

ZENAR PEDRO SCHEIN

**ESTUDO DIDÁTICO DE UM EXPERIMENTO CENTRADO EM ATIVIDADES DE
PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE UM OBJETO TÉCNICO: A BALANÇA
ANALÍTICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, em Educação em Ciências e Matemática da Faculdade de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Suzana Maria Coelho

Porto Alegre

2004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S 318e	<p data-bbox="657 621 934 658">Schein, Zenar Pedro</p> <p data-bbox="657 725 1371 915">Estudo didático de um experimento centrado em atividades de produção e aplicação de um objeto técnico: a balança analítica./ Zenar Pedro Schein – Porto Alegre; 2004. 200 p.; il.</p> <p data-bbox="657 984 1371 1123">Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2004.</p> <p data-bbox="657 1191 1371 1330">1. Experimentação 2. Balança analítica 3. Didática 4. Educação pela pesquisa 5. Abordagem construtivista 6. Pesquisa-ação I. Título</p> <p data-bbox="1010 1377 1236 1450">CDD 53.085.4 531.482.28</p>
--------	--

Bibliotecária Responsável
Ana Maria Froner Bicca
CRB – 10/1310

*Dedico este trabalho à minha esposa Dalva,
aos meus filhos
Eduarda e Otávio,
pela paciência que tiveram comigo,
carinho e incentivo,
para que eu pudesse
chegar até aqui.*

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar esta dissertação, quero agradecer à minha esposa Dalva, aos meus filhos Eduarda e Otávio, pela paciência, apoio e compreensão, nos momentos alegres e difíceis, àqueles que não consegui ser esposo e pai, apenas um mestrando angustiado. Sem o auxílio deles, não teria conseguido chegar ao fim.

À minha família e amigos mais íntimos, pelo apoio, aceitação e carinho.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Suzana Maria Coelho, pela sua competência profissional e por sua dedicação e empenho durante os vinte e quatro meses que trabalhamos juntos.

Ao amigo Anderson Jackle Ferreira, pelo auxílio no desenho das figuras que fazem parte desta dissertação.

Aos professores do Curso de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, pelas aulas ministradas, pelas amizades e pela paciência em nos ouvir e atender às nossas solicitações.

Aos colegas deste Mestrado, em especial a Denise Kriedte da Costa, Margarete J. V. Centeno Hülsendeger e família e Marcos Salami, pela verdadeira amizade que existe entre nós. Os verdadeiros amigos são aqueles que se fazem presentes nos momentos de que mais precisamos.

À colega Adriana da Luz Linden, pelo auxílio durante as oficinas.

À direção do Colégio Santa Teresinha, por ceder o espaço físico da escola para que eu pudesse desenvolver as entrevistas e oficinas.

Aos meus alunos que participaram com gratuidade e competência, durante o desenvolvimento das entrevistas e oficinas.

Aos meus amigos Luis Carlos Trombetta e Adriana Odete Koch dos Santos,
pelo auxílio e companheirismo.

Finalmente, um agradecimento especial a Deus, nosso Pai maior e protetor,
nosso confidente espiritual.

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo estudar como um experimento centrado na produção e na aplicação de um objeto técnico, a balança analítica, pode favorecer a aprendizagem e o estabelecimento de relações entre o referencial empírico, os conceitos, as leis, as teorias e as linguagens simbólicas e matemáticas, envolvendo alunos de quatorze a dezesseis anos de idade, da primeira e segunda séries do Ensino Médio, do Colégio Santa Teresinha, da cidade de Taquara. Optou-se por uma abordagem construtivista, tendo por hipóteses a educação pela pesquisa e a atividade científica como prática social de referência. A metodologia utilizada nesta dissertação caracteriza-se como pesquisa-ação. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semi-abertas e oficinas. As entrevistas tiveram a importância de mostrar ao pesquisador, entre outros aspectos, possíveis alterações a serem realizadas nos planejamentos das oficinas. A coleta dos dados das entrevistas e oficinas foi feita por meio de gravações dos dizeres do pesquisador e dos alunos, registros de fotografias, relatórios dos pesquisados e anotações do pesquisador. Tanto nas entrevistas quanto nas oficinas, foram desenvolvidas atividades experimentais, as quais foram finalizadas com a construção de uma balança analítica e suas aplicações. Quanto aos resultados desta investigação, apresentou-se a didática desenvolvida pelo pesquisador. Pode-se dizer que esta didática, desenvolver o planejamento das entrevistas e oficinas, flexibilizar este planejamento, mediar e dialogar, valorizar o conhecimento prévio dos alunos, saber ouvi-los, deixá-los livres para pensar, dizer e fazer, considerar as intervenções dos aprendentes, considerar os procedimentos experimentais adotados pelos alunos, foi fundamental para auxiliar os aprendentes na construção do seu conhecimento. Outro resultado

refere-se aos papéis do experimento. Denota-se a importância da atividade experimental no sentido de favorecer a construção de elos entre o referencial empírico e os conceitos, apresentando-se exemplos de evolução dos alunos no que se refere à formulação de conceitos e exemplos de como o conhecimento matemático intervém como estruturante do conhecimento físico. Outro papel do experimento, ao considerar a atividade científica como referência, consiste em favorecer ao aluno o desenvolvimento de atitudes, de métodos e de conceitos. Saliencia-se, com relação a estes aspectos, que os mesmos estão interligados, ou seja, um aspecto interfere no outro. Pretende-se que esta pesquisa possa beneficiar professores de Física e de outras áreas, suscitando questionamentos e reflexões sobre a didática do professor, os papéis do experimento, a importância das atividades experimentais, que possam servir de alicerce à prática do professor na sala de aula.

Palavras-chave: Experimentação. Balança analítica. Didática. Educação pela pesquisa. Abordagem construtivista. Pesquisa-ação.

RESUMEN

Esta pesquisa tuvo por objetivo estudiar como un experimento centrado en la producción y en la aplicación de un objeto técnico, la balanza analítica, puede favorecer el aprendizaje y el establecimiento de relaciones entre el referencial empírico, los conceptos, las leyes, las teorías y los lenguajes simbólicos y matemáticos, envolviendo alumnos de los catorce a los dieciséis años de edad, del primero y segundo años de la Enseñanza Media, del Colegio Santa Teresinha, de la ciudad de Taquara. Se optó por un abordaje constructivista, teniendo por hipótesis la educación por la busca y la actividad científica como practica social de referencia. La metodología utilizada en esta disertación se caracteriza como busca-acción. La coleta de datos fue realizada por medio de entrevistas semiabiertas y talleres. Las entrevistas tuvieron la importancia de mostrar al buscador, entre otros aspectos, posibles alteraciones a ser realizadas en las planificaciones de los talleres. La coleta de los datos de las entrevistas y talleres fue hecha por medio de grabaciones de los dichos del buscador y de los alumnos, registros de fotografías, relatos de los buscados y anotaciones del buscador. Tanto en las entrevistas cuanto en los talleres, fueron desarrolladas actividades experimentales, las cuales fueron finalizadas con la construcción de una balanza analítica y sus aplicaciones. Quanto a los resultados de esta investigación, se presentó la didáctica desarrollada por el buscador. Se puede decir que esta didáctica, desarrollar la planificación de las entrevistas y talleres, flexibilizar esta planificación, mediar y dialogar, valorizar el conocimiento previo de los alumnos, saber oírlos, dejarlos libres para pensar, decir y hacer, considerar las intervenciones de los aprendices, considerar los procedimientos experimentales adoptados por los alumnos, fue fundamental para

auxiliar los aprendices en la construcción de su conocimiento. Otro resultado se refiere a los papeles del experimento. Se denota la importancia de la actividad experimental en el sentido de favorecer la construcción de vínculos entre el referencial empírico y los conceptos, presentándose ejemplos de evolución de los alumnos en lo que se refiere a la formulación de conceptos y ejemplos de cómo el conocimiento matemático interviene como estructurante del conocimiento físico. Otro papel del experimento, al considerar la actividad científica como referencia, consiste en favorecer al alumno el desarrollo de actitudes, de métodos y de conceptos. Se destaca, con relación a estos aspectos, que los mismos están interconectados, o sea, un aspecto interfiere en otro. Pretende que esta busca pueda beneficiar profesores de Física y de otras áreas, suscitando cuestionamientos y reflexiones sobre la didáctica del profesor, los papeles del experimento, la importancia de las actividades experimentales, que puedan servir de base a la práctica del profesor en la sala de aula.

Palabras-clave: Experimentación. Balanza analítica. Didáctica. Educación por la busca. Abordaje constructivista. Busca-acción.

ABSTRACT

This research had had as purpose to study how an experiment focused on the production and application of a technical object, the analytical scale, could benefit learning and the establishment of relations between the empirical reference, the concepts, the laws, the theories and the symbolic and mathematical languages, involving from fourteen to sixteen year-old-students, from the first and second grades in secondary school, in Taquara city. It had opted by a constructivist approach, having as hypothesis an education by researching and the scientific activity as social practice of reference. The methodology used in this dissertation is characterized as action-research. The data collection was done by semi- opened interviews and workshops. The interviews had had the importance to show to the research among other aspects, possible alterations to be achieved in the workshops planning. The data collection of the interviews and the workshops were done through the recording of the saying from the researchers and the students, photographs registration, reports from the researched ones and notes from the researcher. As much in the interviews as the workshops, it was develop experimental activities, which were concluded with the construction of an analytical scale and its applications. As the results of this investigation, it was submitted the teaching develop by the researcher. It could be said that this teaching, developing the planning of the interviews and workshops, adapting this planning, mediating and talking, valorizing the prior knowledge of the students, knowing to hear them, let them free to think, say and do, respecting the interventions of the learners in the construction of their knowledge. Another result refers to the roles of the experiment. It indicates the importance of the experimental activity in the direction to benefit the construction of links between the empirical reference and the concepts, showing the examples of he evolution of the

students in what refers to the formulation of the concepts and examples of how the mathematical knowledge comes up as the organizer of the physical knowledge. Another role of the experiment, as considering the scientific activity as reference, consists in benefiting to the student the development of attitudes, methods and concepts. It points out, regarding these aspects, that the same are interconnected in other words, an aspect interferes in another one. It intends to that this research could benefit physics teachers and from other areas, arousing questions and reflections about the teaching of the teacher, the roles of the experiment, the importance of the experimental activities, which may serve as basis to the practice of the teacher in the classroom.

