado em 2015:

- 1) Represente o átomo;**
- 2) Do que uma cadeira é feita?**
- 3) Qual é a menor parte de um cachorro, água, estrela?**

Embora as questões pertençam ao mesmo questionário, foram realizadas em momentos subsequentes. Inicialmente foi entregue uma folha em branco para cada aluno, em seguida, foi dada a instrução para que representassem o átomo na folha entregue. Foi solicitado que descrevesse e identificasse cada objeto e traços em suas representações.

As respostas a essa primeira pergunta deveriam nos permitir saber sobre o modelo do aluno a respeito do átomo. Esperávamos compreender se o modelo de cada aluno seria parecido com algum dos modelos atômicos históricos, ou se haveria relação do átomo com vírus, moléculas, bactérias e outros conceitos científicos.

Após recolher a folha com as respostas à questão 1, foram distribuídas as folhas com as demais perguntas. O objetivo dessas outras duas perguntas era de compreender com mais profundidade o conhecimento sobre a menor parte que compõe a matéria, se haveria diferenciação entre as menores partículas para objetos distintos.

Os dados colhidos neste questionário serviram para nortear o professor na elaboração das atividades ao longo do plano, privilegiando e valorizando as concepções iniciais dos alunos. A partir dessas concepções, o professor pode “conflitar” essas concepções através de situações problemas ao longo das atividades, buscando causar desequilíbrio cognitivo no estudante. Piaget aponta a importância do desequilíbrio no processo de acomodação de uma nova informação.

6. Resultados de Aprendizado

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos em nossa pesquisa para os resultados de aprendizado do Plano de Ensino aplicado em 2015. O capítulo terá três seções: 6.1 Análise das concepções iniciais, obtidas através do teste diagnóstico; 6.2 Análise dos resultados de aprendizado; e 6.3 Análise das contribuições do lúdico dentro do processo de aprendizagem.

6.1 Análise das concepções iniciais

Através do instrumento criado para o levantamento das concepções iniciais dos alunos, neste item, serão analisadas e categorizadas as respostas fornecidas pelos alunos as seguintes perguntas:

Pergunta 1: “Represente o átomo”

O objetivo desta pergunta é identificar qual a concepção de átomo que o aluno possui, qual modelo atômico ele segue, quais são as partículas constituintes do átomo. Para análise deste instrumento, classificamos as respostas apresentadas em duas dimensões: Modelos científicos e Outro.

Na primeira dimensão que chamamos de Modelos Científicos, construímos quatro categorias:

O **Modelo biológico** foi definido a partir das representações dos estudantes, nas quais os desenhos apresentados eram semelhantes aos modelos apresentados na biologia – por exemplo, célula, vírus e bactéria,

Na categoria **Modelo de Thomson** foram colocados desenhos que apresentaram semelhança ao Modelo de pudim de passas proposto por Thomson, onde o átomo é representado por uma massa sólida com partículas incrustadas.

Para o **Modelo de Rutherford**, classificamos as respostas em que o átomo possuía um núcleo e partículas menores girando ao redor desse núcleo. Essa categoria foi subdividida em “adequado” e “inadequado”: em adequado foram alocadas aquelas representações que respeitassem a distribuição de cargas ao redor

do núcleo, onde no centro do átomo concentravam-se as cargas positivas e ao redor cargas negativas. Nesta categoria não levamos em conta a questão da espacialidade, ou seja, das dimensões do núcleo e a distância que os elétrons estão em relação a ele. Para aqueles modelos dentro dessa categoria que apresentaram semelhança com o modelo planetário, porém, com distribuição de cargas de forma diferente, classificamos como **inadequado**.

Desenhos diferentes desses foram classificados em uma categoria denominada de “outro”. No quadro 10 apresentamos exemplos de respostas classificadas em cada categoria.

Modelo	Representações
Biológico	<p>* ACHO que existem átomos de várias formas e não uma só especi.f.</p> <p>* Podem conter partícula minúsculas de magnetismo ou coisa parecida esses átomos se unirem ou Agirem em conjunto</p>
Thomson
Rutherford Inadequado

Rutherford Adequado	<p>As estruturas do átomo é dividida basicamente em duas leções: O núcleo, que é formado pelos prótons e nêutrons e a eletrosfera.</p>
Outro	<p>Not sei qual é de como ele realmente é, mas é o que acho que é.</p>

Quadro 10: Representações das concepções iniciais sobre o átomo

Quantificando e classificando as concepções de todos que responderam a primeira pergunta, de acordo com as dimensões acima estabelecidas, encontramos os seguintes resultados conforme a tabela 12:

Tabela 12: concepções iniciais sobre o átomo.

Modelos apresentados	Quantidade de alunos
Modelo biológico (Vírus, Bactéria)	3
Modelo de Thomson	4
Modelo de Rutherford:	
Adequado	4
Inadequado	9
Outro	2
Total	22

Percebemos que a maioria dos estudantes representaram o átomo através do modelo atômico de Rutherford, o que já era esperado, pois a maioria dos livros didáticos e sumários de currículos de Ciências, Química e Física, apresentam o átomo como uma partícula formada por próton, elétrons e nêutrons. Apesar disso, apenas 4 entre 22 alunos desenharam o átomo em um esquema semelhante ao científico – o que é surpreendente, visto que são alunos que já passaram por várias aulas de física, química e biologia, nas quais o modelo atômico é necessário e extensivamente trabalhado. Apenas 3 alunos confundiram o átomo com outros modelos fundamentais da ciência.

Quanto às respostas classificadas como “outro”, uma apresentava um desenho de um bastão (figura no quadro 10), e outra apresentava apenas as palavras “não sei”, sem tentativa de esquematização.

Pergunta 2: Do que uma cadeira é feita?

Esta segunda pergunta tinha por objetivo investigar como o átomo desenhado pelo aluno era associado como elemento constituinte de objetos macroscópicos.

Para essa segunda pergunta, classificamos as respostas quanto ao Material, obtendo as seguintes possibilidades: **Átomos; Moléculas; Madeira/prego/lignina e outro**. Exemplos de respostas e suas classificações estão no quadro 11.

Material	Representações
Átomos	<p>As cadeiras são feitas com várias partículas de átomos</p>
Moléculas	<p>Uma cadeira é constituída por pequenas moléculas de um determinado material, as quais estão estruturalmente unidas, e por serem minúsculas não podemos identificá-las, vemos apenas uma superfície lisa e dura.</p>

Quadro 11: Representações do que uma cadeira é constituída.

Em algumas representações apareceram em conjunto os itens: Madeira, prego, lignina como sendo as menores partículas que compõem a cadeira e em dois desenhos que não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores classificamos como **outro**.

A maioria dos estudantes responderam que a menor partícula que compõe a cadeira é o átomo, conforme resumo das respostas na tabela 13.

Tabela 13: Do que é feita uma cadeira?

Material	Quantidade de alunos
Átomos	14
Moléculas	1
Átomos e Moléculas	3
Madeira, prego, lignina	2
Outro	2
Total	22

Os 14 alunos que colocaram como partícula fundamental da cadeira o átomo não fizeram relação desse átomo com moléculas ou outras dimensões maiores da matéria. Os 3 alunos que responderam que átomos e moléculas fazem parte da

cadeira não associaram átomos com partes que compõem uma molécula – em vez disso, inferem uma justaposição de átomos e moléculas na cadeira, como partículas diferentes e não relacionadas – e possivelmente com dimensões semelhantes. No total, 5 alunos não incluíram a entidade átomo como partícula que compõe a cadeira (contabilizando as respostas classificadas em “moléculas”, “madeira, prego, lignina” e “outro”).

Pergunta 3: Qual é a menor parte de um cachorro, água, estrela?

Aprofundando ainda mais essa questão sobre o que os estudantes pensam sobre a menor parte da matéria, extrapolamos a pergunta para outros objetos com o intuito de conhecer se o átomo seria o mesmo na composição de corpos vivos e não vivos, terrestres e não terrestres.

Para analisarmos esta terceira e última pergunta, classificamos novamente as respostas quanto ao material, obtivemos as categorias: Átomos, Moléculas/Átomos especiais, células e moléculas e átomos, e outros.

Encontramos algumas variações nas respostas como “átomos especiais”, moléculas, estado físico da matéria, porém percebemos uma convergência maior para o átomo ser a menor parte da matéria, ilustradas no quadro 12:

Material	Representações
Átomos	<p>A menor parte do cachorro, da água e de uma estrela é o átomo.</p> <p>Sim, nessa matéria partículas de átomos em cada um.</p> <p>*Gotas de água</p> <p>*Estrela</p> <p>é o cachorro também é feito de átomos.</p>

Quadro 12: Representações da menor parte de um cachorro, água e estrela.

Assim, para essa última pergunta, encontramos as seguintes representações conforme a tabela 14:

Tabela 14: Do que é feito um cachorro, água, estrela?

Material	Quantidade de alunos
Átomos	14
Células, moléculas, átomos e átomos especiais	6
Outro	2
Total	22

Comparado as tabelas 13 e 14, podemos observar que os mesmos 14 estudantes que haviam relacionado átomo como constituinte da cadeira, mantiveram o átomo como sendo a menor parte que compõe qualquer objeto. Os demais distribuíram-se entre as demais categorias. Os dois alunos cujas respostas foram categorizadas em “outros” na pergunta 2 também tiveram respostas categorizadas como “outro” na terceira pergunta. Com isso, percebemos que as respostas estiveram bastante consistentes com a concepção sobre do que a matéria é constituída para esses dois alunos, ou seja, não faziam ideia da composição da matéria.

Os seis alunos cujas respostas foram classificadas na categoria “Células, moléculas, átomos e átomos especiais”, representaram átomos, moléculas, vírus como sendo da mesma ordem de grandeza. Outro ponto que chamou a atenção foi que em alguns desenhos, que incluíram os átomos, prótons e elétrons, não ficou claro se essas partículas eram as menores ou não, embora o professor tivesse enfatizado que representassem a menor partícula que compunha tais objetos.

Além disso, pudemos identificar neste último instrumento elaborado, qual modelo atômico foi usado para representar o átomo, como também a mesma lógica para explicação do que uma cadeira é feita, estrelas, água, cachorro, ou seja, o átomo como menor parte da constituição da matéria.

Assim, se a aprendizagem é uma construção que o aluno realiza ao interagir as novas informações com os conceitos disponíveis em sua estrutura cognitiva, torna-se necessário conhecer o estado inicial do aluno, seus conceitos base e seus preconceitos ou conhecimentos já adquiridos para complementá-los com os conceitos científicos. Para Miras (1996, p. 13), quanto mais o aluno for capaz de fazer relação entre o novo conteúdo e seus conhecimentos prévios, mais significativa será a aprendizagem.

Diante desse quadro e após a análise das concepções prévias dos estudantes a respeito da constituição da matéria, construímos o Plano de Ensino que contemplasse as dificuldades apresentados por eles e demonstradas neste levantamento tais como: Ordens de grandezas, a questão dos modelos científicos e quais são as partículas elementares na visão dos alunos.

Através do instrumento diagnóstico o professor ficou sabendo de informações relevantes sobre as concepções dos alunos em relação a constituição da matéria. Os Átomos, moléculas, vírus e bactérias, eram os constituintes básicos da matéria na visão dos alunos. Outro dado relevante foi a indefinição entre as dimensões dos átomos, vírus e bactérias. E por fim, o professor teve acesso às concepções dos modelos atômicos de cada aluno. A partir delas, o plano de ensino foi elaborado de forma que contivesse:

- Momentos de discussão explícita sobre átomos, comparando-os a moléculas, vírus, bactérias e células;
- Retomada sobre a composição do átomo em suas partículas subatômicas;
- Momento final de avaliação que incluísse não somente o Modelo Padrão, mas também a composição atômica da matéria e dos seres vivos.

6.2 Análise dos Resultados de Aprendizado

Definimos como “marcadores” – atividades – aquelas que fizeram parte do eixo pedagógico do curso e que ajudaram a lidar com operacionalidade (ensino), avaliação e aprendizado.

Para analisarmos os indícios de aprendizagem, buscamos definir os principais marcadores, que seriam atividades a partir das quais seria possível aferir o aprendizado de algum conceito ou modelo físico fundamental dentro do tema. Os cinco marcadores selecionados foram:

1. Visualizando o muito pequeno;
2. Caixa preta;
3. Jogo: Criando Bárions e Mésons;
4. Experimento da Câmara de Nuvens;
5. Questionário final de avaliação da aprendizagem.

Para análise dos indícios de aprendizado em cada marcador, fizemos a triangulação entre as anotações pós-campo realizadas pelo professor, os documentos produzidos pelos estudantes (exercícios, anotações, representações, diálogos individuais e em grupo) e o quadro 6 do capítulo de metodologia – Indícios de aprendizagem.

Marcador I - Visualizando o muito pequeno - Corte do Papel

O que deveria ser aprendido?

- *Compreender a constituição e a organização da matéria viva e não viva, suas especificidades e suas relações com a estrutura atômica;*
- *Operacionalizar ordens de grandeza.*

I.1 Descrição

Foi entregue uma folha de papel A4 para cada grupo juntamente com um estilete, régua e tesoura.

Em seguida, foi solicitado que dividissem a folha sempre ao meio e que repetissem esse procedimento quantas vezes fossem necessárias até chegar a um pedaço que não conseguissem mais dividir.

Após encontrarem o menor pedaço, foi solicitado que medissem o tamanho dele. Em seguida, o professor perguntou quantos cortes seriam necessários para se chegar nas dimensões atômicas. Usando essa discussão e após alguns cálculos realizados pelos alunos, o professor aprofundou o raciocínio para o seguinte cálculo:

Começamos com o papel A4, que mede da ordem de 21,1 cm x 29,7cm (que foi aproximado para 20x30 cm só para facilitar as contas), sempre cortamos o lado maior em dois, então faremos:

No início o papel tem 20x30 cm e sempre escolhemos o lado maior e dividimos por dois: Chamando de **n** o número de cortes, o tamanho do papel será:

n = tamanho em cmxcm

n=1 (20x15)

n=2 (10x 15)

n=3 (10x7,5)

n=4 (5x 7,5)

n=5 (5x3,75)

n=6 (2,5x3,75)

n=7 (2,5x1,875)

n=8 (1,25x 1,875)

n=9 (1,25x 0,9375)

n=10 (0,625x 0 9375)

n=11 (0,625x0,4685)

n=12 (0,3125x 0,4685)

n=13 (0,3125x0,23425)

n=14 (0,15625x0,23425)

Estes papeis terão um tamanho da ordem de 1,6 mm x 2,3mm, o que a olho nu vê-se como um quadradinho de 2 mm x 2mm, aproximadamente.

Conseguimos equacionar isso lembrando que temos que pensar na área do quadrado para comparar com a área da secção do átomo.

$$\text{Área do papel (a)} = L \times C \quad (1)$$

Onde $L = 20 \text{ cm}$ e $C = 30 \text{ cm}$

Área do papel = 20×30

$$a_2 = L/2 \times C/2 \quad a_2 = 10 \times 15$$

$$a_4 = L/4 \times C/4 \quad a_4 = 5 \times 7,5$$

$$a_6 = L/8 \times C/8 \quad a_6 = 2,5 \times 3,75$$

E assim por diante. Então, sempre que n for par vale a relação:

$$a_n = (L \times C) / 2^n \quad (2)$$

Para obtermos n :

$$\log a_n = \log [(L \times C) / 2^n]$$

$$\log a_n = \log (L \times C) - \log 2^n$$

$$\log a_n - \log (L \times C) = -n \log 2 \quad -\log a_n + \log (L \times C) = +n \log 2$$

$$n = [-\log a_n + \log (L \times C)] / \log 2 \quad (3)$$

Mas se a_n for a área do átomo, então n será o número de cortes necessários. Logo, se o raio do átomo for 10^{-8} cm e a área do átomo = $\pi \cdot (10^{-8})^2$, encontraremos que serão necessários 61 cortes para se chegar nas dimensões atômicas.

Para se chegar no núcleo atômico, lembrando que o núcleo é da ordem de $1 \text{ fermi}, 10^{-13} \text{ cm}$, logo a área do núcleo = $\pi \cdot (10^{-13})^2$. Efetuando-se os cálculos chegaremos em aproximadamente 94 cortes necessários.

O que foi aprendido?

Com base nas respostas escritas da primeira pergunta do questionário 2 - *O que você encontraria se continuasse cortando o papel?* Exemplificada na Figura 4 do grupo 1. Analisando os dados, 13 alunos responderam que o átomo é o constituinte básico do papel, para 9 alunos eram as moléculas ou material que ainda seria papel, como podemos analisar nas respostas (parte delas) dos alunos.

Figura 4: Corte do papel do grupo 1

A12: Chegaríamos até o átomo e ainda poderíamos dividi-lo até chegar em sua menor partícula.

A2: Átomo.

A4: Encontraria uma partícula de nêutron.

A15: Poderíamos encontrar uma partícula microscópica, imperceptível a olho nu, no entanto, poderíamos cortá-la novamente, tendo o material necessário. Tal papel poderia ser considerado um átomo.

A8: O núcleo atômico.

A10: Molécula.

A11: Seria uma partícula do material que foi feito o papel.

A13: Encontraria um “núcleo” do papel

As respostas escritas dessa primeira parte da discussão indicam que quase todos os alunos têm uma concepção de que a matéria pode ser dividida somente até um certo ponto – até chegar a uma partícula que pode ser considerada como elementar. Uma exceção seria o aluno A15, no diálogo anterior, que parece ter iniciado um discurso na contramão dessa ideia, pois aparentemente poder-se-ia continuar cortando o material *ad infinitum* – ou até não sobrar nada (essa inferência não foi checada durante a aula, contudo).

Como as entidades “átomo”, “núcleo”, “molécula” ainda apareciam misturadas, o professor conduziu uma reflexão que focalizasse a ordem de grandeza do átomo. Através das respostas escritas da segunda pergunta do questionário 2: *Quantas vezes um vírus, uma Célula ou Bactéria, são maiores ou menores que um átomo?* Abaixo estão tabuladas as respostas.

² Neste trabalho utilizaremos as seguintes notações para apresentar os dados:

A – Fala dos alunos durante as aulas.

Prof. – Fala do professor durante as aulas.

A2: Significa a fala do aluno 2, seguindo a ordem alfabética do diário de classe.

A1: $10^2;10^5;10^3$	A10: $10^2;10^5;10^3$	A18: $10^2;10^5;10^3$
A2: $10^2;10^5;10^3$	A11: $10^2;10^5;10^3$	A19: $10^2;10^5;10^3$
A3: $10^2;10^5;10^3$	A12: $10^2;10^5;10^3$	A20: $10^2;10^5;10^3$
A4: $10^2;10^5;10^3$	A13: $10^2;10^5;10^3$	A21: $10^2;10^5;10^3$
A5: $10^2;10^5;10^3$	A14: $10^2;10^5;10^3$	A22: $10^2;10^5;10^3$
A6: $10^2;10^5;10^3$	A15: $10^2;10^5;10^3$	A23: Não sei
A7: Não sei	A16: $10^2;10^5;10^3$	A24: Não sei
A8: $10^2;10^5;10^3$	A17: $10^2;10^5;10^3$	A25: Não sei
A9: $10^2;10^5;10^3$	A26: $10^2;10^5;10^3$	

Para 22 alunos a relação entre vírus, célula ou bactéria comparada com as dimensões atômicas foram: $10^2;10^5;10^3$ respectivamente, e 4 alunos não souberam responder.

Comparando as respostas da primeira pergunta do questionário 2 com a segunda, após a reflexão conduzida pelo professor, podemos avaliar, por exemplo, a evolução conceitual dos alunos A5; A9 e A22, que anteriormente tinham respondido moléculas ou partícula de papel como menores entidades que compõe o papel – conforme as respostas abaixo:

A5: *“Encontraria uma partícula de papel na sua menor forma possível”.*

A9: *“Chegaria ao elemento menor do papel”.*

A22: *“Seria uma partícula do “núcleo” do pedaço pequeno do papel”.*

Apesar de não podermos inferir como esses alunos mudaram de concepção a respeito da composição do papel, eles relacionaram corretamente as ordens de grandeza entre átomo, vírus, bactéria e molécula.

Aprofundando na discussão e retomando as concepções iniciais dos estudantes em relação ao átomo como sendo células, vírus e bactéria, os alunos foram questionados de quantos cortes seriam necessários para se chegar nestas dimensões, utilizando o mesmo raciocínio feito para o átomo e seu núcleo. Com isso, pretendia-se trabalhar as concepções declaradas anteriormente, em direção à cientificamente aceita.

Nessa atividade, os alunos calcularam juntos a quantidade de cortes e parecem ter compreendido as grandezas diferentes e decrescentes de células (eucariontes) – bactérias – vírus – átomos.

Marcador II: Caixa Preta

O que deveria ser aprendido?

- Compreender processos de construção de modelos na ciência;
- Utilizar procedimento e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipótese e interpretar fenômenos;

II.1 *Descrição da atividade*

O que foi aprendido?

Em relação aos modelos na ciência, classificamos as respostas dadas ao questionário 3 em duas dimensões e quatro categorias, de acordo com quadros 13 e 14.

Em relação à primeira pergunta do questionário 3 - *Como você chegou em uma explicação do mecanismo da caixa preta sem poder abri-la?* Classificamos as respostas segundo a consciência acerca do uso dos elementos teoria, observação empírica e criatividade (ou imaginação) para a elaboração do modelo de funcionamento da caixa. Dessa forma, as respostas foram classificadas como no quadro 13.

É importante comentar que essa categorização é difícil de ser feita, com base somente na produção escrita dos alunos, pois os termos que eles utilizam podem assumir diferentes significados – por exemplo, em alguns extratos do quadro 13, interpretamos os termos “teoria” e “dedução” como significando hipótese ou especulação. Para um maior rigor nessa categorização, seria preciso outros meios de produção de dados.

O resultado importante que obtemos a partir do quadro é que, de forma geral, os alunos perceberam que apenas a observação empírica, ou apenas deduções teóricas, não seriam suficientes para elaborar o modelo sobre que haveria no interior da caixa: no quadro 13, podemos ver que 16 dos 22 alunos se encaixariam nas três últimas categorias. Esse foi considerado um resultado positivo, e que poderia ser problematizado e aprofundado em atividades posteriores.

Empírico	criatividade	Empírico + criatividade	Empírico + Teoria	Empírico + criatividade + Teoria
<p>A13: Mexendo, puxando o mecanismo e ouvindo o som que ao puxar, ele fazia.</p> <p>A3: Tocando, balançando, ouvindo, sentindo, chegando a uma conclusão do que seria provável ter na caixa.</p> <p>A4: Pelos dois palitos que ficam pelo lado de fora dava para ter uma noção do movimento que acontece lá dentro.</p> <p>A15: Por causa da forma que as madeirinhas se movimentam e do jeito que as duas se mexem ao mesmo tempo.</p>	<p>A7: O grupo concluiu a resposta do mecanismo através do pensamento de cada um, a maioria pensou no mesmo tipo de mecanismo.</p> <p>A20: Somente pela imaginação, não tínhamos ideias concretas de que mecanismo era usado dentro da caixa.</p>	<p>A5: Utilizamos quatro passos: Primeiro observamos a caixa; segundo, falaram primeiro o [A4] e o [A7] pois eles tiveram uma ideia louca; Terceiro, eles imaginaram o dispositivo que causasse o mesmo efeito do mecanismo original. Nós comemoramos, vitória!!!</p> <p>A11: Chegamos a uma explicação através de nossa imaginação e de algumas evidências ao observar a caixa.</p> <p>A10: Através de observações, análises externas, criando ideias e aplicando.</p> <p>A1: Criando teorias e fazendo testes.</p> <p>A18: Conversando e imaginando o que poderia fazer o palito fazer aquele movimento de empurrar de um lado e entrar de outro.</p>	<p>A14: Uma teoria concretizada sobre o mecanismo, sobre as suposições propostas, um mecanismo que atenda as características do mecanismo, da caixa, não necessitando ser idêntico, mas que atenda as exigências do original.</p> <p>A22: Começaram a surgir hipóteses de como seria, através da observação.</p> <p>A6: Através de deduções, algumas respostas sem certeza.</p> <p>A16: Através de deduções, teorias, nada que pudesse comprovar o fato de que realmente havia dentro. Apenas deduções.</p> <p>A2: Pensando em teorias que provavelmente teriam o mesmo mecanismo da caixa preta.</p> <p>A9: Através da percepção, ouvindo e observando quais possíveis mecanismos fariam a caixa funcionar. No entanto, nada foi comprovado, sendo apenas hipóteses.</p>	<p>A8: O grupo utilizou algumas ideias, imaginando aquilo que poderia ser o mecanismo. Fizemos alguns testes, analisamos o movimento e inventamos um mecanismo que se assemelhasse aquele que havia dentro da caixa.</p> <p>A21: Refazendo um mecanismo que tivesse a mesma funcionalidade do mecanismo contido na caixa preta.</p> <p>A12: Com base nos conhecimentos de cada indivíduo, formaram um mecanismo que tenha o mesmo resultado que o da caixa preta. Com base nos objetos que conhecemos, podemos ter noção de seu efeitos e respectivos resultados.</p> <p>A19: Pela razão de imaginar o movimento, talvez. Pensamos no mecanismo de impulso, de vai e vem e na força de impulso de uma mola transversal entre uma vareta e outra.</p> <p>A17: Por meio de testes, tocando, ouvindo o barulho, imaginando algo que causasse o mesmo efeito.</p>
4	2	5	6	5

Quadro 13: Respostas dos alunos à primeira pergunta do questionário 3

Essa conclusão deveria ser transposta para o trabalho científico de elaborar modelos a partir do que não nos é diretamente acessível. Para aferir isso, o questionário 3 tinha uma pergunta subsequente – *Como os cientistas conseguem ver dentro da caixa preta?*

As respostas (quadro 14) mostram que todos os alunos, expressando-se numa ontologia realista, perceberam o problema dos cientistas em desvendar a realidade não acessível, e citam experimentos, estudos, hipóteses e criatividade como elementos que os ajudam a solucionar o desafio. A maior parte dos alunos acredita que, de alguma forma, os cientistas serão melhores que eles e conseguirão uma comprovação “final”.