Key words: Experimentation. Analytical scale. Teaching. Education by researching. Constructivist approach. Action-research.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
1.1 Conceção norteadora da pesquisa - opção por uma abordagem construtivista.....	24
1.1.1 Atitude pesquisadora.....	26
1.1.1.1 Papel do professor.....	26
1.1.1.2 Papel do aluno e características de uma da atitude pesquisadora.....	28
1.1.2 Atitude questionadora.....	30
1.1.2.1 Conhecimento prévio.....	31
1.1.3 Flexibilidade.....	37
1.1.4 Mediação.....	38
1.1.4.1 Interação.....	39
1.1.5 Problematização.....	40

1.1.6 Interdisciplinaridade.....	43
1.1.7 Diálogo.....	45
1.2 A experimentação e o ensino de Ciências.....	46
1.2.1 Relação teoria-experimento.....	47
1.2.2 Concepções de ciência e atividades experimentais.....	50
1.2.2.1 Concepção de ciência e atividade experimental demonstrativa.....	50
1.2.2.2 Concepção de ciência e atividade experimental indutivista- empirista.....	51
1.2.2.3 Concepção de ciência e atividade experimental dedutivista- racionalista.....	53
1.2.3 Papéis do experimento.....	54
1.2.3.1 A atividade experimental tendo a atividade científica como referência.....	54
1.2.3.2 A atividade experimental favorecendo a construção de elos entre os conceitos, as leis, as teorias, as linguagens e o referencial empírico.....	59
1.3 Fundamentos físicos e características metrológicas da balança analítica..	62
1.3.1 A balança analítica.....	62
1.3.2 A Física da balança.....	64

1.3.2.1 Centro de gravidade.....	64
1.3.2.1.1 Procedimentos para encontrar o centro de gravidade de recortes geométricos e de objetos.....	65
1.3.2.2 Momento de uma força.....	67
1.3.2.3 Equilíbrio da balança.....	69
1.3.2.3.1 Tipos de equilíbrio.....	70
1.3.2.4 Qualidades da balança.....	71
2 METODOLOGIA.....	73
2.1 Pesquisa-ação.....	73
2.2 Coleta de dados.....	76
2.2.1 População.....	76
2.2.2 Experimentos.....	77
2.2.2.1 Escolha dos experimentos.....	77
2.2.2.2 Descrição dos dispositivos experimentais.....	78
2.2.3 Entrevistas semi-abertas.....	81
2.2.3.1 Exemplos de tarefas propostas e de questões formuladas nas entrevistas.....	82
2.2.3.1.1 Entrevista Centro de Gravidade.....	83
2.2.3.1.2 Entrevista Momento de uma Força e Balança T.....	85
2.2.4 O papel das entrevistas exploratórias na organização das oficinas...	87
2.2.5 Oficinas.....	89

2.2.5.1 Descrição de tarefas propostas, das etapas e exemplos de questões formuladas nas oficinas.....	90
2.2.5.1.1 Oficina Balança Analítica.....	91
2.2.5.1.2 Oficina Aplicações da Balança Analítica.....	92
2.2.6 Método de análise das entrevistas e oficinas.....	95
3 ANÁLISE DE DADOS COLETADOS E RESULTADOS.....	98
3.1 A valorização do conhecimento prévio do aluno.....	98
3.2 Intervenções do professor e do aluno.....	109
3.3 Procedimentos experimentais adotados pelos alunos.....	124
3.4 Atitudes de investigação científica desenvolvidas pelos alunos.....	131
3.5 Metodologia experimental utilizada pelos pesquisados.....	146
3.6 Elos que o aluno estabelece entre o referencial empírico, os conceitos, as leis, as teorias e as linguagens simbólicas e matemáticas.....	153
3.6.1 Exemplos de conceitos de Matemática que intervêm na realização dos experimentos.....	153
3.6.2 Progressão na complexidade conceitual dos alunos em função das situações que constituem o referencial empírico.....	161
4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	166
REFERÊNCIAS.....	173
ANEXOS.....	180

INTRODUÇÃO

Desde o início do nosso trabalho, como professor em sala de aula, as atividades experimentais sempre estiveram presentes no planejamento das aulas de Ciências. Pode-se dizer que, ao terminar a graduação, havia, por nossa parte, uma crença de que as atividades experimentais eram de fundamental importância para a construção do conhecimento dos alunos.

Nesse modo de pensar, bastava o aluno desenvolver experimentos para aprender. Esses experimentos eram planejados pelo professor e os alunos eram deslocados até uma sala de aula especial, o laboratório de Física. O planejamento constava de procedimentos semelhantes a receitas prontas, e os alunos eram solicitados a desenvolvê-las e a encontrar o resultado esperado pelo professor.

Durante as atividades, algumas vezes, havia a discussão entre professor e aluno sobre os resultados experimentais e, quando não eram encontrados os resultados esperados pelo professor, solicitava-se aos aprendentes que repetissem os procedimentos até que os encontrassem.

No decorrer do curso de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, ao participar de algumas disciplinas que deram importância à discussão sobre as atividades experimentais na sala de aula, surgiram vários questionamentos sobre o desenvolvimento de atividades experimentais.

A partir destas discussões, houve uma tomada de consciência, de nossa parte, dos diferentes papéis que o experimento pode ter com relação ao ensino e à aprendizagem, entre eles, aproximar a atividade científica do modo real de se fazer ciência, ensinar a teoria e desenvolver atitudes, métodos e conceitos.

Durante as discussões, descobrimos que vários autores consideram que os experimentos podem favorecer o desenvolvimento de aspectos conceituais, atitudinais e metodológicos. Entre os autores, podemos citar Giordan (1978), Giordan e Vecchi (1996), Coelho et al. (2000), Seré, Coelho e Nunes (2003).

Pode-se dizer que os aspectos mencionados até aqui foram de vital importância para que o pesquisador pudesse se motivar a realizar a investigação a que se propõe.

Acredita-se que o tema desta investigação é importante porque se podem discutir os papéis das atividades experimentais em sala de aula, bem como a didática que o professor pode aplicar no seu dia-a-dia.

Para desenvolver esta investigação, definiu-se a questão da pesquisa: “De que forma uma atividade experimental de produção e aplicação de um objeto técnico, a balança analítica, que reflete uma atividade científica, pode favorecer a construção do conhecimento e o estabelecimento de elos entre o referencial empírico¹, os conceitos e as linguagens simbólicas e matemáticas?”

Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

a) estudar como o conhecimento matemático intervém na aprendizagem e construção dos conceitos e leis específicas envolvendo experimentos centrados na construção e aplicação de uma balança analítica;

¹ Segundo vários autores, denomina-se referencial empírico o real, organizado especificamente para a experimentação, de forma a permitir o estudo dos fenômenos. (MARTINAND, 1996; JOHSUA, 1989 apud SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 38).

b) analisar quais as concepções prévias, os "obstáculos", os "precursores"², as estratégias, os procedimentos, as atitudes e os questionamentos que os alunos fazem no decorrer da experimentação centrada na produção e aplicação de uma balança analítica.

Adotaram-se alguns princípios que nortearam a escolha e a organização das atividades experimentais, tarefas e situações que integram o "corpus" desta pesquisa.

Entre esses princípios, podemos citar o *educar pela pesquisa*. Nessa concepção, o aluno passa a ser o centro do processo, o sujeito; e o professor o orientador, pois é ele que propicia ao aprendiz ser o sujeito e o centro do processo ensino-aprendizagem. A partir desse pensamento, o professor deixa de ser o único detentor do conhecimento e passa a ser um pesquisador e orientador junto a seu aluno. Tanto o professor quanto o aluno estão aprendendo juntos.

Conforme Demo,

Torna-se premente assumir, definitivamente que a melhor maneira de aprender não é escutar aula, mas pesquisar e elaborar com mão própria, sob orientação do professor. Não é mister combater a aula, mas esta mantém apenas a função de promover pesquisa e elaboração própria. (DEMO, 2000b, p. 85).

Outro princípio que fundamenta essa pesquisa é a de que uma *abordagem construtivista* pode favorecer a construção do conhecimento. Optou-se por uma abordagem construtivista por se entender que o aprendente constrói o seu conhecimento por meio do uso de seus conhecimentos prévios, do diálogo, da

² Por 'obstáculos' entende-se os modos de pensar e proceder contrários aos científicos e, por 'precursores', aqueles que se aproximam desses. (LEMEIGNAN & WEIL-BARAIS, 1987; CORROYER & MATHIEU, 1987; COELHO, 1993; COELHO & SÉRÉ, 1998 apud COELHO et al., 2000, p. 123).

pesquisa, da leitura, da reflexão e da interação com o cotidiano e com os próprios colegas.

Conforme Moraes,

Defendemos que o construtivismo é uma postura epistemológica que entende que o conhecimento se origina na interação do sujeito com a realidade ou desta com o sujeito, seja ela a realidade física, social ou cultural. Por isto, este processo necessita ser concebido além do nível individual. O processo de construção ocorre juntamente com os outros. (MORAES, 2000, p. 116).

Considerou-se que numa abordagem construtivista é reconhecido que o aluno já possui um conhecimento prévio sobre o tema que será desenvolvido o qual servirá de base para a construção do novo conhecimento. Para Astolfi (1978 apud PEREZ, 1983, p.27) "No puede pues plantearse la enseñanza como si el alumno partiera de cero, sin tener en cuenta sus representaciones [...]."

A abordagem experimental escolhida fundamenta-se no pressuposto de que é importante que essa atividade reflita de alguma forma a *atividade científica*.

Para desenvolver esta pesquisa, optou-se por uma abordagem de construção e aplicação de um objeto técnico, a balança analítica, por entender que sua construção e utilização possibilita refletir a atividade científica. Pode-se fazer uma investigação de como se constrói e funciona a balança, dos experimentos envolvidos e das teorias subjacentes, proporcionando ao aluno a aproximação do modo de fazer ciência e do processo de produção do conhecimento científico.

A construção e o estudo de um objeto técnico são atividades que refletem a atividade científica, pois se aproximam da coerência do modo de fazer ciência, auxiliando no desenvolvimento de aspectos de ordem cognitiva e de atitudes. Alguns

autores (COELHO, 2002) têm desenvolvido este tipo de abordagem experimental pesquisando tais aspectos.

Segundo Sér , Coelho e Nunes,

Ao diversificar as atividades e as abordagens e dando-lhes uma conotação mais de acordo com as atividades científicas, cria-se no aluno uma nova motivação e um novo interesse para as atividades experimentais. (SÉR , 2003, p. 41).