<i>É possível comprovar</i>	<i>Não é possível comprovar</i>	<i>Não informa</i>
<p>A4: Eles fazem testes antes de desenvolver o produto, tendo toda noção de como é dentro da caixa, sem precisar abri-la.</p> <p>A5: Eles não veem, eles estudam, tiram suas conclusões e aplicações, desenvolvem projetos e experimentos que explica cada questão a ser respondida. Caso o mecanismo comprovar os conceitos eles criam uma teoria.</p> <p>A20: Acredito que também pela imaginação, mas ao contrário de nós, eles podem imaginar e também fazer experiências que podem confirmar a tal dúvida da caixa preta.</p> <p>A8: Fazendo testes e levantando teses que possam comprovar o que há dentro. Fazendo experimentos até chegar num resultado que corresponde a todas as questões sobre a caixa.</p> <p>A19: Eles não conseguem ver e sim agem na teoria por meio de experimentos para comprová-la.</p> <p>A17: Através de testes, estudos, experimentos que mostrem indícios as questões a serem provadas.</p> <p>A7: Os cientistas conseguem ver pela sua maneira de pensar, eles pensam em vários tipos de mecanismos que daria certo na caixa preta.</p> <p>A18: Eles não conseguem ver através da caixa, eles só fazem uma suposição para saber como funciona.</p> <p>A21: Eles propõem uma ideia e provam fazendo experimentos.</p> <p>A6; A10; A12; A15, A22: [Comprovam por experimentos]</p>	<p>A1: Não podem ver, mas criam teorias e mecanismos que dão os mesmos resultados.</p> <p>A2: Eles não veem, criam teorias e fazem experiências para comprovar que sua teoria tem o mesmo mecanismo da caixa preta.</p> <p>A13: Eles criam uma teoria e montam a caixa preta para ver se funciona, sendo assim, eles não veem dentro da caixa, apenas formam mecanismos que funcionem da mesma forma.</p> <p>A9: Eles não conseguem ver, eles imaginam e criam hipóteses para o que acreditam que seja o real.</p> <p>A11: Na verdade, eles não veem dentro da caixa, eles fazem experiências para que possam conseguir afirmar suas suposições.</p> <p>A3: Não conseguem, só quem faz consegue ver e saber o que há.</p>	<p>A14: Eles supõem os tipos de mecanismos e tenta prova-los.</p> <p>A16: Através de imaginação.</p>
14	6	2

Quadro 14: Respostas dos alunos a segunda pergunta do questionário 3

Apesar desse resultado estar de acordo com os indicadores de aprendizagem a que nos propusemos (quadro 14) nesse tópico, o que percebemos foi que os alunos falaram e escreveram sobre o processo de modelagem física ainda de uma forma muito abstrata. Eles entenderam o que fizeram na atividade da caixa preta, mas não conseguiram relacionar adequadamente suas conclusões com o processo de construção do modelo atômico, por exemplo, ou de outros modelos científicos que já haviam estudado (corrente elétrica, onda eletromagnética, vírus, etc.).

Em outras palavras, o que significava a “caixa preta”, na analogia que propusemos, não ficou claro. Assim, o que avaliamos foi que esta atividade embora possa ter sido significativa dentro do tema, estava deslocada no Plano de Ensino. Talvez se fosse aplicada ao final do Bloco 2, depois das apresentações dos modelos atômicos pelos alunos, seria mais bem compreendida.

Marcador III - Jogo: Criando Bárions e Mésons

O que deveria ser aprendido?

- Analisar a combinação de quarks;
- Identificar os constituintes de bárions e mésons.

III.1 Descrição da atividade

O professor convidou os alunos para “brincar de um jogo de computador” na sala de informática; e informou que o jogo seria sobre formar partículas. Na sala de informática, enquanto os alunos acessavam a página online do jogo, o professor distribuiu uma tabela para cada aluno anotar as combinações de quarks e partículas formadas.

O jogo consistia em escolher aleatoriamente partículas e colocar numa cumbuca, e em seguida observar o que saía da cumbuca, como produto da combinação (figura 5).

Figura 5: a) Colocando quarks na cumbuca. b) Partícula resultante, que sai da cumbuca. Observação: O programa não discriminava a propriedade de carga-cor.

Enquanto os alunos exploravam o jogo (figura 6), o professor aproveitava oportunidades para propor perguntas norteadoras de investigações, tais como: *Será que os prótons e nêutrons são feitos de outras partículas? Quantas partículas diferentes podemos formar com a combinação de quarks?*

Figura 6: Alunos jogando – Formando Bárions e Mésons.

As perguntas geraram informalmente uma competição entre os alunos, que queriam encontrar antes do que os outros, algumas combinações de partículas tais como o próton, o nêutron e o elétron.

Após realizarem a investigação sobre as combinações de quarks, os alunos responderam ao Questionário 4, que continha as seguintes questões:

1. Com base nas partículas encontradas, classifique-as em bárions ou mésons;
2. Qual a diferença entre bárions e mésons?
3. Quais são as partículas que compõem o núcleo do átomo?

III.2 Análise

O que foi aprendido?

A atividade era tal que impedia erros, pois o programa impedia e informava combinações impossíveis. Os alunos perceberam essas limitações do programa e fizeram várias perguntas (dados abaixo extraídos de notas de campo e pós-campo):

A7: Professor, por que não conseguimos formar nada com mais de 3 quarks?

A12: Já tentei com 1, com 4 até com 5 e nada. O programa não deixa, por quê?

A8: Alguém já encontrou do que o elétron é feito?

A10: Professor, já tentei várias combinações e não encontrei o elétron.

Prof.: Alguém já encontrou do que o elétron é feito? (Todos responderam que não, deixei eles tentarem procurar).

Como resultado, algumas discussões emergiram acerca da carga elétrica resultante, da composição de prótons e nêutrons, da classificação das partículas e da diferença entre bárions e mésons.

Com relação à capacidade de encontrar a carga elétrica resultante da combinação de quarks, os alunos compreenderam rapidamente que equação deveriam fazer. Por exemplo, o aluno A20 concluiu que “alterando a ordem das letras (quarks) não altera o produto final”. Na sua folha de respostas, mostrou como fez a soma de cargas (quark u mais o antiquark d) para encontrar a carga elétrica final de um méson. Somando o quark u mais o antiquark d verificou que dava um valor inteiro - carga 1 (figura 7).

Quarks utilizados	Partícula Formada
uuu	Δ^{++}
$u + \bar{u}$	$\eta \text{ e } \pi^0$
$d + \bar{s}$	K^0
$\bar{d} + s$	$\bar{K}^0$
$d + \bar{d}$	$\eta \text{ e } \pi^0$
$s + \bar{s}$	η
$\bar{u} + s$	K^-
$u + \bar{s}$	K^+
$u + \bar{d}$	π^+
$\bar{u} + \bar{d}$	$\bar{p}$
$u + u + d$	p
$\bar{d} + \bar{d} + s$	$\bar{p}$
$s + s + d$	Ξ^-
$\bar{d} + s + \bar{u}$	$\bar{\Lambda}^0 \text{ e } \bar{\Sigma}^0$
$s + d + u$	$\Lambda \text{ e } \Sigma^0$
$u + u + s$	Σ^+

Figura 7: Dados do aluno A20 no Jogo: Formando Bárions e Mésons.

Através dos dados de campo e do questionário 4 aplicado após a realização da atividade (figura 8), todos os alunos foram capazes de reconhecer a composição dos prótons e nêutrons, assim como de algumas outras partículas. Por exemplo, nesta transcrição de videogravação da atividade, os alunos se mostram bastante empenhados em encontrar o próton.

A10: Professor, professor, encontrei o próton, olha aqui (apontando para tela do computador).

Prof.: Achou?

A10: Sim, olha aqui (apontando para o próton).

Prof: Você marcou do que ele é feito?

A10: É formado por...

Prof: Não revele o segredo, deixe os colegas também tentarem.

Depois do primeiro, outro aluno gritou:

A12: "Achamos o nêutron professor".

Prof: Fui até eles e disse: Bacana, agora tentem formar o próton.

A2: Professor que partícula estranha é essa? (Apontando para o Sigma);

Na folha de respostas do questionário 9, é perceptível que os alunos conseguem classificar as partículas entre bárions e mésons, além de conseguir descrever com que critérios fizeram a classificação.

2) Com base nas partículas encontrada por você, classifique-as em bárions ou mésons conforme a tabela 2.

Méson	Partículas Criadas	Bárion
	Δ^{++}	X
	p	X
	N	X
	p	X
	π^+	X
	π^0	X
	π^-	X
	Λ^0	X
X	π^0	
X	K^+	
X	π^+	
	Λ^0	X
X	π^0	
X	π^0	
X	K^0	
X	K^0	
X	K^+	

Tabela 2: Classificação das partículas

3) Qual a diferença entre Bárions e Mésons?

Bárions são formados por 3 Quarks e mésons por 2.

4) Quais são as partículas elementares que compõem o núcleo atômico?

Quarks.

2) Com base nas partículas encontrada por você, classifique-as em bárions ou mésons conforme a tabela 2.

Méson	Partículas Criadas	Bárion
	Δ^{++}	X
X	$\pi^+ - \pi^+$	
	Δ^0	X
	$\pi^0 - \Delta^0$	X
	π^0	X
X	η	
X	η e π^0	
X	$\pi^+ - \pi^+$	X
X	$\pi^+ - K^0$	
X	π^+	
	$\pi^+ - \Delta^{++}$	X
	Δ^-	X
	Δ^-	X
X	$\pi^+ - \Delta^0$	
	$\pi^+ - \pi^+$	X
X	K^-	

Tabela 2: Classificação das partículas

3) Qual a diferença entre Bárions e Mésons?

Os bárions são formados por 3 quarks e os mésons são formados por um quark e um antiquark.

4) Quais são as partículas elementares que compõem o núcleo atômico?

Os quarks up e down.

Figura 8: Respostas dos alunos A4 e A18

Na pergunta 4 do questionário, por outro lado, os alunos responderam que o núcleo atômico é feito por partículas elementares “quarks”, mas nenhum chegou à objetividade de analisar a formação de prótons e nêutrons do núcleo.

É importante também ressaltar o aprendizado sobre as partículas hadrônicas, iniciado por essa atividade, que ficou perceptível em atividades posteriores de assimilação do modelo padrão. Em outros dois momentos após aplicação dessa atividade, surgiram situações onde os alunos deveriam usar o conhecimento sobre a composição de bárions e mésons. O primeiro momento surgiu no jogo Pôquer de partículas. Um bom exemplo é a transcrição de videogração durante uma partida do jogo, em que o aluno A21 questionou o A4:

A4: Formei um átomo de hidrogênio;

A21: Não formou não, olha aqui (apontando para as cartas) você tem o pósitron e com ele você poderia formar o anti-hidrogênio, mas você não tem os antiquarks para formar o antiprotão, lembra do outro jogo.

A4: Puxa, me confundi;

O segundo momento foi durante um exercício escrito, em que os alunos deveriam calcular as cargas dos quarks up e down, a partir das cargas do próton e do nêutron. O aluno A15 demonstrou uma confusão quanto a composição do elétron, mas levantou uma questão importante quanto a carga, não é só o elétron que possui carga e^- , temos também o Múon, Tau, Xi, Ômega, sendo a diferença entre as partículas é a massa e vida média de cada uma. O aluno A7 quis relembrar seus colegas que o elétron não é formado por quarks.

A15: Professor, como a gente vai saber se uma partícula com carga -e é um elétron ou outra coisa?

A7: O elétron já não é uma partícula elementar.

A8: É verdade, ela não é feita de quark, lembra do primeiro jogo.

Os léptons ainda não haviam sido trabalhados, por isso os alunos ainda não conseguiam relacioná-los na taxionomia das partículas elementares. Apesar do erro do A7, os alunos compreenderam a essência do que ele quis dizer.

Embora o jogo tivesse algumas limitações e erros (carga-cor, e limite de 3 quarks (u,d,c) e 3 antiquarks (u,d,c), ele cumpriu com um dos seus objetivos que foi

gerar perguntas a respeito da composição da matéria, especificamente de bárions e mésons.

Além disso, o jogo exigia habilidades cognitivas tais como a atenção e o raciocínio, já que para sua execução, o aluno precisava resolver alguns problemas que surgia ao longo do jogo, elaborando estratégias de ação e resolução, tais como: agrupamento de quarks e antiquarks, classificação das partículas formados.

Marcador IV – Experimento: Câmara de Nuvens

O que deveria ser aprendido?

- Descrever e interpretar os tipos de partículas com base nos traços deixados por elas.
- Relacionar os tipos de partículas através de sua energia.

IV.1 Descrição da atividade

Na primeira parte a atividade, o professor apresenta o que são raios cósmicos como eventos naturais em que núcleos atômicos muito energéticos colidem com átomos da atmosfera, gerando um “chuveiro” de partículas.

Em seguida os alunos são agrupados para montarem a sua câmara de nuvens com o material solicitado previamente pelo professor – figura 9.

Figura 9: Alunos construindo câmara de nuvens

Caso não conseguissem visualizar os raios cósmicos em suas câmaras, o professor tinha reservada outra câmara com um ímã maior e mais potente em sua base (emprestada do laboratório de demonstrações do IF-USP), de modo a proporcionar uma área maior de visualização – Figura 10.

Figura 10: Câmara levada pelo professor.

Após terem concluído a construção, os alunos foram levados para sala de vídeo (sala mais escura), para testarem suas câmaras. A escolha de uma sala mais escura se deu em virtude da melhor visualização da névoa formada, que foi iluminada com o uma lâmpada de LED verde direcionada para o experimento.

Em seguida, foi solicitado que observassem e registrassem os traços deixados na câmara de nuvens, após o álcool isopropílico precipitar e criar uma névoa densa, propícia para a interação com partículas carregadas.

IV.2 Análise

Comparando as imagens extraídas do artigo de Laganá (2011) como partículas de referência, os alunos analisaram, com a ajuda do professor, as trajetórias identificadas na câmara de nuvens com as partículas de referência do quadro 15.

Principais partículas	Descrição	Imagem de referência	Representações identificadas.
Partículas de baixa energia	Podem ser identificadas através de um comportamento característico: a grande quantidade de desvios em sua trajetória.		16 alunos
Elétrons de ionização	Quando uma partícula energética passa próxima a um átomo, ela pode arrancar algum de seus elétrons, dando origem a um elétron de ionização.		1 aluno
Prótons	Alguns prótons secundários produzidos nos chuveiros atingem o nível do mar. Têm um traço bem característico: reto e extremamente forte.		14 alunos
Partículas de alta energia	Traços retos, são característicos de partículas energéticas ($T > 100$ MeV), pois elas têm menos chances de colidirem com as moléculas do vapor de álcool, dando origem a um traço praticamente sem desvios.		Nenhum

Quadro 15: Partículas de referência, Lagana (2011)

Comparando as partículas de referência com as anotações realizadas pelos alunos, 14 alunos representaram um traço reto indicando que poderia ser um próton, (figura 10b), 16 alunos representaram traços pequenos e curvilíneos, indicando que poderiam ser elétrons (figura 10a), 6 alunos representaram traços de baixa energia com algumas curvas e nenhum aluno representou traços de alta energia.

Figura 10 – Traços representados pelo aluno A15 para elétron (esquerda) e para próton (direita).

Apenas um aluno anotou o que seriam elétrons de ionização, conforme a figura 11. Quando o professor apresentou a tabela de referência, o aluno A19 logo se manifestou:

A19: Professor, eu vi isso acontecer, gostaria de ter gravado.

Prof: Provavelmente foi alguma partícula energética que roubou elétrons de algum átomo.

A19: Nossa professor, isso é muito legal, então eram elétrons?

Prof: Provavelmente.

Essa parece que divide em dois.

Figura 11 – Anotações do aluno A19 no experimento câmara de nuvens.

Por meio do uso dessa atividade experimental, os alunos conseguiram compreender a questão energética que difere uma partícula da outra, às vezes da mesma família, relacionando as possíveis partículas através da trajetória no experimento, além de aguçar a curiosidade e interesse pela ciência.

Finalizando a análise sobre o aprendizado dos alunos, fizemos um quadro comparando as concepções iniciais e as finais sobre a constituição da matéria. Nesse quesito, houve uma evolução significativa no entendimento de que a matéria é constituída basicamente por quarks e elétrons (quadro 16).

	Pré-aplicação	Pós-aplicação
A1	Átomos	<i>São constituídas de quarks e léptons que são partículas elementares, ou seja, través de suas combinações vão formando a matéria, o átomo e outros elementos.</i>
A2	Vírus e bactéria	<i>Quark e lépton, que são as partículas elementares que através de suas combinações, formam toda matéria.</i>
A3	Átomos	<i>Todas as coisas são constituídas de: elétron, nêutrons, prótons, quarks, energia.</i>
A4	Átomos e elétrons	<i>De quark, pois são as menores partículas conhecidas.</i>
A5	Átomos	<i>Quarks, pois hoje em dia, são as menores coisas encontradas.</i>
A6	Outro	<i>De quark, porque são as menores partículas conhecidas até hoje e estão presentes em todas as coisas.</i>

A7	Átomos	<i>São feitos de quark, pois tudo é constituído de energia, que por fim forma a matéria.</i>
A8	Átomos	<i>Responderia que tudo é constituído de quarks e elétrons, pois são as menores partículas. Também diria que são formadas de energia, pois tudo possui energia.</i>
A9	Átomos e elétrons	<i>Acredito que são de quark e léptons, porque são as partículas elementares.</i>
A10	Vírus e bactéria	<i>Quark e léptons.</i>
A11	Átomos	<i>Quark, pois são as menores partículas que constituem tudo atualmente</i>
A12	Átomos	<i>Acho que são formadas de energia e depois se transformaram em quark.</i>
A13	Vírus e bactéria	<i>Eu acho que são formadas de quark e elétrons, pois a combinação deles forma toda a matéria.</i>
A14	Átomos	<i>Quark. Eles por enquanto são as menores partículas descobertas, contidas em tudo que é matéria, as partículas elementares.</i>
A15	Átomos	<i>Quark, pois são consideradas e <u>provadas</u> como as menores partículas existentes.</i>
A16	Átomos	<i>Tudo é feito de quark.</i>
A17	Átomos	<i>Quark e léptons. São partículas elementares, que através da junção, formam outros elementos.</i>
A18	Átomos	<i>Depois das aulas posso afirmar que são constituídas por quark, a menor partícula da matéria.</i>
A19	Outro	<i>São formadas de quark e lépton, tudo é formado a partir desses elementos.</i>
A20	Átomos	<i>Acho que são formados de quark e elétrons.</i>

Quadro 16: Comparação entre as concepções iniciais antes e após aplicação do PE.

Praticamente todos os alunos que responderam a avaliação final do curso (dois alunos faltaram) responderam que toda matéria é constituída basicamente de quarks e elétrons, dando indícios que abandonaram a concepção de vírus, bactéria ou átomo.

6.3 Análise das Contribuições do Lúdico dentro do Processo de Aprendizagem

Um dos objetivos principais que tivemos ao elaborar o plano de ensino foi o de trabalhar com a ludicidade na sala de aula. Sendo assim, um esforço grande aconteceu na intenção de selecionar algumas atividades que consideramos lúdicas (quadro 17) e montar o plano de ensino colocando-as no eixo do processo de planejamento.

<p>Visualizando o muito pequeno: Corte do papel; Montagem de um acelerador magnético; Aula <i>show</i> sobre o modelo padrão; Jogo formando partículas com dadinhos; Modelos na ciência: Caixa preta; Jogo criando bárions e mésons; Jogo pôquer de partículas; Experiência: Câmara de nuvens; Desfile dos modelos atômicos.</p>
--

Quadro 17: Atividades consideradas lúdicas

Tivemos o cuidado de pesquisar extensamente um conjunto de atividades lúdicas já descritos pela literatura para o trabalho com a física de partículas. Inicialmente, nossa intenção fora de incluí-las todas no plano de ensino, porém percebemos, na aplicação de 2014, que o plano deveria ser composto de outras atividades, além destas – como momentos de exercícios, de sistematização e de avaliação. Além disso, algumas das atividades tinham propósito meramente motivacional, não contribuindo para o aprendizado de conceitos – e o tempo destinado ao tema não permitiria sua manutenção. Por último, havia atividades que trabalhavam o mesmo conceito e a mesma habilidade – de forma que escolhemos uma delas apenas e descartamos a outra.

Deste modo, o plano de 2015 manteve as seguintes atividades lúdicas:

<p>Visualizando o muito pequeno: Corte do papel; Modelos na ciência: Caixa preta; Jogo criando bárions e mésons; Jogo pôquer de partículas; Experiência: Câmara de nuvens.</p>
--

Quadro 18: Atividades lúdicas presentes no plano de 2015.

Sendo assim, dedicamos uma parte da análise para considerar os resultados em termos de ludicidade das atividades. Como explicamos na seção teórica, um artefato lúdico somente pode ser considerado como um instrumento lúdico quando é apropriado pelo sujeito e proporciona sentimentos de satisfação e prazer, e quando desencadeia um envolvimento espontâneo intenso na atividade. Por conseguinte, nesta seção, queremos responder as perguntas: As atividades do quadro 18 foram

sentidas pelos alunos como lúdicas? Que indícios teríamos de que houve satisfação, prazer, engajamento?

Para esta análise, obtivemos dados de duas fontes: durante a realização das atividades nas aulas, o professor videogravou algumas e fez anotações em campo (complementadas por anotações pós-campo) em outras. Após a realização do plano, os alunos responderam a um questionário de avaliação do curso, que continha as perguntas elencadas no quadro 19.

- 1) O que você achou que foi o nosso objetivo com tudo isso?
- 2) Você percebeu que queríamos chegar a algum lugar? Comente.
- 3) Qual ou quais das atividades foram mais significativas para você? Por quê?
- 4) Em sua avaliação, qual ou quais delas foram mais importantes para a interação com os colegas, professor? Por quê?
- 5) Na sua opinião, o que mais contribuiu para o entendimento da matéria durante o curso? (As aulas expositivas? Os experimentos? Os Jogos? Exercícios? Por quê? (Comente sua resposta)
- 6) Espaço aberto para QUALQUER comentário adicional que queira fazer sobre as atividades desenvolvidas em sala: experiências, jogos, enfim... qualquer sentimento, impressão, reclamação que gostaria de compartilhar.

Quadro 19: Perguntas realizadas na avaliação do curso de 2015.

Essas duas fontes de dados foram primeiramente analisadas buscando-se os seguintes indícios de engajamento:

- a) Permanência espontânea na atividade, mesmo após cumprir a tarefa proposta pelo professor.
- b) Compreensão (ou transformação) de uma atividade proposta como um jogo ou brincadeira.
- c) Envolvimento intenso na ação: atenção concentrada por tempo prolongado na realização da ação.
- d) Envolvimento mental intenso na solução de um desafio, com atenção concentrada por longo período de tempo.
- e) Manifestação de entusiasmo durante ou após a realização da atividade, seja relatando prazer individual ou elogiando interação social positiva.

a) Permanência espontânea na atividade, mesmo após cumprir a tarefa proposta pelo professor.

Os dados que indicaram a permanência espontânea do aluno na atividade foram principalmente obtidos através de notas de campo e transcrições de videogravações. A atividade Corte de papel ficou dentre as que nos surpreendeu bastante, pois apesar de ser uma atividade muito simples do ponto de vista da ação concreta do aluno (apenas cortar papel ao meio repetidamente), houve um intenso engajamento na atividade:

Prof.: Após o término da aula, em outra sala, dois grupos vieram discutir formas de como cortar mais aquele pedaço de papel.

A12: “Professor, queremos cortar mais.”

Prof.: “Mas então, como vocês fariam para cortar isso? (Apontando para o menor pedaço que eles levaram)”

A12: “Com um microscópio, né”

Outra anotação pós-campo que indica esse envolvimento espontâneo ocorreu após a atividade Caixa Preta, especialmente pelo fato de que os alunos queriam abrir a caixa para avaliar se seus modelos estavam corretos:

Após realização dessa atividade, os alunos foram atrás do professor no intervalo para discutir sobre qual modelo estava “correto” e pediram para ele abrir a caixa preta e desvendasse de uma vez o mecanismo contido nela.

O professor não abriu a caixa e explicou que o propósito era esse, pois a caixa seria análoga a elementos da realidade (tais como átomos e partículas subatômicas) que os cientistas queriam desvendar – e os cientistas não podiam abrir tais caixas. Alguns alunos ficaram tão intrigados que passaram o resto do ano pedindo ao professor para abrir a caixa.

A atividade Pôquer de partículas também foi uma das que geraram desejo de continuar além da aula.

Dois dos grupos [de 4 alunos] pediram o baralho para jogar no intervalo da aula e um aluno perguntou se o professor poderia emprestar o baralho para levar para casa para jogar com seus irmãos.

Neste jogo, apenas um dos grupos não esteve envolvido intensamente na atividade e não demonstrou prazer ao realizá-la.

Finalmente, no experimento da câmara de nuvens, o envolvimento foi tão intenso que os alunos não queriam que a aula acabasse.

Os alunos pediram para o professor se eles poderiam continuar visualizando as partículas na câmara de nuvens, pois sua aula já havia acabado.

Percebe-se o potencial lúdico das atividades descritas acima, através dos instrumentos lúdicos, cujo papel é envolver os alunos em uma atmosfera de investigação, sendo que o jogo, a experiência, a caixa preta, o corte do papel, permitiram a possibilidade a expressão do agir e interagir. Ele é considerado prazeroso devido a sua capacidade de absorver o indivíduo de forma intensa e total, criando um clima de entusiasmo (Teixeira, 1995).

As atividades Corte de papel, Caixa preta, e Câmara de Nuvens foram as três em que houve engajamento pleno da classe independente da obrigatoriedade de cumprimento da tarefa de aula.

As atividades Criando Bárions e Mésons e Poquer de Partículas tiveram tal envolvimento de cerca de 3 dos 4 grupos de alunos (grupos com 5 alunos cada), portanto cerca de 75% da classe.

b) Compreensão (ou transformação) de uma atividade proposta como um jogo ou brincadeira.

Isso aconteceu em duas atividades: Corte de Papel e Criando Bárions e Mésons. Dados foram provenientes das anotações em campo e pós-campo. Na atividade Corte de Papel, os grupos transformaram em competição entre os grupos o número de cortes possível.

Quando o grupo 1 descobriu que o grupo 3 conseguiu cortar 13 metades, eles voltaram para o último pedaço encontrado e discutiram se não era possível cortar mais, então, tentaram cortar mais.

Os grupos 2 e 4 conseguiram cortar 14 metades, alimentando a competição entre eles. Houve um grupo que questionou tamanha habilidade em dividir algo tão pequeno e foram checar no grupo rival se de fato aquilo era possível.

Na atividade Criando Bárions e Mésons, a proposta do professor para que os alunos montassem o próton e o nêutron também foram transformadas, pelos alunos, em uma competição:

[...] O que já estava empolgante se tornou uma competição entre eles, ‘encontramos professor, olha aqui’, apontando para tela. ‘A gente também professor’; ‘Professor, encontramos o nêutron’...

c) Envolvimento intenso na ação: atenção concentrada por tempo prolongado na realização da ação.

Os indícios de envolvimento intenso na ação por tempo prolongado foram obtidos através das nas anotações pós-campo. A atividade Corte do Papel, talvez por ter gerado um clima de desafio e competição entre os alunos, ocasionou um envolvimento intenso na ação dos alunos de obter mais metades, como no relato:

Embora pareça ser uma atividade de simples execução, notei um grande engajamento por parte dos alunos em realiza-la. Talvez devido ao fato de quererem ganhar um do outro; do desafio em si mesmo.