Para buscar respostas ao problema e atingir os objetivos propostos nesta pesquisa fez-se um trabalho com entrevistas preliminares e oficinas com alunos da primeira e segunda séries do Ensino Médio, do Colégio Santa Teresinha, da cidade de Taquara.

Em rela o às entrevistas preliminares, pode-se dizer que as mesmas foram planejadas por meio do educar pela pesquisa e de uma abordagem construtivista e interdisciplinar, com experimentos que culminam com a constru o e aplica o da balança analítica.

Os experimentos que antecederam a balança analítica, inclusive a balança analítica, são dos Projetos IPE e RIPE³ (Anexo I, p. 181), que foram estudados e construídos pelo Professor Norberto Ferreira, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). Tanto a constru o da balança quanto os demais experimentos que a precedem, favorecem o estudo de alguns conceitos e no oes, entre eles os de centro de gravidade e momento de uma força.

³ O Projeto IPE/PUCRS (Instrumenta o para Ensino) constitui um dos pólos do projeto RIPE/USP (Rede de Instrumenta o para Ensino), cujos objetivos gerais incluem o desenvolvimento de pesquisa para constru o de material experimental de baixo custo.

Nesta pesquisa, realizou-se um estudo dos roteiros⁴ do Projeto IPE para levantamento e análise dos aspectos conceituais e teóricos envolvendo os experimentos.

Nas entrevistas e oficinas, os alunos construíram os dispositivos experimentais com material de baixo custo e, por estarem impregnados de teorias, supõe-se que estes experimentos auxiliem na construção e na compreensão da balança, e que favoreçam a construção do conhecimento do aprendente.

Pesquisas realizadas com a utilização desse material mostram que existe a possibilidade do professor analisar o conhecimento prévio dos alunos, bem como os seus comportamentos no decorrer da experimentação e, a partir dos resultados, redirecionar as estratégias propostas.

Em sala de aula, a aplicação do Projeto IPE possibilita a investigação das concepções alternativas, das atitudes científicas e metodologia experimental adotada pelos alunos, das quais o professor pode dispor para redirecionar estratégias, objetivos e tarefas. (COELHO; KOHL; BERNARDO, 2002).

Além disso, a construção e aplicação da balança analítica e os experimentos que a antecedem foram escolhidos visando estudar a possibilidade de examinar como o conhecimento matemático intervém na estruturação de alguns conceitos e leis da Física.

Pretende-se, nesta pesquisa, investigar o papel do conhecimento matemático como estruturante do conhecimento físico, pois há conteúdos destas disciplinas implícitos nos experimentos desenvolvidos.

⁴ Os roteiros dos experimentos escolhidos e os seus protótipos foram estudados e aperfeiçoados na Faculdade de Física da PUCRS num intercâmbio com a Faculdade de Física da USP, através dos Projetos IPE e RIPE, respectivamente. Atualmente são utilizados na Faculdade de Física da PUCRS com os alunos da graduação e em oficinas para professores.

Para analisar as entrevistas e oficinas, foram considerados o “dizer” e o “fazer” dos alunos, seu conhecimento prévio, suas estratégias de ação, seus procedimentos, suas atitudes e seus questionamentos. Os aprendentes não foram apenas expectadores, mas os atores principais. Não foram vistos, pelo pesquisador, como objetos de experiências, mas como pessoas ativas dentro do processo da pesquisa, capazes de pensar, criar e agir.

Esta investigação apresenta-se em quatro capítulos.

No primeiro capítulo, aborda-se a Fundamentação Teórica onde é explicitada a concepção norteadora da pesquisa, o Construtivismo, considerando-se diversos autores, Giordan (1978), Giordan e Vecchi (1996), Coelho et al. (2000), Demo (2000a, 2000b), Moraes (2000), Solé e Coll (2001), Moretto (2002), entre outros.

Para fundamentar esta concepção, explicitam-se diversos aspectos referentes ao professor e ao aluno, entre eles, a atitude pesquisadora e a atitude questionadora.

Neste mesmo capítulo, desenvolveram-se alguns tópicos relativos à experimentação e ao ensino de ciências abordando-se as relações entre a teoria e o experimento, as concepções de Ciência e as atividades experimentais e os papéis do experimento. Além disso, expõe-se a teoria física que está implícita nesta pesquisa, abordando-se fundamentos físicos e características metrológicas da balança analítica.

No segundo capítulo, é apresentada a Metodologia utilizada nesta pesquisa, sendo caracterizada como pesquisa-ação a forma de investigação. Descreve-se como foi realizada a coleta de dados, explicitando-se os experimentos, assim como o procedimento de análise dos dados das entrevistas e oficinas.

No terceiro capítulo, são apresentados a Análise de Dados Coletados e os Resultados. Expõem-se a valorização do conhecimento prévio dos aprendizes, as intervenções do professor e do aluno, os procedimentos experimentais adotados pelos aprendentes, as atitudes de investigação científica desenvolvidas pelos alunos, a metodologia experimental utilizada pelos pesquisados, e finalmente as relações que estes estabelecem entre o referencial empírico, os conceitos e as linguagens simbólicas e matemáticas, com exemplos de progresso dos alunos em termos conceituais e de como conceitos de matemática intervêm na realização dos experimentos.

No quarto capítulo, apresentam-se as Conclusões e Considerações Finais referentes a esta investigação. Expõem-se a importância da didática e do instrumento de pesquisa adotado pelo pesquisador, os papéis do experimento, a interligação entre os aspectos atitudinais, metodológicos e conceituais desenvolvidos pelos alunos, assim como algumas considerações do pesquisador nos aspectos pessoal e profissional.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Concepção norteadora da pesquisa - opção por uma abordagem construtivista

A partir do final dos anos setenta, a quantidade de trabalhos em educação científica, tendo como eixo principal o conhecimento prévio dos alunos, teve um grande desenvolvimento, sendo a pesquisa de Viennot (1979 apud ASTOLFI; DEVELAY, 2002) uma das mais importantes referências iniciais destes estudos.

A concepção construtivista constituiu o fundo teórico de muitas pesquisas relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos. A partir destes trabalhos, a inovação que aconteceu foi o respeito às idéias dos alunos. Segundo Laburú e Arruda (2002, p. 478), considera-se que "[...] os estudantes elaboram conhecimento e crenças a partir dos seus conhecimentos preexistentes, submetendo-os às novas idéias e situações que eles encontram."

Os mesmos autores também apresentam pontos de vista de alguns pesquisadores da comunidade científica que se mostram críticos à epistemologia construtivista, quando aplicada no ensino de ciências.

Para o caso específico do ensino de ciências, o discurso construtivista, ao defender determinadas concepções epistemológicas e ontológicas (Laburú & Silva, 2000), que estão longe do consenso entre os pesquisadores da comunidade da educação científica (ver por exemplo, Matthews 2000; Irzik 2000; Airasian & Walsh 1997; Nola 1997; Philips 1997; Osborne 1996), tende a sustentar uma determinada diretriz pedagógica que, por sua vez, é responsável por nortear ações metodológicas para a sala de aula. Estas últimas, igualmente, são alvo de contestação dos mesmos pensadores da educação científica exemplificados. (LABURÚ; ARRUDA, 2002, p. 477).

Laburú, Carvalho e Batista apresentam as críticas de um construtivismo radical em que o aluno é um ser solitário, aprende por si, e o professor é visto apenas como um organizador de estratégias que facilitem o processo de ensino-aprendizagem.

Essa abordagem, ao considerar a construção do conhecimento como sendo um processo eminentemente individual, resquícios da influência da teoria de reequilíbrio piagetiana (Piaget, 1977), mostrou-se insuficiente em dar conta da complexidade das relações envolvidas no processo ensino-aprendizagem. Dentro dessa visão, o aprendiz é, num sentido cognitivo, um ser solitário e o professor é visto, praticamente, como somente um provedor e um organizador dos meios necessários ao desenvolvimento do aprendiz [...]. (LABURÚ; CARVALHO; BATISTA, 2001, p. 165).

Apesar de alguns pensadores realizarem suas críticas a determinadas bases da abordagem construtivista, como expõem os autores acima, existem outros que são partidários de um construtivismo que valoriza, num processo de interação, tanto a ação do aluno quanto a do professor. Optou-se, nesta pesquisa, por esta abordagem, buscando-se fundamentação em autores do construtivismo: Giordan (1978), Giordan e Vecchi (1996), Coelho et al. (2000), Moraes (2000), Solé e Coll (2001), Moretto (2002), entre outros.

Para Moraes (2000), o professor que pretende ser construtivista precisa assumir certas atitudes ante os alunos e uma situação de aprendizagem.

Salienta-se que essas atitudes foram consideradas na pesquisa, envolvendo aspectos relacionados ao professor e ao aluno, e são destacadas a seguir:

- a) Atitude pesquisadora;
- b) Atitude questionadora;
- c) Flexibilidade.

Além de apresentar essas atitudes, Moraes (2000) sugere um conjunto de modos de ação também contemplados nesta pesquisa, a saber:

- a) Mediação;
- b) Problematização;
- c) Interdisciplinaridade;
- d) Diálogo.

1.1.1 Atitude pesquisadora

1.1.1.1 Papel do professor

Desenvolver uma atitude de pesquisa, segundo Moraes (2000), é ter ação direta sobre o aluno, a fim de conhecê-lo melhor, como também procurar maneiras desafiadoras de envolvê-lo na produção do conhecimento.

Pode-se dizer que o papel do professor é ser um pesquisador na sala de aula, da sua prática e de seus alunos no seu dia-a-dia.

Ao pesquisar a sua prática docente, o professor pode desenvolver planejamentos e estratégias pedagógicas que favoreçam diretamente o aluno na construção do conhecimento.

Ao pesquisar o aluno, o professor pode levar em consideração os conhecimentos prévios, as motivações e as emoções dos aprendentes.

Segundo Moraes,

O professor construtivista é um pesquisador de sua prática docente e de seus alunos. Esta pesquisa pode envolver tanto os conhecimentos prévios dos alunos, quanto suas motivações e emoções prévias. (MORAES, 2000, p. 122).

Por meio da educação pela pesquisa, o professor passa a ter uma função diferente, deixando de ser o único detentor do conhecimento, para agir como um pesquisador e orientador junto a seu aluno, promovendo a pesquisa e a construção do conhecimento.

Ao incentivar a pesquisa na sala de aula, o professor também aprende, tornando-se um eterno pesquisador, não necessariamente um pesquisador formal, com metodologia específica da pesquisa, mas um pesquisador que observa, analisa e procura respostas para resolver as situações encontradas a cada momento na sala de aula.