O experimento Câmara de Nuvens também proporcionou um intenso envolvimento na ação de observar os riscos e tentar desenhá-los no papel.

*A7: Eu vi, eu vi, um rastro bem aqui, olhem acabou de formar outro!
A10: Também vi um, deixou um baita rastro, vocês viram.
A3: Gente, não estou vendo nada.
A7: Olha bem aqui na parte de baixo que você vai ver.
A3: Agora vi, ele fez tipo uma curva né, vocês viram?
A16: Ô, dá licença, também quero ver.*

A atividade Pôquer de Partículas, para 3 dos quatro grupos, também gerou intenso envolvimento.

*A10.: Vejam eu ganhei, formei um próton.
A14.: Não ganhou não, olha aqui possui dois quarks up de mesma cor, não pode tem que ser de cores diferentes por causa da carga cor, lembra.
A10.: Verdade, que droga, perdi. (risos)*

Em contraste, na atividade Criando Bárions e Mésons, houve um envolvimento inicial e uma empolgação pelo aplicativo, mas que não perdurou muito, pois ao final da atividade, os alunos já não estavam mais empenhados em formar partículas. Talvez o fato de todos os alunos encontrarem com certa facilidade a combinação de quarks que resultava em prótons e nêutrons, tenha desmotivado os mesmos no final da atividade.

d) Envolvimento mental intenso na solução de um desafio, com atenção concentrada por longo período de tempo.

As duas atividades que podem ser inseridas nessa categoria são a Caixa Preta e a Câmara de Nuvens.

Na Caixa Preta, houve intenso envolvimento para desvendar o conteúdo da caixa, cujas discussões, como já relatado, excederam o tempo da aula. Na discussão posterior à atividade, o envolvimento dos alunos seguiu intenso, pois, inspirados pela possibilidade ou não de abrir a caixa, eles discutiam se os cientistas conseguiriam abrir suas caixas pretas.

Então a sala ficou alvoroçada, alguns defendendo que era importante [cientista] ver [dentro da caixa], caso contrário, como é que eles saberiam que o átomo existe; outros, afirmando que não, porque era muito pequeno e não tinha equipamento que conseguisse visualizar algo desse tamanho. Todos ficaram envolvidos naquela discussão a respeito se era possível ou não visualizar o átomo. Estava muito interessante.

Na Câmara de Nuvens, o envolvimento principal foi com a ação de observar os rastros (categoria c). Alguns poucos alunos se envolveram também no desafio de compreender por que tais partículas um tipo de rastro ou outro.

e) Manifestação de entusiasmo durante ou após a realização da atividade, seja relatando prazer individual ou elogiando interação social positiva.

Embora manifestações de apreciação das atividades tenham ocorrido em vários momentos durante o curso, tanto na forma oral como escrita, os dados foram

extraídos do questionário final de avaliação do curso, em que os alunos poderiam se expressar sobre quais atividades foram mais significativas. Nesse questionário, o aluno se sentia livre para escolher uma ou mais atividades que mais agradaram e comentar a respeito.

Obtivemos manifestações positivas de todas as 5 atividades lúdicas planejadas.

[Pergunta: Quais atividades foram mais significativas para você? Justifique]

A22: A caixa preta, pois ali, tínhamos que tentar imaginar o que tinha dentro dela, foi uma experiência inesquecível.

A8: A caixa preta, pois interagimos juntos, questionando e criando.

A1: A da caixa preta, porque pensei em um mecanismo que achava ser o único possível e percebi que não, há vários meios de explicar algo.

(Caixa preta)

A12: A construção da câmara de nuvens possibilitou ver os rastros das partículas, foi muito legal”.

A8: A atividade de construção de uma câmara de nuvens foi a que mais achei interessante, pois podemos realizar a atividade em grupo.

A2: Achei a experiência da câmara de nuvens muito bacana, desde sua construção até a visualização, foi bem legal...

(Experiência câmara de nuvens)

A9: No jogo, houve muito debate e discussão, aprendemos de forma diferente sobre as partículas.

A12: O jogo no computador, porque pude aprender de forma descontraída sobre a matéria.

(Jogo criando bárions e mésons)

A tabela 15 mostra que as atividades mais citadas pelos alunos foram a Caixa Preta e a Câmara de Nuvens.

Tabela 15: Atividades citadas pelos alunos no questionário de avaliação do curso

Alguns alunos, no entanto, se expressaram em relação ao conjunto das atividades.

A7: *Praticamente todas, já que em cada aula se aprendia um pouco mais sobre tudo, cada aula era dinâmica.*

A8: *Todas tiveram grande significado, pois foram necessárias para adquirir conhecimento e construir o nosso raciocínio. No entanto, a câmara de nuvens podemos comprovar aquilo que discutimos, estavam ali, podemos verificar a olho nu.*

A14: *Todas foram ótimas, mas a caixa preta foi a que mais se adaptou em todas as situações.*

A3: *Todas as aulas. Porque foi diferente de todas as outras aulas, foram mais dinâmicas, mais participativas. Aprendemos por nós mesmos e o professor foi só orientando, direcionando o raciocínio.*

A19: *Todas, pois uma interligava com a outra e cada vez mais a aula ficava mais interessante, legal, pois aos poucos ia dando uma emoção para você entender do que tudo era feito.*

E alguns alunos citaram também atividades diferentes das que planejamos como lúdicas. Conforme relata A21 (e que também havia sido notado no relato pós-campo sobre a determinação das cargas elétricas dos quarks), os exercícios funcionaram como ferramentas promotoras de mobilização intelectual para superação e aplicação dos conhecimentos adquiridos.

A21: *Os exercícios, foram desafios que nos fizeram pensar e ao mesmo tempo foi divertido.*

Revisitando os conceitos empregados em nossa análise para questão do lúdico e ludicidade, o lúdico está localizado na possibilidade, nos instrumentos didáticos, no vir a ser, a toda e qualquer tipo de atividade que possa ser alegre e descontraída, desde que possibilite a expressão do agir e interagir. Na ludicidade, o sujeito apropriou-se do instrumento, há o envolvimento por completo na realização de determinada atividade, é um fenômeno interno ao sujeito, onde ocorre a acomodação e desequilíbrio, gerando o desenvolvimento cognitivo, o que parece ter acontecido em várias atividades do Plano de Ensino aplicado em 2015.

Os dados inesperados, como o dos exercícios e das aulas expositivas, nos levaram à reflexão de que o envolvimento cognitivo genuíno proporciona ao aprendiz a sensação de ludicidade da tarefa que realiza. Creditamos ao envolvimento cognitivo intenso as manifestações de entusiasmo de todos os alunos, com respeito ao plano como um todo, que reproduzimos aqui na íntegra no quadro 20 (dois alunos ausentes faltaram no dia da aplicação desse questionário).

A1	Eu já gostava de física e passei a gostar mais, não só eu, mas o resto da classe também, esperava pelas aulas de sexta.
A2	Foi uma experiência nova, interessante e que agradou a maioria, com atividades diversificadas que ajudaram no entendimento da matéria.
A3	As atividades foram muito importantes, significativas para nós, onde conseguimos aprender e ter uma visão mais abrangente de tudo.
A4	Antes você dava muita fórmula, agora as aulas ficaram mais interessantes.
A5	Parabéns professor pelas aulas, esse ano elas foram muito diferentes. Aprendi de outra maneira, nem parecia que estava na escola.
A6	Foram bacanas as aulas e o professor achou uma boa maneira para ensinar a matéria.
A7	As aulas de física em relação as outras, foram as melhores, tanto pelo seu jeito meio louco, quanto aos experimentos e jogos.
A8	Agradeço a experiência e ao conhecimento adquirido, pois até então, ouvíamos falar sobre a física experimental, as não “vivenciava”. Após tal oportunidade, conhecemos e podemos observar a física, e tudo foi incrível.
A9	Parabênizo pela sua inteligência, carisma, amizade que fez comigo e com a sala, pela confiança e troca de conhecimento.
A10	Você era um professor chato ano passado, mas com o passar do tempo percebi o quanto é legal.
A11	Obrigada por acreditar no potencial da turma e especialmente o meu.
A12	Quero elogiar e agradecer por ser um profissional tão inteligente, engraçado e fazer tão bem o que você faz: compartilhar conhecimento. Suas aulas sempre foram engraçadas e produtivas, aprendia muito.
A13	Foi surpreendente, algo que não tinha feito, análise de experimentos, jogos, com conteúdo educacional.

A14	Difícilmente tenho reclamações, afinal a aula de física é facilmente criticada por ser difícil, mas a sua aula é a melhor de todas, muito completa de fácil compreensão.
A15	Queria que no 2º ano fosse como foi esse ano, gostei muito, aprendi muito, infelizmente descobri esse lado fantástico da física no último ano.
A16	No começo somente com explicações e aula teórica era mais complicado entender a matéria, porém depois que o professor mudou as aulas surgiu o interesse dos alunos.
A17	Gostei muito, pois o professor é ótimo, traz coisas diferentes para descontrair e ensinar, uma forma mais legal.
A18	Gostei muito das atividades desenvolvidas, me ajudou a ampliar meus conhecimentos e tirar dúvidas.
A19	Quero te agradecer pelas aulas empolgantes, o melhor professor que já tive.
A20	Parabéns por ser o professor que é, sempre alegre, disposto a ensinar, continue assim.

Quadro 20: Respostas dos alunos

7. Conclusão

“Brincar não é perder tempo, é ganhá-lo. É triste ter meninos sem escola, mas mais triste é vê-los enfileirados em salas sem ar, com exercícios estéreis, sem valor para a formação humana”.
(Carlos Drummond de Andrade).

Iniciamos a conclusão com um depoimento pessoal do professor pesquisador, escrito no caderno de notas de campo, e que levamos para uma das reuniões do grupo de pesquisa –

Aprendi que não basta reunir um punhado de atividades, que considero lúdicas, e agrupá-las aleatoriamente. Primeiramente o professor tem que saber ouvir seus alunos, compreender seus pensamentos e suas dificuldades. Precisa inclusive levar em consideração suas queixas e reclamações, afinal, ouvir o aluno faz parte de nosso ofício como profissionais da educação.

Para montagem desse plano, foi considerado o interesse dos alunos em discutir mais sobre “do que a matéria é constituída”. Essa ideia de planejar meu ensino a partir das demandas dos alunos é recente. Em meus 18 anos de carreira, não considerava o interesse dos alunos para elaboração do planejamento de ensino. Acreditava e achava adequado seguir o índice do livro didático, que aquela ordem ou sequência era o melhor para meus alunos (talvez o fosse para mim, pois daria menos trabalho para planejar).

(...)

Durante a construção desse planejamento fui percebendo que além de reunir atividades que poderiam ser significativas para meus alunos, um questionamento surgiu durante a sua construção: Que linha pedagógica devo seguir para alcançar meus objetivos? Ao ser confrontado por meus colegas sobre as atividades elaboradas no plano seguirem uma linha transmissiva de ensino, iniciei uma profunda reflexão sobre que metodologia de ensino poderia ser mais adequada. (...)

Já tinha lido sobre a importância das concepções iniciais dos alunos para uma aprendizagem significativa, porém, nunca tinha colocado isso em prática, e as vezes que ocorreram, aconteceram de forma aleatória, através de perguntas orais, sem valorização dessas informações no contexto das aulas.

Como tinha uma concepção transmissiva de ensino é compreensível que as primeiras atividades elaboradas para investigar as concepções iniciais dos alunos tenham tido como pano de fundo uma linha conteudista.

Após encontrar (com ajuda do grupo de pesquisa) um instrumento válido para análise das concepções iniciais dos estudantes, foi extremamente significativo descobrir o quanto aquelas informações poderiam ajudar na elaboração de estratégias didáticas para aproximar aquele conhecimento declarado com o cientificamente aceito.

Além de todas essas mudanças didáticas, ainda faltava organizar de maneira adequada as atividades lúdicas que acreditava contribuir para uma aprendizagem significativa.

Surgiu então outro ponto crucial no planejamento de ensino: como avaliar tudo aquilo? Como saber se as ferramentas estavam atendendo tanto as expectativas do professor quanto as dos alunos? Novamente, já ia me esquecendo de ouvir os alunos...

Ao rever nossas percepções finais acerca do caminho que percorremos na elaboração e nas sucessivas reelaborações desse plano de ensino, percebemos o quanto esse caminho proporcionou um aprendizado maior sobre a docência da Física e também sobre o aprendizado. Nesta conclusão do trabalho, cabe refletir sobre alguns pontos que avaliamos estarem dentre os principais determinantes do processo.

I – O plano inicial e todas as reformulações foram elaborados pelo professor

O professor se responsabiliza por um plano de ensino quando ele o compreende. Ele somente compreende um plano quando participa ativamente de sua elaboração. Dessa forma, não há supressão da autonomia docente.

Na primeira formulação do plano, o professor mobilizou os conhecimentos que já tinha – que eram em termos de conceitos e de atividades lúdicas que aprendera em cursos anteriores e oficinas.

Na ausência de um sumário de livro didático que pudesse encadear os conteúdos de forma satisfatória, o plano começou a ser elaborado inicialmente como uma justaposição de atividades que o professor considerara lúdicas e interessantes.

É necessário lembrar que o conteúdo já fora trabalhado pelo professor seguindo o caderno do aluno do Projeto São Paulo Faz Escola (uma espécie apostila elaborada para os alunos e professores, que estaria de acordo com a matriz curricular estadual). Essa apostila já trazia um encadeamento de conteúdos e atividades, porém

o professor já tinha uma avaliação de que tal proposta não atingia os objetivos de aprendizado desejados.

Essa ruptura assumida – em não tentar seguir uma sequência estabelecida por livros didáticos – contribuiu para o amadurecimento pedagógico do professor, embora uma lógica sequenciada de conteúdos fosse seguida inicialmente na pré-montagem do plano. Após algumas modificações e reflexões, o que estava em jogo não era mais a sequência de conteúdos estabelecidos cientificamente, e sim, a escolha de atividades e conteúdos que promoveriam uma aprendizagem significativa para seus alunos – considerando objetivos de ensino mais gerais.

II – O professor teve auxílio para aprender a ouvir o aluno

As reflexões em grupo, a partir do plano aplicado em 2014, proporcionaram um aprendizado sobre a habilidade de compreender o aluno e o ponto de partida para o ensino dos conceitos. Isso foi proporcionado através da discussão sobre as ideias e dificuldades dos alunos (através da análise de resultados diagnósticos de aprendizagem); foi também favorecido nas extensas discussões sobre como usar efetivamente esse aprendizado nas atividades de ensino ulteriores. São dois aprendizados que consideramos bastante árduos – e surpreendentes: o primeiro é o de compreender que o aluno não parte do “nada” – e, com isso, descobrir um ponto de partida do plano de ensino. Esse primeiro aprendizado envolveu uma mudança muito drástica de paradigma, de uma crença epistemológica empírico-indutivista para uma construtivista. Esse aprendizado, entretanto, perder-se-ia caso não fosse dado o segundo passo - que foi o de conseguir elaborar atividades que levassem em conta as concepções iniciais dos alunos, ressignificando-as em direção aos conceitos cientificamente aceitos.

Para isso, o aprofundamento teórico sobre o ensino e a aprendizagem foi fundamental, pois, concomitantemente ao planejamento e aplicação de atividades, o professor munuiu-se de um suporte racional que lhe deu maior segurança às suas ações.

Tudo isso foi feito junto com vários parceiros, através de diálogos que também partiram do conhecimento inicial do professor (suas ideias e concepções foram ouvidas e consideradas) e proporcionaram atividades (de pesquisa-ação) que lhe

permitiram a ressignificação de suas ideias, concepções e crenças, ao mesmo tempo em que lhe ajudavam a elaborar práticas que fossem coerentes com as novas ideias, concepções e crenças.

III – As reflexões proporcionaram o deslocamento do olhar, dos conteúdos para os objetivos

A partir dos esforços de elaboração e aplicação do plano, surgiram as questões - que Física Moderna que deveríamos priorizar? Que atividades, que conteúdos? Essa reflexão nos levou à transformação do plano inicial, que era uma justaposição de atividades e conteúdos. Percebemos que o que está em jogo não é um conjunto de conteúdos (em uma visão *quantitativa* do ensino – *quanto mais conteúdos, melhor*) e sim qual ênfase curricular gostaríamos de trabalhar e quais objetivos avaliamos como mais pertinentes.

Esse olhar para os objetivos ocorreu como um produto do processo de planejamento. Essa é uma observação interessante: *chegamos* a esse olhar, não conseguimos *partir* dele – ponto de partida foram as atividades e o conteúdo. Não procuramos elementos teóricos para interpretar esse dado, mas ressaltamo-lo, pois para uma pesquisa mais centrada nos processos da formação docente, ele pode ser pertinente.

IV – A efetiva aplicação do plano e sua reaplicação

Do ponto de vista da pesquisa-ação, este trabalho de pesquisa de fato transformou o professor, tanto quanto transformou o aprendizado e o interesse dos alunos. Alguns elementos muito significativos para essa transformação foram as características dos alunos – sua resistência, sua espontaneidade em nos indicar quando uma atividade estava ou não sendo significativa e gerando aprendizado – e a presença e apoio constante do grupo de pesquisa – que nos confrontou com inúmeras perguntas, a partir de nossa prática relatada, que nos forçavam a unir teoria e prática, buscar mais teoria, compreender melhor a prática.

O processo inicial de planejamento não nos confrontou com muitas perguntas. Tínhamos muitas convicções e poucas dúvidas. Foi a aplicação do plano e a atenção aos processos e aos resultados – ou seja, a participação efetiva dos alunos – que nos

proporcionou as perguntas que nos faziam crescer como pesquisador-professor. A prática foi fundamental para dar significado à teoria, assim como a teoria foi fundamental para compreender a prática. Não imaginamos como esse aprendizado poderia ter ocorrido sem um dos dois ingredientes.

Retomando a discussão sobre o uso do caderno do aluno (material fornecido pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo) e paralelamente o livro didático, em nossa pesquisa que esses manuais escolares foram úteis como material de apoio para o professor. Tínhamos a expectativa inicial de que eles deveriam ser mais que isso – que deveriam conter os conteúdos já organizados em sequências didáticas adequadas. Verificamos que não – e, após este trabalho, percebemos que também para outros temas da física, a sequência do livro didático não deve ser confundida com a sequência que o plano de ensino deveria ter.

Não temos a pretensão de denunciar esses manuais didáticos como desimportantes para o processo formativo do aluno, apenas afirmamos que uma ideia comum dentre os professores, que é a de delegar aos materiais todo o processo construtivo do conhecimento, é questionável. Não sabemos dizer se os livros deveriam apresentar uma sequência didática mais compatível com os processos de aprendizagem, em vez de organizar os conteúdos em sequências lógicas. Ou se tal tarefa é impossível – visto que o Projeto São Paulo Faz Escola foi elaborado com essa intenção e não conseguimos usá-lo. De qualquer forma, essa pode ser uma questão pertinente para a área de pesquisa.

Do ponto de vista do ensino da Física Moderna, é mister salientar que não chegamos a um aprofundamento que permitisse ao estudante relacionar esse conhecimento com sua vida prática imediata (por exemplo, compreender o funcionamento de aparatos tecnológicos). Embora o tema tenha sido muito significativo para modificar a visão de ciência dos alunos e contribuir com sua cultura científica em geral, em termos de aplicações práticas do conhecimento, chegamos no máximo a uma interpretação muito rudimentar da importância do CERN. Isso pode inspirar muitas questões, como – o quanto um tema de física precisa estar conectado com o cotidiano imediato para ser considerado pertinente ao aprendiz? Como seria uma sequência didática que conseguisse chegar a aplicações cotidianas, no caso da

FMC? Quais são os principais fatores limitadores para que tais objetivos sejam possíveis?

Em especial, citamos um dos limitadores, que foi o tempo. A Física ganha duas aulas semanais (de 45 ou 50 minutos) por série, no Ensino Médio regular (com a reformulação curricular, suspeitamos que haverá uma redução e poderá não passar de uma aula semanal, talvez em apenas duas das três séries, dependendo do caminho formativo escolhido pelo aluno). Nosso plano preencheu integralmente um bimestre de aulas. Chegamos, com ele, apenas a uma compreensão dos constituintes da matéria e trabalhamos apenas o modelo atômico. Houve pouca ou quase nenhuma formalização matemática de conceitos. Houve pouca discussão sobre as aplicações do conhecimento e sobre outras decorrências do modelo.

O que inferimos, a partir desse trabalho, é que não seja possível trabalhar com todos os temas de Física do Ensino Médio no aprofundamento que a sociedade requer. Necessariamente temos que fazer escolhas, em especial, é preciso que a área consiga debater, em termos bastante concretos, o dipolo abrangência-aprofundamento. Temos que debater quais os determinantes que influem nessas escolhas e quais seriam mais prioritários para a formação de nossos alunos em um contexto social e tecnológico cada vez mais complexo, quer seja nas relações humanas quanto dos avanços tecnológicos.

Ou então temos que debater a função do conhecimento físico para a formação do cidadão no nível Básico de ensino.

Por outro lado, apesar de não termos chegado no cotidiano do aluno, o que foi trabalhado parece ter sido significativo. Além das manifestações dos alunos nesse sentido, trazemos um argumento de natureza teórica: um dos objetivos mais caros da Escola Básica é promover autonomia do aluno. Traçando como objetivo a compreensão dos modelos físicos e dos processos de produção do conhecimento científico, acreditamos que estamos trabalhando exatamente nessa direção. O modelo físico é uma ferramenta muito poderosa para a interpretação do mundo e para apreciação crítica de textos e argumentos relacionados à ciência. O modelo atômico é um dos modelos mais caros para a ciência, e talvez o principal para a física. Então,

a compreensão desse modelo certamente é um passo na direção de um pensar autônomo pelo estudante.

Em nossas conclusões, precisamos também abordar nossa inspiração inicial, relacionada à introdução de atividades lúdicas. Discutiremos a partir da questão - todo artefato/ferramenta lúdica gera ludicidade?

Das atividades planejadas como lúdicas, percebemos que em algumas delas houve envolvimento pleno – de todos os alunos e durante todo o tempo da aula. Estas foram, por exemplo, a atividade Corte de Papel, a Caixa Preta e a Câmara de Nuvens. Em outras, houve envolvimento parcial – seja porque nem todos os grupos se envolveram, seja porque o envolvimento não durou o tempo esperado. Estas foram, principalmente, o jogo Bários e Mésons e o Pôquer de Partículas.

Portanto, a resposta é que nem sempre um artefato ou ferramenta lúdica se transforme em uma atividade onde a ludicidade efetivamente ocorre. Apenas artefatos ou ferramentas lúdicas não caracterizam a ludicidade, pois para que ocorra a ludicidade deverá haver o envolvimento pleno do indivíduo em determinada ação.

O que percebemos na análise foi que a ludicidade não dependeu da complexidade ou especificidade do artefato ou ferramenta escolhida para os fins lúdicos. Por exemplo, o Pôquer (que usou um artefato de baralho, que é fortemente associado ao lúdico) gerou menos envolvimento do que o Corte de Papel, uma atividade muito mais simples em termos de planejamento e de uso específico de artefatos. Nossa inferência – que teria que ser mais bem pesquisada e aprofundada – é que o envolvimento também depende do potencial da atividade para gerar mudanças cognitivas no aprendiz. A contribuição de uma atividade e sua percepção como lúdica teve a ver com a natureza da atividade, mas também com a disposição do sujeito em participar dela. Para essa participação, concorreram vários fatores, dentre os quais o aluno se sentir respeitado e ver pertinência na atividade.

Em outras palavras, pode ser que a ludicidade em situações didáticas tenha uma dependência com o desafio de estar aprendendo algo novo. Afinal, os alunos sabem que estão na escola para aprender e têm essa expectativa das atividades desenvolvidas nas aulas. No Pôquer, os alunos estavam engajados em uma atividade de *assimilação* (termo emprestado da teoria piagetiana) – eles já haviam aprendido

quais eram as partículas. Em contraste, no Corte de Papel, havia uma componente forte de *acomodação*, pois havia conceitos novos em pauta na discussão. Pareceu-nos que quanto mais fomos capazes de associar uma atividade a objetivos conceituais, mais engajamento ocorreu.

Com relação ao aluno sentir-se respeitado durante uma atividade, avaliamos que houve uma grande construção de uma interação adequada entre professor e alunos, e entre os alunos, ao longo das aulas – especialmente pelo aprendizado do professor em ouvir as ideias dos alunos e respeitá-las – levar suas ideias em consideração. Uma atividade lúdica gera uma espontaneidade, que é mais fértil em um ambiente onde haja confiança.

Outro comentário oportuno a ser feito a respeito do lúdico e da ludicidade, é que não necessariamente uma atividade que gere muita ludicidade também proporcionará algum aprendizado. Foi o que observamos com a atividade Acelerador de Partículas, feita no plano de ensino de 2014. Essa atividade gerou muito envolvimento, mas não houve aprendizagem associada.

Em nossa proposta, percebemos que há uma forma intuitiva ao adotar artefatos/ferramentas lúdicas como atividades de aprendizagem, quando acreditamos que nada mais fosse preciso para a construção do conhecimento científico. Procuramos nos afastar dessa concepção de senso comum ao analisarmos as atividades do plano 2014 e selecionarmos as que seriam mantidas em 2015.

Estas propostas intuitivas foram apontadas por Kishimoto (2014) em suas pesquisas sobre atividades lúdicas na área de ciências. A autora analisou muitos artigos de ensino de física, química e biologia que apresentaram atividades motivadoras e divertidas. Percebeu que a grande maioria eram propostas sem uma fundamentação teórica para o seu uso e tampouco um acompanhamento da aprendizagem que elas se propunham proporcionar.

Em nosso trabalho, verificamos exatamente esse movimento inicial – e foi isso o que nos levou a procurar um aprofundamento teórico sobre a aprendizagem de conceitos. Com uma visão clara dos processos de assimilação e acomodação de conceitos, e do papel do conflito cognitivo (Piaget, 1975) no processo de aprendizagem de um conceito, pudemos relacionar as atividades lúdicas como

participantes em algum dos momentos cruciais do processo e avaliar o processo. Além disso, ao compreender melhor o desenvolvimento de funções psicológicas e o papel da interação para proporcionar uma mediação entre o que o aluno já sabe como que está em processo de aprendizado (Vygotsky, 2001), podemos sair de uma ingenuidade docente de meramente justapor uma série de atividades divertidas, para um processo de planejamento em que tais atividades seriam vistas com uma função específica.

Trocando em miúdos, nem tudo o que é lúdico gera ludicidade. E nem tudo o que gera ludicidade gera também aprendizado.

Neste contexto, entendemos que a ludicidade funcional e recíproca agindo sobre as funções intelectuais superiores (Vygotsky, 2001) promovendo um equilíbrio majorante (Piaget, 1975) nas estruturas cognitivas dos alunos foram verificadas nos resultados apresentados em nossa investigação.