Outro autor que corrobora essa idéia é Giordan,

A pesquisa deveria, antes de tudo, oferecer condições que possibilitem situações reais de formação em grupo. O trabalho em equipe centrado em uma tarefa, pode desencadear um movimento reflexivo que transforma, em um primeiro momento, o mal estar em interrogação, e em um segundo, em proposição.

A pesquisa deveria levar cada professor a realizar sua própria pesquisa em suas próprias aulas. Mas, para ultrapassar a fase de tomada de consciência, a pesquisa também deveria ajudar o professor:

- a analisar o que acontece em aula (tabela de objetivos, grades de análise) e o que é a estrutura do saber a transmitir;
- a definir objetivos e hipóteses;
- a construir seus próprios instrumentos de análise (grades de observação, grades de evolução, etc). (GIORDAN, 1978, p. 252, tradução nossa).

O professor pode agir como um facilitador, intervindo e mostrando ao aluno a importância em desenvolver a crítica e a argumentação para aprender com autonomia e construir o conhecimento.

Ao descrever o modelo pedagógico por investigação-estruturação, Astolfi e Develay, apresentam o papel do professor,

O professor anima, instiga, aconselha e apresenta certas exigências. Em outros momentos, observa, deixando os alunos autônomos. Orienta a atividade tateante, sobretudo de maneira indireta, por sugestões ou contribuições que modificam a atividade, facilitando as trocas entre grupos, reformula o que é dito e feito. Provoca momentos de explicação, de verificação, de confrontação, de comunicação (momentos estruturantes). (ASTOLFI; DEVELAY, 2002, p. 119).

1.1.1.2 Papel do aluno e características de uma atitude pesquisadora

Segundo alguns autores que são adeptos da prática da pesquisa em sala de aula, entre eles Giordan (1978), Perez (1983), Coelho et al. (2000), Demo (2000a, 2000b), Galiazzi (2002), Moraes (2000, 2002), Ramos (2002), o aluno passa a ser o ator principal, o sujeito do processo de aprendizagem.

A educação pela pesquisa libera o aluno da passividade (DEMO, 2000a). Por meio da intervenção direta do aluno no processo formativo, há o desenvolvimento do saber por meio da construção e da combinação de conceitos utilizados em sala de aula, no seu dia-a-dia.

Com o desenvolvimento da pesquisa na sala de aula, o aluno pode construir questionamentos, entre outros, os questionamentos do que vai aprender, do que quer saber, de como criar e de como argumentar.

Para Demo, quando o aluno aprende, torna-se sujeito da sua própria história e da história coletiva do seu grupo. Ele pára simplesmente de reproduzir e começa a criar.

Aprender é a maior prova da maleabilidade do ser humano, porque, mais que adaptar-se à realidade, passa a nela intervir. Sendo atividade tipicamente reconstrutiva de tessitura política, é também a maior prova do sujeito capaz de história própria. (DEMO, 2000b, p. 47).

Um dos mais importantes resultados do aprender é a autonomia, a liberdade de criar e argumentar. Isso acontece porque se desenvolve uma atitude de saber pensar. E saber pensar é saber intervir, é argumentar, é tornar-se emancipado.

Na concepção de Giordan e Vecchi (1996, p.12): "Saber é ser ator da sua própria formação, poder colocar-se num processo de formação permanente que não se limita à escola [...]."

Nessa mesma direção, segundo Demo,

Saber pensar não combina com cidadania tutelada, aquela que nos quer massa de manobra, submissos e ignorantes. Nem combina bem com cidadania assistida, porque aceita apenas a assistência necessária e tem como ideal viver sem assistência. Combina com cidadania emancipada, aquela que sabe o que quer, porque quer e como quer. (DEMO, 2000b, p. 18).

Quando ocorre a aprendizagem, o aluno torna-se capaz de escrever o que quer dizer, alcançando a competência de formular, transitando de uma recepção passiva do conhecimento para uma participação ativa, tornando-se hábil na elaboração e defesa de seus argumentos.

Para Demo,

[...] é fundamental que os alunos escrevam, redijam, coloquem no papel o que querem dizer e fazem, sobretudo alcancem a capacidade de formular. Formular, elaborar são termos essenciais da formação do sujeito, porque significam propriamente a competência, à medida que se supera a recepção passiva de conhecimento, passando a participar como sujeito capaz de propor e contrapor. (DEMO, 2000a, p. 28).

Nesta concepção, no decorrer do processo de aprendizagem, o aluno organiza as informações e apropria-se delas, constrói o seu conhecimento, graças a atitudes como a busca, a investigação, a discussão, a argumentação e a fundamentação teórica, tornando-se crítico, independente e mais motivado para o estudo.

1.1.2 Atitude questionadora

Vários autores, entre eles Giordan e Vecchi (1996), Moraes (2000), Coelho, Kohl e Bernardo (2002), colocam em evidência a importância do questionamento na aprendizagem e no processo de construção do conhecimento.

Segundo Moraes (2000), essa atitude está relacionada diretamente com a atitude pesquisadora. Há uma relação de partida e contrapartida, de pergunta e informação, cada resposta dirigida ao aluno pode ser um questionamento se for bem elaborado pelo professor, se ele souber desafiar o aluno.

Para Coelho, Kohl e Bernardo (2002), a ausência do questionamento é vista como um obstáculo para a construção do saber; o questionamento aparece como um dos aspectos positivos tanto na ação do professor como na ação dos aprendentes.

Ao professor cabe a função de organizar as suas atividades com o objetivo de promover questionamentos. Isso pode acontecer por meio da sua interferência durante as aulas, possibilitando discussões, ou seja, um clima de pesquisa e de busca, envolvendo a realidade que se apresenta.

Segundo Giordan e Vecchi (1996, p. 169): "Revela-se essencial, portanto, criar situações científicas 'perturbadoras' caso se deseje ir mais adiante na construção do saber."

Os autores destacam a idéia da importância do professor elaborar verdadeiros problemas científicos, sendo esse aspecto um dos pilares da construção do saber. Para os mesmos autores, é por meio de questionamentos que o aluno seleciona as informações que apreende.

Essa atividade cria uma filtragem da realidade; através dela é que o aprendente extrai as informações que apreende. É também uma fonte de progresso no aprendizado, pois suscita desequilíbrios que incitam o aluno a superar seu estágio atual para procurar novas soluções. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 168).

Ao propor questionamentos, o professor pode problematizar situações relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos. Nesse sentido, Moraes (2000, p.122) afirma que "As perguntas serão mais significativas quanto mais estiverem relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos."

1.1.2.1 Conhecimento prévio

Existe um consenso na comunidade científica de que é importante considerar o conhecimento prévio como uma das formas de auxiliar a construção do conhecimento, ou seja, de que o aluno pode construir o seu conhecimento partindo

daquilo que já sabe (GIORDAN, 1978; PEREZ, 1983; GIORDAN; VECCHI, 1996; RUMELHARD, 1997; COELHO et al., 2000; MORAES, 2000; PERRENOUD, 2000; SOLÉ; COLL, 2001). Isto se reflete no grande número de trabalhos realizados por diferentes laboratórios europeus de pesquisa, incluindo teses de L. Viennot, G. de Vecchi, A. Dumas-Carré, M.-G. Séré, B. Macedo, L. Maurines, M. Meheut, E. Saltiel, P. Johnnaert (ASTOLFI; DEVELAY, 2002).

Para Giordan e Vecchi, por exemplo,

[...] a criança não é uma 'página em branco' sobre a qual se pode imprimir um saber; ela possui concepções e a evolução destas é que constituirá um nível de conhecimento cada vez mais operatório e próximo do saber científico. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 138).

Segundo os mesmos autores, levar em conta o conhecimento prévio do aluno é auxiliá-lo na construção do seu conhecimento.

[...] a construção do conhecimento passa pela tomada em consideração das concepções dos aprendentes, que estas evoluem a partir de um questionamento, através de atividades de confrontação com as concepções dos outros e com os fatos. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 195).

Segundo Solé e Coll,

[...] na concepção construtivista, assume-se que na escola os alunos aprendem e se desenvolvem na medida em que podem construir significados adequados em torno de conteúdos que configuram o currículo escolar. Essa construção inclui a contribuição ativa e global do aluno, sua disponibilidade e conhecimentos prévios [...]. (SOLÉ; COLL, 2001, p. 24).

Perrenoud afirma que o aluno sabe muitas coisas, a partir de questionamentos e respostas já elaboradas, antes de vir à escola.

A escola não constrói a partir do zero, nem o aprendiz não é uma tábula rasa, uma mente vazia; ele sabe, ao contrário, 'muitas coisas', questionou-se e assimilou ou elaborou respostas que o satisfazem provisoriamente. (PERRENOUD, 2000, p. 28).

Dessa forma é reconhecido que o aluno já possui um conhecimento prévio sobre o tema que será desenvolvido o qual servirá de base para a construção do novo conhecimento. O aluno não é considerado um ser em branco, com uma mente vazia, desprovida de teoria e de conhecimento. Para Astolfi (1978 apud PEREZ, 1983, p. 27): "No puede pues plantearse la enseñanza como si el alumno partiera de cero, sin tener en cuenta sus representaciones [...]."

Alguns autores, entre eles Giordan e Vecchi (1996), Guy Rumelhard (1997), Pais (2001), Astolfi e Develay (2002), sugerem que o conhecimento prévio do aluno pode ser analisado em termos de "obstáculos". Esse conhecimento prévio foi considerado por vários autores como se fossem obstáculos inspirados na idéia de obstáculo epistemológico de Bachelard.

Os obstáculos epistemológicos não se baseiam na privação de conhecimento, ao contrário, são conhecimentos antigos, com grande inércia que resistem a mudanças e à aceitação de um novo conhecimento (PAIS, 2001).

Segundo Rumelhard,

En la medida en que los obstáculos estudiados corresponden a resistencias profundas, son susceptibles por naturaleza de que los docentes mismos, voluntaria o inconscientemente, los nieguen, aun cuando en apariencia, los tengan en cuenta y los estudien. (RUMELHARD, 1997, p. 37-38).

Nesse sentido, para que as ciências evoluam, Bachelard propõe que se deve fazer o "corte epistemológico" e "superar os obstáculos epistemológicos" (o senso

comum, os dados perceptíveis, os resultados experimentais e a própria metodologia aceita como válida, assim como todos os conhecimentos acumulados).

Nessa direção, para Bachelard,

Logo, toda cultura científica deve começar, como será longamente explicado, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. (BACHELARD, 2000, p. 24)

O mesmo autor também rebate o empirismo passivo, pois este é feito para comprovar; qualquer contradição é vista como erro e a experiência é repetida. Segundo Bachelard (2001, p. 18), "Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado."

Para Rumelhard (1997, p. 38): "El término obstáculo designa una función en una relación de aprendizaje y no una 'cosa' o una propiedad 'en sí misma'."

A posição de Bachelard, de que a construção do conhecimento não parte do nada e os obstáculos seriam o seu ponto de partida, é apresentada por Giordan e Vecchi.

As concepções são interessantes pelos 'erros' que elas põem em evidência. Esses erros não correspondem apenas a um acidente de percurso, não se devem unicamente ao que é exterior ao saber, mas também aparecem pela 'própria ação do conhecimento', como ressalta Canguilhem. Assim sendo, o erro constitui um ponto de partida, pois a construção do conhecimento científico não parte do zero, choca-se com um saber usual, evidente e preexistente, que determina outros tantos obstáculos ao seu acesso. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 141-142).

O pesquisador Jean-Louis Martinand (COELHO, 1991) introduziu o conceito de objetivo-obstáculo, o qual pode indicar ao professor onde concentrar os esforços que

favoreçam a superação do obstáculo e caracterizam objetivos que localizam este obstáculo.

Nessa direção, segundo Coelho,

O conceito de objetivo-obstáculo, introduzido por Jean-Louis Martinand e inspirado na noção de 'obstáculo epistemológico', elaborado por Bachelard (1983), parece constituir uma saída promissora para os trabalhos de pesquisa envolvendo concepções e raciocínio dos alunos. (COELHO, 1991, p. 186).

Superar o objetivo-obstáculo para que possa ocorrer a aprendizagem, é apresentada por Astolfi e Develay (2002, p. 65): "Não se deve certamente subestimar o obstáculo caso se queira poder superá-lo, mas deve-se pensar de uma maneira que torne possível sua ultrapassagem."

Ao discutir a idéia de objetivo-obstáculo, Astolfi e Develay analisam,

[...] cabe ao formador colocar o obstáculo a ser ultrapassado no cerne do dispositivo, de tal modo que o aluno possa 'trabalhá-lo'. Sua ultrapassagem constituirá, ao mesmo tempo que a resolução do problema, o verdadeiro objetivo de aquisição da seqüência, esse que o aluno só pode compreender após o término. (MEIRIEU apud ASTOLFI; DEVELAY, 2002, p. 67).

Para Giordan (1978, p. 157, tradução nossa), "[...] é importante que [...] as justificações sejam agora elaboradas pelo aluno, a partir dos obstáculos que ele superou, em relação às suas idéias."

Outros autores sugerem que podem emergir "obstáculos" e "precursores" relacionados aos conceitos, às atitudes, às metodologias. (LEMEIGNAN; WEIL-BARAI, 1987; CORROYER; MATHIEU, 1987; COELHO, 1993; COELHO; SÉRÉ, 1998 apud COELHO et al., 2000). Esses autores se referem não apenas às

dificuldades dos aprendizes, mas também a aspectos do saber do aluno que viriam ao encontro do saber científico.

Não levar em consideração as falas iniciais dos aprendentes e nem os processos de como eles aprendem, pode torná-los sujeitos passivos. Para Giordan (1978, p. 139), "Tais métodos não respondendo nem a estrutura da criança, nem às suas necessidades, só podem levá-la à passividade." Segundo o mesmo autor, os aprendentes já têm um referencial teórico e o utilizam conforme suas necessidades.

Para Laburú, Carvalho e Batista a abordagem construtivista foi bem sucedida ao defender que se deve levar em conta o conhecimento prévio dos alunos,

[...] podemos dizer que o construtivismo foi bem sucedido ao defender as seguintes posições: o aprendiz não vem para a sala de aula com uma mente vazia, desprovida de teoria, mas dispõe de uma rede conceitual com um vocabulário próprio [...]. (LABURÚ; CARVALHO; BATISTA, 2001, p. 156).

Para os mesmos autores, levando em consideração o conhecimento prévio dos alunos, há um resultado pedagógico que caracteriza uma atividade construtivista.

Elas passaram a ser conceitualizadas como uma *concepção alternativa* que está ontológica e epistemologicamente articulada a uma forma de entender o mundo. Como resultado pedagógico, saber o que o aprendiz já conhece, encorajando-o a explicitar e a clarificar os seus pensamentos, tornou-se primordial numa atividade dita construtivista. (LABURÚ; CARVALHO; BATISTA, 2001, p. 156, grifo do autor).

Acredita-se que, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, exista a possibilidade de emergirem obstáculos e precursores que, sendo considerados, possam auxiliar o aprendente na construção do saber concebido, não como um produto final, mas como um ponto de partida para se chegar ao saber escolar.

1.1.3 Flexibilidade

A flexibilidade, segundo Moraes (2000), é uma atitude em que o professor não utiliza procedimentos imutáveis, pelo contrário, assume uma estratégia de ação que pode possibilitar o processo de ensino-aprendizagem de acordo com a realidade dos alunos.

Segundo o mesmo autor, significa desenvolver as atividades com planejamento direcionado à idéia de abertura à mudança.

É importante não interpretar esta flexibilidade como um 'laissez-faire' ou um processo sem direcionamento. É muito mais uma abertura para vislumbrar diversificados caminhos para ir de um ponto inicial para um objetivo previamente determinado, ainda que até mesmo este ponto de chegada possa ser redefinido ao longo do processo. (MORAES, 2000, p.123).

O autor pressupõe a idéia de que a flexibilidade é importante para haver a possibilidade de enxergar novos caminhos pois, muitas vezes, faz-se necessário mudar o planejamento no meio do processo para conseguir atingir os objetivos propostos.

Outros autores sugerem a importância da flexibilidade, quando se considera a possibilidade de construir objetivos e estratégias de ensino, investigando a existência de "obstáculos" e "precursores", assim como diferentes níveis dos aprendentes em termos cognitivos, metodológicos e de atitudes, no decorrer do processo de ensino-aprendizagem.

Sugere-se uma nova abordagem no que se refere à forma de construção de objetivos e estratégias de ensino, os quais deixariam de ser estabelecidos a priori pelo professor para serem construídos, levando-se em conta a própria dinâmica dos processos pedagógicos. (COELHO et al., 2000, p. 122).

1.1.4 Mediação

Para Moraes (2000), a ação da mediação faz-se importante por ter um papel que vai além da atitude questionadora, pois ela apresenta-se sob forma de ajuda aos alunos, de um auxílio para os mesmos irem além daquilo que já sabem, direcionando-os, aos poucos, para um novo conhecimento.

Nesse sentido, Coelho et al. (2000), apresenta a idéia de que o professor que aposta em uma flexibilidade, pode intervir em níveis intermediários que sejam compatíveis com o pensamento dos aprendentes.

Acredita-se que, por meio da mediação proposta pelo professor, exista um conjunto de atividades que possibilitem aos aprendentes progredirem de um conhecimento prévio para um conhecimento novo.

Laburú, Carvalho e Batista, ao relatarem as posições bem sucedidas do construtivismo, apresentam sugestões de pontos que resumem uma orientação geral construtivista de atividades educacionais.

Por parte do professor, este deve cumprir o papel de facilitador, construtor, provedor de experiências e socializador, no sentido de fazer com que as ferramentas culturais da ciência sejam acessíveis ao aprendiz. Sua função é a de um guia que media e negocia entre as concepções dos aprendizes e as científicas. (LABURÚ; CARVALHO; BATISTA, 2001, p. 156).

A mediação não precisa ser realizada especificamente pelo professor, pode ser por interação entre os próprios colegas durante as atividades desenvolvidas em sala de aula por meio da explicitação ou confrontação das idéias. Para Moraes (2000, p. 123), "Esta mediação não é necessariamente do professor. Os próprios colegas exercem, seguidamente, a função de mediação [...]."

1.1.4.1 Interação

Um professor que se identifica com a abordagem construtivista pode reconhecer que há necessidade de ir além do referencial empírico do aluno e de ultrapassar o apriorismo e o empirismo. Pode entender que o conhecimento se constrói por interação e participação ativa do sujeito com o meio físico e social em que vive.

Segundo Moraes,

[...] o conhecimento se origina na interação do sujeito com a realidade ou desta com o sujeito, seja ela a realidade física, social ou cultural. Por isto, este processo necessita ser concebido além do nível individual. O processo de construção ocorre juntamente com os outros. (MORAES, 2000, p. 116).

Vários autores sugerem que a interação pode ocorrer por meio de atividades de confrontação e de trabalhos em grupos (MAYFIELD, 1976; GIORDAN, 1978; COELHO et al., 2000; ASTOLFI; DEVELAY, 2002).

Para Mayfield (1976 apud PEREZ, 1983, p. 29), "[...] la enseñanza de las ciencias, en la medida en que supone - como la misma investigación - una exploración activa de alternativas, se ve favorecida por la formación de pequeños grupos."

Giordan (1978, p.156, tradução nossa) apresenta o interacionismo por meio de atividades de confrontação: "[...] a necessidade científica nasce do choque do pensamento da criança com o dos outros."

Segundo Coelho et al.,

A confrontação entre as idéias dentro do grupo, ou entre essas idéias e os resultados do experimento, ou ainda entre elas e as informações encontradas na bibliografia visava evidenciar algum progresso nos modos de pensar e proceder do aluno. (COELHO et al., 2000, p. 124).

A interação pode ocorrer por meio de trocas realizadas em grupos, sendo reconhecido, nessa situação, o trabalho em grupos. O professor organiza tarefas que podem ser solucionadas coletivamente e reconhece a relação entre o saber e o mundo que cerca seus alunos.

Para Astolfi e Develay,

No dominante 'Interações sociais', o que conta são as trocas. Por isso o trabalho em grupos é mais valorizado. O docente facilita a organização coletiva da tarefa a ser realizada e é sensível aos elos entre saber e vida social. (ASTOLFI; DEVELAY, 2002, p. 113).

1.1.5 Problematização

Outro modo de ação, considerado nesta pesquisa e apresentada por Moraes (2000), é a problematização que se caracteriza por uma ação do professor em converter o conteúdo a ser desenvolvido em problemas para os aprendentes.

O papel do professor é importante na problematização, porque ele pode incentivar o aluno a elaborar questionamentos com o intuito de promover o progresso do aprendente para níveis mais elevados (COELHO et al., 2000).