Por meio do envolvimento e participação dos alunos e da consequente interação entre os colegas e os conteúdos, identificamos a promoção da aprendizagem significativa. Percebemos indícios de que o lúdico, como estratégia de ensino, promoveu o processo da aprendizagem em um ambiente descontraído, espontâneo e substancial de maneira a permitir emergir uma quantidade de conceitos físicos que proporcionaram interações favoráveis na cognição.

O lúdico como ferramenta didática deixou o aluno “em estado de alerta”, pronto para receber novas informações, e o professor deve dispor da convicção de que através dessas ferramentas isso é possível. Um professor que não acredite na ludicidade como método de trabalho pode se perder no discurso, dificultando o acesso ao conhecimento ao invés de facilitá-lo (BROGUERE, 2002).

A utilização do lúdico como instrumento pelos alunos, foram uma boa maneira para um maior aprendizado dos conteúdos, facilitando o processo de ensino-aprendizagem, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes e aprimorando o espírito de trabalho em equipe e a capacidade de lidar com regras e limites.

Obviamente não é possível dizer que só colhemos flores neste jardim e que nenhum espinho nos atingiu. O trabalho com atividades lúdicas requer tempo para sua elaboração e execução talvez, sendo esse o maior empecilho para sua inclusão mais frequente nas aulas.

Com a utilização do questionário 1 identificamos os conhecimentos prévios dos alunos para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Além da identificação dos conhecimentos iniciais, essa primeira etapa promoveu a motivação e a interação entre os alunos, o professor e os conteúdos por meio de um ambiente descontraído e participativo. Todas as atividades contidas no Plano de Ensino, mediarão a predisposição em aprender e propiciaram o desenvolvimento da capacidade de assimilação e a aquisição das informações em cada aluno.

A agregação de informações novas, conforme contato com os conteúdos contemplados, através da interação entre os conhecimentos prévios e o saber sábio (conhecimentos científicos) contribuíram para a construção significativa do conhecimento.

Assim, dos dados apresentados em nossa pesquisa, evidenciamos a importância do lúdico através da dimensão EXTERNA, com o uso de artefatos e instrumentos lúdicos, e INTERNAMENTE, através da ludicidade funcional e recíproca nas transformações cognitivas dos alunos durante as atividades que envolveram o lúdico como ferramenta pedagógica.

Outro ponto que chamou nossa atenção e que se revelou na avaliação final do curso foi o fato das aulas expositivas entrarem no rol dos artefatos que geraram muito envolvimento. Geralmente temos a ideia que as aulas expositivas são consideradas pelos alunos e professores aulas “tradicionais”, transmissivas e pouco atrativas, porém o que se verificou na avaliação final do curso foi que 73% dos estudantes citou as aulas expositivas como importantes no plano de ensino.

Como podemos interpretar esse dado? Essas aulas foram inseridas no plano de ensino com a finalidade de sistematizar o conhecimento construído através do ativo envolvimento do aluno em uma sequência de atividades anteriores. Nessas, houve discussões sobre os conceitos em construção, e valorização das ideias dos aprendizes, o que caracterizou talvez a principal mudança de comportamento na

prática do professor. A valorização do discurso do aluno no processo educativo e o uso de suas ideias para a construção do conceito, em nossa avaliação, tornou as aulas expositivas mais significativas e prazerosas.

Então, embora não queiramos caracterizar as aulas expositivas como atividades lúdicas, pois não houve utilização de instrumentos ou artefatos específicos para gerar ludicidade, verificamos que o envolvimento nessas atividades pôde ser conseguido com muito êxito quando elas foram colocadas ao fim de uma sequência didática. Aachamos, contudo, que essa questão sobre os diversos posicionamentos de uma aula expositiva no plano de ensino e suas consequências em termos de envolvimento e aprendizado poderia ser mais bem explorada em trabalhos ulteriores.

Além das aulas expositivas, o que mais contribuiu para o entendimento da matéria, segundo os estudantes, foi: construção da câmara de nuvens (77%); caixa preta (50%); o jogo criando Bárions e Mésons (68%); o jogo pôquer de partículas (64%) e a atividade do corte de papel (50%).

Percebemos um certo equilíbrio nas atividades desenvolvidas, sendo que em todas elas, o lúdico e a ludicidade estavam presentes em maior ou menor profundidade conforme demonstrado em nossos resultados, o que confirma a importância do papel do lúdico no processo educativo.

Em relação ao Plano de Ensino aplicado, podemos concluir que ele cumpriu com o seu papel, serviu para organizar as estratégias de ensino para trabalhar com o conhecimento prévio dos estudantes sobre a constituição da matéria de forma participativa e construtiva, contemplando os artefatos e instrumentos lúdicos em sua estrutura, orientando tanto o professor quanto o aluno na ressignificação do conhecimento através da ludicidade.

Propomos que, para isso, a escola adote uma postura menos rígida, que esqueça um pouco sua função instrumental, ou seja, seria importante que se permitisse na escola que os meios, ao menos por algum tempo, fossem os próprios fins das tarefas; que se permitisse aos professores serem criativos, que tivessem prazer estético e conhecessem o gozo da construção do conhecimento.

As instituições de ensino ainda têm explorado pouquíssimo os artefatos lúdicos, considerando que já faz algum tempo que as investigações relacionadas ao tema vêm atribuindo valor destacado ao lúdico como alavanca de aprendizagem. Temos que acabar com esse conceito inútil, de que depois que crescemos não podemos mais brincar, e aproveitar cada nova situação para aprendermos algo. E, se isso puder ser feito através da ludicidade, melhor ainda.

Apesar disso, não temos a pretensão de que este Plano de Ensino seja a única maneira possível de levar a Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio, pois, contextos escolares diferentes, por exemplo, gerariam outras necessidades didáticas.

Por fim, se fôssemos aplicar o plano de ensino novamente, no mesmo contexto escolar, faríamos mais algumas modificações. Abaixo, o plano “final” para o momento presente:

Plano 2017
BLOCO 1
1.1 Levantamento das concepções iniciais dos alunos sobre a constituição da matéria (Questionário 1D);
1.2 Atividade Corte do papel: Visualizando “o muito pequeno”;
1.3 Questionário 2.

(Manteria todas as atividades do bloco, seguindo a mesma ordem.)

Plano 2017
BLOCO 2
2.1 Aula expositiva: Ideias sobre constituição da matéria na antiguidade (chineses e gregos);
2.2 Seminários dos alunos sobre modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.
2.3 Aula expositiva: Sistematização dos modelos atômicos; Reflexão sobre texto - Dragão na Garagem.
2.4 Caixa Preta - Modelos Científicos. Questionário 3: caixa preta;
2.5 Questionário 4: Modelos Atômicos.

Mudaria a atividade 2.1 – caixa preta - para última atividade do bloco 2. Os alunos estariam mais maduros para discutir a questão da modelagem científica.

Plano 2017
BLOCO 3
3.1 Discussão: O problema da laranja; Vídeo: “Partículas elementares ou divisíveis: O grande acelerador de partículas”. Explicação sobre o LHC.
3.2 Experimento: Câmara de nuvens
3.3 Jogo criando Bárions e Mésons - Questionário 5
3.4 Aula expositiva: Modelo Padrão
3.5 Jogo: Pôquer das partículas
3.6 Questionário 6
3.7 Avaliação do curso.

A câmara de nuvens seria a segunda atividade do bloco 3. Como a primeira atividade foi gerar uma discussão a respeito da energia necessária para se quebrar a matéria, seria pertinente discutir em seguida a classificação das partículas quanto a sua energia. Ao mesmo tempo, essa atividade poderia gerar questionamentos sobre partículas muito pequenas, que introduziria a pertinência pelo jogo que viria em seguida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVETTI, M.A.S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. Dissertação em Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- AZEVEDO, M.N. Pesquisa-ação e a elaboração de saberes docentes em ciências. **Investigações em Ensino de Ciências** – V18(1), pp. 55-75, 2013
- BOGDAN, R & BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e ao Métodos**. Portugal: Lisboa Porto Editora (Coleção Ciências da Educação), 1994.
- BRASIL, LDB. Lei 9394/96 de 20 de dezembro de 1996 – **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em < www.planalto.gov.br >. Acesso em: 25 Nov. 2016.
- BRASIL, **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ministério da Educação e do Desporto e Conselho Nacional de Educação, Resolução CEB/CNE, Nº 3, de 26 de junho de 1998.
- _____.MEC. PCN+ Ensino Médio: **Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Vol. 2. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BROCKINGTON, G.; **O ensino de Física Moderna na Escola Média: os modelos e o realismo científico na sala de aula**. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru. V ENPEC. Bauru: ABRAPEC, 2005.
- BROUGÈRE, G. **Jogo e Educação**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- CABRERA, W. B. **A ludicidade para o Ensino Médio na disciplina de biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa**. 2006.159f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.
- CARRETERO, Mario. **Construir e Ensinar as Ciencias Socias/hist**. São Paulo: Artmed, 1997.
- FRANCO, B. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Brasília: Líber Livro, 2005.
- FREITAS, F. B.; SCARINCI, A. L. **Constituição da matéria nos livros didáticos de física entre 1940 e1960**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, Águas de Lindóia, São Paulo, 2015.

- GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**, artigo a ser apresentado no XV Encontro de Físicos do norte e Nordeste, 2004.
- GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. **Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores**. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Campinas, 2011.
- HUIZINGA, J. **Homo ludens, o jogo como elemento da cultura**. 4.ed. São Paulo: Perspectiva, 1993.
- KISHIMOTO, T. Morchida. **Jogos para o ensino de física, química e biologia: elaboração e utilização espontânea ou método teoricamente fundamentado?**. R. B. E. C. T., vol 7, núm. 1, jan-abr.2014
- KNEUBIL, F.B. **Explorando o CERN na física do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 2, (2013).
- LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. **Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica**. IN: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências. Florianópolis, 2009.
- LUCKESI, C. C. **Educação, ludicidade e prevenção das neuroses futuras: uma proposta pedagógica a partir da Biossíntese**. In: LUCKESI, C. C. (Org.). Ludo pedagogia – ensaios 1; educação e ludicidade. Salvador: Gepel, 2000. p.31-49.
- MACEDO, Lino. **Ensaio Construtivistas**. 3. Ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.
- MARTINS, P. R. **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente no Brasil: Perspectivas e Desafios**. IN: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. 2004.
- MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**, 1999.
- MOREIRA, M.A. **A física dos quarks e a epistemologia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 161-173, (2007).
- MONTEIRO, M. A. A. GERMANO, J. S. E. MONTEIRO, I. C. C. **A Utilização de Recursos Multimídias em Aulas de Física a Partir do Referencial de Vygotsky**. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba. 2008.
- NETO, C.A. **Quando o adolescente fracassa na escola**. / Disponível em :<<http://www.pedagobrasil.com.br>>. Acesso em: 20 de Jul. 2015.
- OSTERMANN, F. **Um texto par professores do Ensino Médio sobre partículas elementares**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.21 n.3, 1999.

- PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. **Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente**. Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre. v.14, n.3, p.393-420, 2009.
- PINTO, A. C.; JANETIC, J. **É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.16. n.1, p 7-34,1999.
- PIETROCOLA, M. **Linguagem e estruturação do pensamento na ciência e no ensino de ciências**. In: Pietrocola, Maurício; (Org.). Filosofia, Ciência e História. 1ed.São Paulo: Discurso editorial, 2005.
- PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança, Imitação, Jogo e Sonho, Imagem e Representação**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.
- PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.
- RAMOS, E.M.F. **Brinquedos e jogos no ensino de física**. Ciência educ. vol.4, Bauru, 1997.
- REZENDE, M.F; CRUZ, F.F.S. **Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: do consenso de temas à elaboração de propostas**. In: IV encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 2003.
- RENNER, G.L.P.; KRUEGER C. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Um estudo acerca dos fatores que interferem na aplicação dos conceitos relacionados em sala de aula**. V Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 2016.
- ROCHA, D.M.; RICARDO, E.C. **As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v33, n.1, p.223-252, abr.2016.
- SABINO, A.R.; PIETROCOLA, M. **Saberes docentes desenvolvidos por professores do ensino médio: um estudo de caso com a inserção da física moderna**. Investigações em Ensino de Ciências. v.21, n.2, p.200-216. (2016).
- SAVIANI, Dermeval. **As concepções pedagógicas na história da educação brasileira**. Campinas, HISTEDBR,2005. Disponível em: http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/artigos_frames/artigo_036.html. Acesso em: 12 set. 2016.
- SANTIN, S. **Educação física: da opressão do rendimento à alegria do lúdico**. Porto Alegre: EST/ESEF – UFRGS, 1994.
- SILVA, J. F.; AZEVEDO, M. C. P. S.SOUSA, W. B.; BROCKINGTON, G.; J.; PIETROCOLA, MAURÍCIO. **Atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de escolas estaduais: A transposição de teorias modernas e**

contemporâneas para a sala de aula. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro. Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

SCARINCI, A. L. **Uma proposta para caracterizar a atuação do professor na sala de aula.** Dissertação em Ensino de Ciências, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2006.

TARDIF, M. **O ofício de professor: história, perspectivas e desafios internacionais,** 2008.

TERRAZAN, E. A. **A Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º grau.** Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v.9,n.3: p.209-214. Dez. 1992.