Nessa mesma direção, Moares afirma,

Todos os conceitos são inacabados e isto ocorre principalmente na zona de desenvolvimento potencial. Conseguir perceber estas lacunas e saber criar questionamentos significativos é o que entendemos por problematização. (MOARES, 2000, p. 124).

A problematização é uma das formas de colocar a mediação em prática, porque o professor é o agente que consegue descobrir as falhas cognitivas dos seus alunos e, para solucioná-las, propõe-lhes questionamentos.

Ao mediar, o professor pode criar questionamentos significativos, elaborando problemas direcionados aos aprendentes, relacionando-os com o conhecimento prévio, por meio de atividades de confrontação.

Para Giordan e Vecchi, as atividades de confrontação são um elo com o conhecimento prévio,

Essas atividades permitem formular problemas científicos, procurar elementos de resposta, analisar estes últimos, estabelecer assim novas relações entre as aquisições pontuais, e isso em ligação com as representações prévias. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 195).

Segundo Coelho et al.,

"Supõe-se que provocar contradições seja uma maneira de auxiliar o aluno a evoluir em sua concepção inicial, levando o mesmo a explicações mais abrangentes, com novos elementos antes não considerados." (COELHO et al., 2000, p.123).

Conforme Giordan e Vecchi (1996, p. 175), "A idéia da confrontação aparece, portanto, como um dos elementos essenciais na abordagem dos mecanismos do desenvolvimento conceptual." Para Perez (1983, p. 29), "Y un tal cambio conceptual exige confrontación [...]."

As confrontações são indispensáveis para a produção do conhecimento e o professor tem uma função importante, que é o de favorecer situações de confrontação. Segundo Giordan (1978, p. 156, tradução nossa), "Várias confrontações são necessárias, e o mestre deve facilitar esta confrontação."

O papel do professor pode ser o de promotor de situações em que apareçam problematizações dos conceitos existentes, resultado da confrontação desses conceitos.

O papel do professor deverá consistir, pois, em encorajar e até suscitar os problemas que desembocam em ampliações que permitem extrair, pouco a pouco, o que é importante na construção das idéias gerais. Quando há confrontação, afinam-se os conceitos existentes. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 174).

Nesse sentido, a idéia de provocar a confrontação pode ser um dos aspectos indispensáveis na motivação dos aprendentes para incitá-los a produzir conhecimento.

A motivação do aluno, para construir novos conhecimentos, dificilmente acontece sozinha, solitária.

[...] a confrontação das idéias entre os alunos obriga-os a justificar o que afirmam, e, eventualmente, num segundo tempo, a imaginar observações ou experiências para confirmar ou infirmar tanto suas palavras quanto a dos colegas. (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 171).

Nesse caso, a confrontação é um dos aspectos favoráveis a essa motivação, a qual pode favorecer o aluno a conflitar com seus conhecimentos prévios, levando-o a procurar outras explicações para o mesmo fato em estudo. Acredita-se que por meio das confrontações, o aluno possa progredir em seu conhecimento inicial, elaborando conhecimentos novos que ainda não foram concebidos.

As confrontações podem acontecer nas discussões realizadas pelos alunos na sala de aula, entre iguais, em pequenos ou grandes grupos. Essa situação provoca contradições e o choque das idéias pode induzir os alunos a procurar justificativas com argumentos.

Para Giordan, o fato de que alunos produzam explicações diferentes, pode suscitar dúvidas e isso cria a possibilidade dos mesmos conceberem a idéia de que são possíveis várias explicações para um único fato e de que cabe a eles procurá-las,

[...] é importante, do ponto de vista da formação dos alunos, que os mesmos se deparem diante de várias explicações para um mesmo fenômeno, as quais suscitem controvérsia: é preciso ver a sua confusão diante de uma contradição que os perturba, mas que os incita a uma investigação suplementar, fazendo com que encontrem uma solução. (GIORDAN, 1978, p. 156, tradução nossa).

1.1.6 Interdisciplinaridade

Segundo vários autores, entre eles, Moraes (2000) e Lück (2000), a interdisciplinaridade visa à desfragmentação do conteúdo desenvolvido com o aluno.

Para Moraes,

O conhecimento é construído como teoria sobre a realidade e como tal é interagido. A mediação e, de modo especial, a problematização, necessitam levar isto em consideração o que conduzirá a atividades e problemas interdisciplinares. (MORAES, 2000, p. 124).

Conforme Lück,

[...] trabalhando dentro de um sistema de interdisciplinaridade o professor produz conhecimento útil, portanto, interligando teoria e prática, estabelecendo relação entre o conteúdo do ensino e realidade social escolar. (LÜCK, 2000, p. 34).

A fragmentação dos conteúdos faz com que os alunos pensem de forma separada, fragmentada e a interdisciplinaridade aparece para mudar este enfoque.

Segundo o mesmo autor,

[...] se o professor analisar adequadamente o seu cotidiano escolar e vital irá identificar facilmente inúmeras dificuldades que resultam da ótica fragmentadora, o que, por si, estabelece a necessidade do enfoque interdisciplinar e globalizador no ensino. (LÜCK, 2000, p. 33).

Buscando um enfoque interdisciplinar, considerando os conteúdos de Matemática e Física, pode-se observar que esses conteúdos estão relacionados intrinsecamente, sugerindo-se que a Matemática seja considerada como estruturante da Física.

Pietrocola (2002, p. 94) afirma que "É inegável que a Matemática está, hoje mais que nunca, alojada de forma definitiva no seio da Física." Segundo o mesmo autor, não há dúvidas de que, sem os conhecimentos matemáticos, não se consegue desenvolver a Física porque

A Matemática é a maneira de estruturarmos nossas idéias sobre o mundo físico, embora possa, em determinados momentos, assemelhar-se a uma simples descrição de objetos. [...] sua maior importância está no papel de *estruturante* que ela pode desempenhar no processo de produção de objetos que irão se constituir nas interpretações do mundo físico. (PIETROCOLA, 2002, p. 106, grifo do autor).

Acredita-se, desta forma, que o conhecimento de Matemática que o aluno possui, não seja o suficiente para obter um bom desempenho em Física. A Matemática faz parte da composição da ciência e deve ser examinada como linguagem do nosso próprio pensamento.

Para Pietrocola, cabe ao professor perceber que

[...] não se trata apenas de saber Matemática para poder operar as teorias físicas que representam a realidade, mas de saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática. (PIETROCOLA, 2002, p. 111).

1.1.7 Diálogo

Outra ação proposta na pesquisa é o diálogo. Para Fazenda (2002, p. 56), "[...] na experiência do diálogo é constituído entre o eu e o outro um terreno comum [...]."

A consideração da fala do aluno é de suma importância, visto que a aprendizagem pode originar-se, em grande parte, de diálogos coletivos e com a valorização do conhecimento prévio dos mesmos (MORAES, 2000).

Para Galiazzi (2002, p. 309), "O movimento de diálogo, presente desde o início do processo de questionamento, da pergunta inicial, da construção de argumentos válidos, precisa ser expandido a outros interlocutores." Isso significa que o professor pode valorizar o diálogo promovendo a comunicação dos questionamentos e dos resultados das discussões em grupo para todos os participantes do processo. Essa participação comunicativa dos aprendentes pode ser tanto oral quanto escrita.

Astolfi e Develay (2002, p. 116), afirmam que "Durante aprendizagens, convém valorizar o diálogo do aluno com os objetos e com seus colegas [...]."

Por meio desta participação coletiva, o professor tem condições de conhecer o que o aluno já sabe e descobrir as suas lacunas. A partir do diálogo, o professor pode começar a elaborar sua mediação. Esta idéia é corroborada por Moraes,

[...] também quando se tem em mente conhecer e explorar o conhecimento prévio dos alunos, o diálogo é uma das alternativas mais indicadas. É especialmente pelas oportunidades de se manifestar nas aulas, seja em discussões, seja a partir de diferentes atividades propostas pelo professor, que o professor pode investigar quais conhecimentos que os alunos já trazem para a escola e quais os limites destes conhecimentos, para a partir disto construir sua mediação. (MORAES, 2000, p. 125).

Finalmente, pode-se dizer que as atitudes e os modos de ação abordados integram esta pesquisa em diversos aspectos, tais como:

- a) o papel do professor como facilitador;
- b) o papel do aluno como sujeito aprendente que pode criar, argumentar e interagir libertando-se da passividade;
- c) a viabilidade da emergência do conhecimento prévio dos alunos e sua valorização por parte do professor;
- d) a flexibilidade do planejamento;
- e) a explicitação, a discussão, a confrontação de idéias e a argumentação;
- f) os questionamentos e as problematizações;
- g) a desfragmentação do conteúdo e integração dos mesmos;
- h) o exercício da pesquisa;
- i) a mediação tanto por parte do professor quanto do aluno;
- j) o diálogo.

1.2 A experimentação e o ensino de Ciências

Segundo Harres (2000), um dos objetivos do ensino de Ciências é oferecer ao aprendente a apropriação de uma visão sobre a natureza da ciência. Visões controvertidas como a de que a ciência seja social, política e economicamente neutra e a de que a ciência possui validade intrínseca, passaram a ser questionadas por filósofos e também cientistas.

Vários autores puderam mostrar que o conhecimento científico não provém direta e objetivamente dos fatos, como, em geral, apontam meios de comunicação, livros didáticos, professores de ciências e cientistas. No momento atual, praticamente, todas as diferentes correntes da filosofia da ciência defendem que a ciência é uma atividade humana como tantas outras. (HARRES, 2000, p, 38).

Para Hodson, com relação aos objetivos do ensino de Ciências, deve-se considerar três aspectos essenciais:

- aprendizagem de Ciências para adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos e conceituais;
- aprendizagem sobre a natureza das Ciências para desenvolver um entendimento dela e os métodos das Ciências e a consciência das interações entre Ciência e Sociedade;
- prática das ciências para desenvolver os conhecimentos técnicos sobre a investigação científica e a resolução de problemas. (HODSON, 1994, apud ROSITO, 2000, p. 198).

1.2.1 Relação teoria-experimento

A visão empirista ingênua da ciência é, muitas vezes, criticada por epistemólogos, entre eles, Koyré (1973), Popper (1975), Kuhn (1977), Duhem (1982), Chalmers (1997). Na superação desta visão, estes epistemólogos apresentam uma importante relação entre a teoria e o experimento.

Para Popper (1975 apud HARRES, 2000, p. 79), "[...] toda observação está sempre carregada de teoria: não há observação pura, não intencional e teoricamente independente." Toda observação é sempre baseada em alguma teoria, não existem fatos livres de teoria, observações neutras, todo o conhecimento está imbuído de pressupostos teóricos.

Segundo Koyré (1973 apud COELHO; KOHL; BERNARDO, 2002), "[...] não somente as experiências válidas são fundamentadas em uma teoria, mas os próprios meios que permitem sua realização são a própria encarnação da teoria."

Nessa linha de análise, Kuhn também argumenta em favor da importância da teoria na atividade experimental científica, quando afirma:

[...] as teorias, são, mesmo mais do que os instrumentos laboratoriais, as ferramentas essenciais do ofício do cientista. Sem o seu constante auxílio, mesmo as observações e medições feitas pelo cientista dificilmente seriam científicas. (KUHN, 1977, p. 256).

Para Osterman (1996, p. 184), "[...] Kuhn encara a observação como antecedida por teorias e, portanto, não neutra [...]."

Segundo Duhem, a experimentação é compreendida pela observação e pela interpretação da observação por meio das teorias que a antecedem.

É que, efetivamente, a experiência que você observou, como qualquer experiência de física, compreende duas partes. Ela consiste, em primeiro lugar, na observação de certos fatos; [...]. Em segundo lugar, ela compreende a *interpretação* dos fatos observados; para poder fazê-la, não basta estar alerta, ter sido treinado; é preciso conhecer as teorias consideradas e saber aplicá-las. (DUHEM, 1982, p. 343, grifo do autor, tradução nossa).

Chalmers também explicita a influência da teoria na observação,

[...] os positivistas lógicos, chegaram ao ponto de dizer que as teorias só têm significado na medida em que podem ser verificadas por observação direta. Esta proposição é descartada pelo fato de que não se pode manter uma distinção acentuada entre a observação e a teoria, porque a observação ou, antes, as afirmações resultantes da observação são permeadas pela teoria. (CHALMERS, 1997, p. 62).

No cenário atual do ensino de ciências, também há pesquisadores que consideram em suas reflexões a complexa e estreita relação entre a teoria e o experimento, entre eles, Perez (1985), Silveira (1996), Coelho et al. (2000), Séré (2002), Séré, Coelho e Nunes (2003).

Para Séré (2002, p. 364), "[...] los profesores deberían esforzarse por llevar a los estudiantes a una toma de conciencia de la variedad de relaciones entre teoría y experiencia en la experimentación."

Quando se desenvolve uma atividade experimental, essa atividade está impregnada de teorias. Segundo Séré, Coelho e Nunes (2003, p. 39), "Através dos trabalhos práticos e das atividades experimentais, o aluno deve se dar conta de que, para desvendar um fenômeno, é necessária uma teoria."

Esses mesmos autores afirmam que,

Mesmo o experimento sendo bastante simples, surgem questionamentos quanto à ordem de grandeza, dada pela teoria, e quanto ao número de algarismos a serem mantidos. Tais questionamentos constituem, assim, uma oportunidade para utilizar e aprender a teoria. (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 38).

Galles, sobre a relação teoria-atividade experimental, considera que,

Por otra parte, y es esta su manifestación de mayor utilidad heurística, la teoría no se limita a seguir a la experiencia, sino que muchas veces la anticipa, siendo una excelente prueba buscar en el laboratorio lo que ha sido deducido teóricamente. (GALLES, 1986, p. 46).

Segundo Silveira,

Toda a observação e/ou experimentação estão impregnadas de pressupostos, teorias. Observar é dirigir a atenção para algum aspecto da realidade e, portanto, a observação é antecedida por algum pressuposto ou teoria que lhe orienta. (SILVEIRA, 1996, p. 227, grifo do autor).

Perez (1986, p. 112) afirma que "No existe, pues, una actividad científica independiente del contenido."

Para Galles (1986, p. 47), "La teoría aparece por lo tanto al plantear la experiencia y al finalizarla, cuando le corresponde atribuir un significado a los valores empíricos obtenidos."

1.2.2 Concepções de ciência e atividades experimentais

Atualmente é quase inaceitável desenvolver aulas de Ciências sem a experimentação.

Segundo Moraes,

Assim como a realização de experimentos vem implícita na maioria das concepções de ciência, também parece imprescindível que o ensino de ciências tenha na experimentação um de seus fundamentos."(MORAES, 1998, p.29).

Estas atividades podem ser desenvolvidas por meio de diferentes concepções que compreendem a ciência e os seus procedimentos, tais como: demonstrativa, indutivista-empirista e dedutivista-racionalista (MORAES, 1998).

1.2.2.1 Concepção de ciência e atividade experimental demonstrativa

Caracteriza-se por apresentar a demonstração de uma lei, de verdades prontas e comprovadas, gerando uma crença científica. Para Moraes (1998, p. 31), "É aquela atividade prática voltada à demonstração de uma lei, de uma verdade já perfeitamente comprovada."

Está implícita a idéia de uma verdade definitiva, e isto contribui para que não se possa compreender a construção da Ciência. Segundo Moraes (1998, p. 32), "[...] é importante compreender que, por trás desta idéia de demonstração, está seguidamente implícita a idéia da existência de verdades perfeitamente definidas, de leis já sobejamente comprovadas."

Segundo Rosito (2000, p. 200), "Estas atividades geram crença nas Ciências e geralmente não permitem compreender a sua construção, nem tampouco contribuem para a visualização do conhecimento no seu todo."

Para Séré, Coelho e Nunes, a atividade experimental demonstrativa sugere a idéia de uma ciência "acabada".

Pode-se assim dizer que por meio de atividades experimentais o aluno consegue mais facilmente ser 'ator' na construção da ciência já que a experiência demonstrativa seria mais propícia para um enfoque dos resultados de uma 'ciência acabada'.(SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39-40).

1.2.2.2 Concepção de ciência e atividade experimental indutivista-empirista

Nesta concepção, a característica é de uma atividade experimental que busca o conhecimento científico por meio da observação, aplicando as regras do método científico.

A visão empirista concebe a produção do conhecimento científico como um processo único, verossímil, do ponto de vista lógico, e cuja validade independe do contexto. A validade deste processo, *indutivista*, estaria garantida aplicando-se o *método científico*, [...]. (HARRES, 2000, p. 39, grifo do autor).

Segundo Rosito (2000, p. 200, grifo do autor), "Nesta concepção, a observação é a fonte e a função do conhecimento; o conhecimento científico é obtido daquilo que se observa, aplicando-se as regras do *método científico*."

As conseqüências desta concepção de ciência são a transmissão do conhecimento de forma passiva, o uso de métodos experimentais orientados para a

indução e demonstração de verdades prontas e a aplicação do método científico como foco do ensino (HARRES, 2000).

Essa concepção pode colocar em risco a criatividade do trabalho científico, porque pode levar o aluno a admitir que o conhecimento científico é feito de verdades prontas, já estabelecidas.

O ensino orientado dentro desta concepção pode desvalorizar a criatividade do trabalho científico, conduzindo os alunos a aceitar o conhecimento científico como um conjunto de verdades definitivas e inquestionáveis [...]. (ROSITO, 2000, p. 201).

Nesta concepção de ciência, a observação é muito valorizada. Chalmers (1997), chama de indutivista ingênuo aquele que crê que a ciência começa com a observação.

As leis e os resultados são alcançados por indução, a partir do exercício da observação. Segundo esta concepção, o indutivismo seria o único método aceitável para se adquirir conhecimento e para julgar a autenticidade da teoria; o critério utilizado é a observação,

[...] a visão empírico-indutivista da ciência propõe, de um lado, que o método indutivo é o único válido para se obter conhecimento e, de outro lado, coloca unicamente nos fatos observacionais - especialmente na extensão de sua coleção - o critério para avaliar a veracidade de uma teoria. (HARRES, 1999, p. 25).

Para Silveira (1996), é dominante nos dias atuais o indutivismo-empirismo nas escolas. Segundo este mesmo autor, esta concepção tem as seguintes características:

- a) a observação é a base do conhecimento;
- b) o conhecimento é o resultado da aplicação do método científico;

- c) o conhecimento é livre de pressupostos teóricos;
- d) as teorias são descobertas de dados empíricos.

1.2.2.3 Concepção de ciência e atividade experimental dedutivista-racionalista

Nesta concepção, as atividades práticas são direcionadas por hipóteses oriundas da teoria, assumindo que é impossível desenvolver o conhecimento científico sem levar em consideração as concepções teóricas.

Segundo Moraes,

Também poderíamos denominar este tipo de experimento de hipotético-dedutivo e com isto estaríamos caracterizando esta forma de conduzir uma atividade prática como orientada por uma hipótese, por sua vez deduzida de uma teoria. (MORAES, 1998, p. 33).

Esta concepção sugere que a teoria antecede a observação e a experimentação, tendo o conhecimento prévio como partida para propor que a observação não é neutra, mas imbuída de teoria. Segundo Rosito (2000, p. 201), "Toda observação e experimentação estão impregnadas de pressupostos teóricos. O conhecimento prévio determina como vemos a realidade, influenciando a observação."

Conforme Moraes (1998, p. 33), "[...] assume-se que é impossível observar algo cientificamente sem a influência das concepções teóricas que embasam estas observações." Os pressupostos teóricos antecedem as atividades práticas e as observações. Das teorias partem as hipóteses que são testadas por meio das atividades práticas.

1.2.3 Papéis do experimento

1.2.3.1 A atividade experimental tendo a atividade científica como referência

Um dos papéis do experimento seria o de possibilitar uma aproximação das características da atividade experimental, em sala de aula, da atividade científica.

Vários autores, entre eles, Giordan (1978), Perez (1986), Perez e Paya (1988), Coelho et al. (2000), Marandino (2003), Séré, Coelho e Nunes (2003), sugerem que aproximar as atividades experimentais da atividade científica pode auxiliar o aluno na construção do novo conhecimento.

Esta relação de aproximação pode ser caracterizada por uma "prática social de referência". Este conceito criado por Jean-Louis Martinand (1986 apud ASTOLFI; DEVELAY, 2002) denota a idéia da importância de desenvolver atividades escolares partindo de atividades sociais, que tendem a servir de referência para as atividades científicas escolares.

Segundo Coelho,

Assim, a noção de transposição didática, não se adaptando a certos casos, dá origem a outra noção que precisa a primeira: é a noção de práticas sociais de referência, introduzida por Jean-Louis Martinand. Segundo Martinand, práticas sociais de referência são as atividades sociais das quais se deseja dar, na escola, uma imagem. (COELHO, 1991, p. 184).