TEIXEIRA, C. E. J. **A Ludicidade na Escola.** São Paulo: Loyola, 1995.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica.** Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem,** Editora Martins Fontes, S Paulo, 2002.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ANEXOS

Anexo 1 – Levantamento das Concepções iniciais

Questionário 1

1 - Represente o átomo. (Folha em branco)

2 - Do que é feita uma cadeira? (Segundo momento)

3 – Qual é a menor parte de um CACHORRO, da ÁGUA, de uma ESTRELA? Você veria algo parecido com o que desenhou ou escreveu para a cadeira? Explique, e desenhe se possível. (Terceiro momento)

Anexo 2 – Atividade 1: Visualizando “o muito pequeno”.

Cada grupo tem o desafio de realizar o maior número de divisões que conseguir (tomando cuidado para não se cortar é claro).

Objetivo: tentar dar uma ideia do tamanho dos objetos estudados na física de partículas.

Material: folha de papel A4, tesoura, régua e estilete.

Procedimento: Pegue a folha de papel e corte-a no meio. Com uma das metades, faça outro corte, também ao meio. Repita esse procedimento quantas vezes forem possíveis até chegar a um pedaço que você não consiga mais cortar. Conte os números de cortes feitos e faça a medida do menor pedaço de papel que você conseguiu.

Para refletir

Quantos cortes ainda você teria que fazer para chegar na dimensão do átomo?

Observação: Lembrando que a ordem de grandeza do átomo é de 10^{-10}m

Questionário 2

- 1 - O que você encontraria se continuasse cortando o papel?
- 2 – Essa menor parte encontrada seria papel ainda?
- 3 – Qual(is) instrumento(s) ou procedimento você utilizaria para cortar mais o papel, até chegar na sua menor parte?

Anexo 3 – Atividade 2: Caixa Preta

Esta atividade será realizada em grupo na seguinte ordem:

1. Manuseio da caixa preta pelos alunos;
2. Identificação do mecanismo de funcionamento da caixa preta;
3. Sistematização dos mecanismos que cada grupo formulou;
4. Sugestão para os alunos montarem de sua própria caixa preta.

Questionário 3

1 – Baseando na observação e manuseio da caixa preta, faça uma representação (um desenho) do que você acredita ser encontrado dentro desta caixa preta e que seja capaz de explicar coerentemente o que ocorre com os pedaços de madeira.

2 - Como o grupo chegou em uma explicação do mecanismo da caixa preta sem saber o que havia lá dentro?

3 – Como é que os cientistas conseguem ver dentro da caixa preta?

Anexo 4 – Jogo 1: Criando Bárions e Mésons

Esta atividade será realizada em dupla na sala de informática, onde cada dupla acessará o seguinte endereço:

http://pdg.lbl.gov/fireworks/intro_eng.swf

Anexo 5 – Experiência: Construção câmara de nuvens.

Rastreando Partículas

O que é uma câmara de nuvens?

A câmara de nuvens foi inventada por Charles Thomson Rees Wilson (físico escocês) em 1912 e foi utilizada no estudo da radioatividade. É um tipo de detector de partículas no qual o vapor d'água é colocado dentro de uma câmara fechada até o ponto de saturação. Quando partículas carregadas atravessassem a câmara, ocorre a condensação do vapor supersaturado na região na qual elas passaram, podendo-se assim visualizar a sua trajetória.

Aqui está uma foto da Câmara de nuvens construída por Wilson:

Figura1: Câmara de nuvens de Wilson

Iremos construir uma câmara de nuvens simples, que usa o mesmo princípio que a câmara de Wilson, porém usaremos álcool etílico ao invés de vapor d'água.

Construção da Câmara de Nuvens

Material Necessário:

- ✓ Papel preto;
- ✓ Tesoura;
- ✓ Feltro;
- ✓ Pote de geléia, palmito ou azeitona (com tampa de metal e que veda bem);
- ✓ Gelo seco;
- ✓ Álcool isopropílico ou etílico;
- ✓ Luvas para gelo seco;
- ✓ Lanterna de LED's;
- ✓ Recipiente de isopor para colocar o gelo seco abaixo da câmara de nuvens.

Montagem Passo a Passo

Lixe a tampa de metal por dentro e por fora, de modo a retirar a tinta e deixar a tampa um pouco mais fina. Cubra a tampa do pote com o papel preto e cole um pedaço de feltro no fundo do pote de vidro. Para isso recorte o papel preto na forma de um

círculo do tamanho suficiente para ele se encaixar no fundo da tampa. Veja as imagens abaixo

Agora umedeça o feltro colocado no fundo do pote de vidro com o álcool. Após isso tampe o vidro e aguarde alguns minutos envolvendo o vidro com as mãos de modo a aquecê-lo. Com o tempo o álcool irá evaporar e preencher todo o recipiente do vidro.

Para o funcionamento da câmara de nuvens, coloque-a em contato com o gelo seco (a tampa de metal que deve ficar para baixo). A câmara de nuvens em contato com o gelo seco estará a uma temperatura muito baixa (aproximadamente -78°C), fazendo com que o vapor de álcool esteja em um estado supersaturado.

Em um recipiente de isopor, coloque o gelo seco. Se o seu recipiente for muito fundo, coloque um pouco de isopor na parte inferior para não necessitar de uma grande quantidade de gelo seco. Em cima do recipiente, ponha o fundo de uma forma de uma forma de alumínio para melhorar o contato com a câmara de nuvens. Ilumine com um lanterna de LED o pote de vidro de modo rasante. Observe do lado oposto ao da lanterna, com um ângulo de 10° a 15° .

As partículas que passarem por esta região do vapor de álcool supersaturado, deixarão uma trajetória (um rastro), pois condensarão o álcool na região em que passarem. Você poderá ver os rastros iluminados de forma rasante a câmara com a lanterna.

Observação:

É importante que haja um gradiente de temperatura entre a parte de baixo e a parte de cima da câmara de nuvens. Por isso aquecer o vidro com as mãos e depois colocar a parte inferior em contato com o gelo seco.

A experiência deve ser realizada em um ambiente escuro para melhor visualização.

Questionário 6

1- Represente os traços observados na câmara de nuvens

2- É possível identificar que tipo de partícula se trata? Como?

Anexo 6 – Jogo 2: Pôquer de partículas.

Breve descrição do Modelo Padrão

Dentro modelo padrão de partículas elementares 6(seis) quarks e 6(seis) léptons, e seus correspondentes antiquarks e antiléptons, formam os ingredientes básicos da matéria. Hádrons ou mésons são formados por uma combinação adequada de quarks. Os quarks são: up, down, strange, charm, top e down. Quarks não são encontrados livremente, mas apenas em estados ligados como uud, o próton. Os quarks têm carga fracionária, por exemplo, $+1/3$ ou $-2/3$. Quarks são férmions e, portanto, sujeitos ao princípio da exclusão de Pauli. Seguindo este princípio, apenas dois quarks poderiam ocupar o mesmo nível de energia em um determinado momento. A observação de tripleto de quark ou 3 quarks no mesmo estado levou à necessidade de um mecanismo extra para permitir a existência de tais estados. A solução foi a de atribuir uma propriedade nova para quarks: a carga de cor. Cada quark pode possuir carga de cor vermelho (V), verde (G) ou azul (B). Isso também significa que os antiquarks devem ter anti-cores (cores complementares): ciano, magenta e amarelo. Quando quarks são combinados para formar hádrons e mésons o estado final deve ter uma cor neutra. No caso de matéria essa cor é branca e no caso de anti-matéria, preta.

Léptons são elétrons, múons, taus e seus neutrinos correspondentes, neutrino-elétron, neutrino-múons e neutrino-tau. Léptons são todos de cor neutra. Elétrons, múons e taus têm carga unidade, inteira e negativa. Seus colegas os pósitrons (anti-elétron), múon+ (anti-múon) e tau+ (anti-tau) têm carga positiva. Neutrinos não tem carga e tem uma massa muito pequena. Quarks e léptons são divididos em três famílias ou gerações. Geração vão de massas mais leves a mais pesados.

1. O baralho

Cada carta do baralho é identificada por seu quark e símbolo. u para up, d para down, s para strange, c para o charm, t para top, e finalmente b para bottom.

Há três cores para cada quark, R para o vermelho, G de verde e B para azul. Para os anti-quarks as cores são R-barra (letra R com uma barra no topo) para ciano, G-barra para magenta, e B-barra para amarelo. Cada carta mostra também a massa do quark, carga e de qual geração ele pertence. Léptons são identificadas pela letra e para elétrons, μ para múons e τ para taus. Seus respectivos neutrinos identificados pela letra grega ν com o índice correspondente.

Além de quarks e léptons normais, existem quatro cartões adicionais, os coringas, sendo opcional se você os mantém no jogo. Adicionado esses cartões, irá tornar o jogo mais fácil de jogar.

2. Jogos

O objetivo deste jogo de cartas é fazer combinações para formar bárions e mésons. A tabela 5 e 6 anexada, é uma lista sugerida de bárions e mésons que podem ser construídos a partir das cartas. Para ser uma partícula válida a combinação de cores deve ser rigorosamente correta. Para se familiarizar com as combinações possíveis um exercício simples será o de tirar cartas de um baralho para formar combinações adequadas. Para cada partícula na tabela não esqueça que você pode obter a mesma combinação com os antiquarks. Elétrons e pósitrons podem ser utilizados para formar hidrogênio e anti-hidrogênio. Para fins de pontuação, sugere-se a estabilidade como um dos critérios, embora quaisquer critérios predefinidos funcionarão.

Este jogo se assemelha ao jogo de Pôquer. Porém ao invés da aposta em dinheiro, cada jogador receberá fichas indicando quantum de energia. Uma das pessoas do grupo é o “*Dealer*” e a sua função é a de coordenar o jogo, embora essa pessoa também possa participar do jogo.

Regras e Instruções

- I. Cada jogador recebe duas cartas, e 5 (cinco) cartas são colocadas na mesa. As cartas na mesa são conhecidas como “*community cards*”, ou cartas da comunidade. Baseado nas cartas recebidas (duas) pode-se “apostar” fichas. Se o jogador achar que tem nesse ponto um méson ou o início de um bárion, deve “apostar” e fica a critério do jogador apostar mais ou menos, ou nada.
- II. A qualquer momento do jogo, pode-se retirar da rodada.
- III. Três das cartas são mostradas para todos - “*FLOP*”. Baseando nas duas cartas em mãos, mais as três cartas comunitárias, pode-se verificar a presença de novas combinações. Agora os jogadores podem apostar mais, ou então se retirar da rodada.
- IV. O próximo passo é abrir mais uma carta das cartas comunitárias “*TURN*”, e proceder como na etapa anterior.
- V. Finalmente a última carta comunitária é mostrada a todos, e se procede com mais “apostas”. A essa altura as combinações finais são feitas.
- VI. O “*Dealer*” chama então cada um que ainda está na rodada para mostrar as combinações, verifica-se se as combinações das cores estão corretas, e o vencedor é escolhido segundo a ordem abaixo.

3. Ordem de Mão.

1. *Atomic Flux* – Átomo de hidrogênio (um próton e um elétron) ou anti-hidrogênio.
2. *Cosmic House* – Bárions e Méson (3 quarks formando um bárion juntamente com dois outros formando um méson).
3. Próton (ou anti-próton).

4. Nêutron (ou anti-nêutron).
5. Bárion (qualquer outra combinação de quarks formando bárions).
6. Dupla- pode ser um Duplo-Méson, Méson e par lépton+anti-lépton.
7. Simples – um Méson, ou par lépton+anti-lépton (em caso de empate vence o méson mais pesado).
8. Lépton mais pesado.
9. Quark mais pesado.

Questionário 6

1 - Conjunto de reações termonucleares que ocorrem na região central das estrelas e que são responsáveis pela transformação dos elementos químicos. Em estrelas do tipo solar, por exemplo, ainda na sequência principal o processo se inicia com a figura na qual dois prótons se fundem dando origem a um núcleo de deutério e um pósitron.

2-Quantas partículas elementares temos como produto da combinação dos dois átomos de hidrogênio?

3 - Se alguém lhe perguntasse do é constituída TODAS as coisas contidas no Universo, ou seja, estrelas, planetas, ar, pessoas, cadeiras, água, etc. O que você responderia? Comente.

4 - Elaborem três perguntas interessantes sobre Física de Partículas, ou seja, o Modelo Padrão, os tijolinhos básicos da matéria.

Anexo 7 – Avaliação Final do Curso

Nome: _____ nº: _____ Série: _____

Avaliação do Curso

Prezados alunos...

Chegamos finalmente ao final do ano e do nosso plano de ensino.

Peço a sua colaboração para avaliar as atividades realizadas, você tem toda liberdade para escrever seus sentimentos e opiniões honestas sobre tudo que foi feito.

Das atividades trabalhadas:

1. Visualizando “o muito pequeno” (corte do papel);
2. Caixa Preta;
3. Criando Bárions e Mésons (Jogo);
4. Construção de uma câmara de nuvens (Experiência)
5. Pôquer das Partículas (jogo)
6. _____
7. _____

1.O que você achou que foi o nosso objetivo(s) com tudo isso?

2.Você percebeu que queríamos chegar a algum lugar? Comente.

3.Qual ou quais das atividades foram mais significativas para você? Por quê?

4.Em sua avaliação, qual ou quais delas foram mais importantes para a interação com os colegas, professor? Por quê?

5.Na sua opinião, o que mais contribuiu para o entendimento da matéria durante o curso? (As aulas expositivas? Os experimentos? Os Jogos? Exercícios? Por quê? (Comente sua resposta)

[illegible]

6.Espaço aberto para QUALQUER comentário adicional que queira fazer sobre as atividades desenvolvidas em sala: experiências, jogos, enfim... qualquer sentimento, impressão, reclamação que gostaria de compartilhar:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.