Acredita-se na importância de pensar na diferença entre as atividades escolares e a prática que adotamos como referência. Esta distinção baseia-se na relação entre as situações reais dos aprendizes com os de uma prática social de referência. Para Coelho (1991, p. 185), "É importante estarmos conscientes das diferenças entre as atividades escolares e a prática que tomamos como referência."

Geralmente a instituição escolar coloca em prática o que se chama de auto-referência por meio de atividades, como o uso de apostilas, visando apenas ao vestibular; o conteúdo é dado porque será cobrado em provas, ou seja, o aprendente não vê outra função do estudo. Conforme Coelho (1991, p. 185), "Em geral, a escola tende a praticar o que se chama de auto-referência através de práticas como cópia de manuais escolares, organização de atividade escolar em função dos próprios exames, etc."

A noção de prática social de referência, segundo Coelho (1991, p. 185), "[...] permite o estabelecimento de relações entre o que se passa na escola e o que se passa fora do âmbito escolar."

Segundo Astolfi e Develay,

Deve-se, [...], partir de atividades sociais diversas (que podem ser atividades de pesquisa, de engenharia, de produção, mas também de atividades domésticas, culturais ...) que possam servir de referência a atividades científicas escolares, e a partir das quais se examina os problemas a resolver, os métodos e atitudes, os saberes correspondentes. (ASTOLFI; DEVELAY, 2002, p. 53).

A prática social de referência defendida nesta pesquisa é a de procurar mostrar ao aluno o modo de se fazer ciência, no laboratório escolar, comparado ao que se faz no mundo do cientista.

Pode-se dizer que as atividades experimentais possibilitam a produção do conhecimento, podendo ser desenvolvidas por meio de atividades investigativas, sendo comparadas com o modo real de se fazer ciência. Para Séré (2002, p. 362), "[...] es indispensable 'hacer' y tomar conciencia de lo que se hace, para 'aprender' procedimientos, saber usarlos y llegar así a ser más autónomo en la experimentación."

O processo de ensino-aprendizagem desenvolvido no laboratório pode-se assemelhar ao processo de construção do conhecimento científico, ser aproximado da pesquisa científica, ou seja, pode haver uma certa aproximação daquilo que se faz em aula com o modo de fazer ciência, como afirmam Perez e Paya,

[...] se trata de proceder a un cuidadoso trabajo de traducción de la información a transmitir, en actividades significativas que permitan a los alumnos rechacer en cierto modo - con las necesarias simplificaciones y ayudas - el camino seguido originariamente por los científicos, para producir dichos conocimientos. Se trata pues de plantear problemas a los alumnos que conduzcan a la emisión de hipótesis fundamentadas, invención de diseños experimentales adecuados, etc., todo ello con la ayuda del profesor que juega el papel de 'director de investigaciones'. (PEREZ; PAYA, 1988, p. 74).

Corroborando a idéia de aproximar o ensino-aprendizagem com o processo do trabalho científico, Gil Perez afirma:

La situación actual está, pues, caracterizada por la emergencia de un nuevo paradigma de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, deudor, como hemos mostrado, de muy diversas aportaciones - algunas de ellas inicialmente muy alejadas del interés por introducir la metodología científica en la enseñanza - que están convergiendo en mostrar la necesidad de que el aprendizaje de las ciencias se aproxime a las características del trabajo científico. (PEREZ, 1986, p. 119).

Para Marandino, na interpretação de Axt (1991),

[...] a experimentação contribui para uma melhor qualidade do ensino, principalmente através de situações de confronto entre as hipóteses dos alunos e as evidências experimentais. Ao seu ver, a experimentação pode contribuir para aproximar o Ensino de Ciências das características do trabalho científico, [...]. (MARANDINO, 2003, p. 181-182).

A atividade experimental, aproximada da atividade científica, pode apresentar-se por meio de técnicas de investigação, existindo a possibilidade do desenvolvimento de atitudes.

Segundo Borges,

[...] existem as chamadas técnicas de investigação (MILLAR, 1991); são ferramentas importantes e úteis para qualquer cidadão e relacionam-se com a obtenção de conhecimento e a sua comunicação. (BORGES, 2002, p. 303).

Nessa mesma direção, Astolfi e Develay afirmam que a aproximação destas duas atividades pode possibilitar ao aprendente o desenvolvimento de atitudes e métodos de pensamento que se pareçam com aquelas desenvolvidas no mundo científico.

A função do ensino científico é dupla: dar aos alunos chaves essenciais permitindo-lhes responder a questões científicas e técnicas em sua vida cotidiana, e ao mesmo tempo desenvolver neles atitudes, métodos de pensamento que se aproximem dos que as ciências lançam mão em seu laboratório. (ASTOLFI; DEVELAY, 2002, p. 26).

Segundo Séré, Coelho e Nunes,

Para participar na construção da ciência, o aluno deve apropriar-se de técnicas, 'abordagens' e métodos. Ele deve também ter a possibilidade de debater a validação do experimento e dos resultados experimentais. As palavras importantes são **técnicas, métodos e debates**. (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 40, grifo do autor).

Propor ao aluno atividades e abordagens variadas, aproximando-as da atividade científica, pode desenvolver no aprendente a motivação e o interesse para as atividades experimentais.

Conforme Séré, Coelho e Nunes,

Ao diversificar as atividades e as abordagens, dando-lhes uma conotação mais de acordo com as atividades científicas, cria-se no aluno uma nova motivação e um novo interesse para as atividades experimentais.(SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 41).

A aprendizagem científica não é centrada na simples transmissão de informações, pelo contrário, o aprendente pode progredir em termos de atitudes, de conceitos e de métodos (COELHO et al., 2000). Para Astolfi e Develay (2002, p. 36), "[...] uma verdadeira aprendizagem científica se define, no mínimo, tanto pelas transformações conceituais que produz no indivíduo quanto pelo produto de saber que lhe é dispensado."

Giordan propõe a iniciação dos alunos em atividades científicas,

A iniciação científica [...] poderia ser um fator de autonomia, habituando a criança a resolver seus problemas por si mesma, a remodelar suas representações em função da experiência, a refletir visando a uma ação e uma decisão. (GIORDAN, 1978, p. 59, tradução nossa).

Para Séré, Coelho e Nunes (2003, p. 30), "Sugerem-se diferentes abordagens [...] mostrando-se a importância da exploração de aspectos conceituais e procedurais na atividade experimental que reflitam a atividade científica."

Na atividade científica, por meio das atividades experimentais, o aprendente pode ser preparado para aprender técnicas de investigação, bem como saber tomar decisões.

Conforme Sér , Coelho e Nunes,

Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investiga o, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno   preparado para tomar decisões na investiga o e na discussão dos resultados. (S R ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39).

Por meio da atividade científica, alguns autores sugerem a possibilidade de desenvolvê-la optando por diferentes abordagens, tais como comparar modelos, comparar métodos experimentais e conceber um experimento (S R ; COELHO; NUNES, 2003).

Segundo S r , Coelho e Nunes,

Outra possibilidade   a que remete às atividades de produ o, onde a rela o entre a teoria e o experimento   bastante interessante. O que se aprende de teórico   utilizado de forma diferente da habitual [...].(S R ; COELHO; NUNES, 2003, p. 32).

Na abordagem que conduz a atividades de produ o, ao construírem o material experimental, os alunos explicitam com maior facilidade as suas próprias dificuldades. Para Coelho, Kohl e Bernardo (2002), "As a es de fazer e testar o material incitam o aluno a questionar e investigar os princípios e conceitos envolvidos no experimento."

1.2.3.2 A atividade experimental favorecendo a constru o de elos entre os conceitos, as leis, as teorias, as linguagens e o referencial empírico

Outro papel do experimento seria o de possibilitar a constru o de rela es entre as leis, os conceitos, as teorias, as linguagens e o referencial empírico.

Segundo Sér , Coelho e Nunes,

Graças às atividades experimentais, o aluno   incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das 'linguagens', tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas d o um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. (S R ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39).

S r , Coelho e Nunes, apresentam a importância de três p los considerados na experimenta o, sugerindo, neste sentido, um dos possíveis papéis das atividades experimentais.

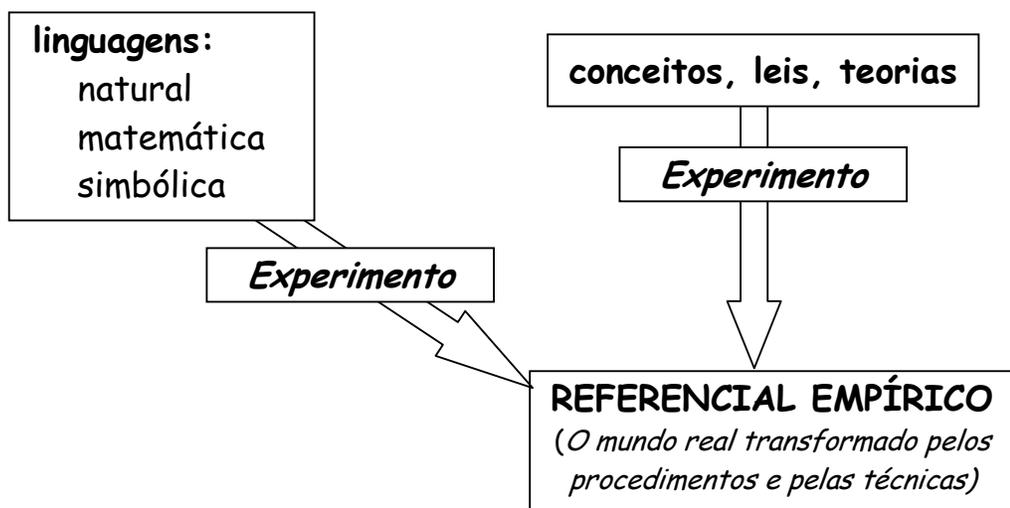


Figura 1 - Esquema representativo dos p los considerados na descri o da experimenta o (S R ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39).

Pode-se dizer que a experimenta o pode ser descrita considerando-se três pólos: o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em física. As atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de rela es entre esses três p los. (S R ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39).

Para S r , Coelho e Nunes (2003, p. 39), "[...] as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas d o um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens."

A atividade experimental pode oferecer condições para que o aluno transforme os seus conceitos e teorias pré-estabelecidas num conjunto de novos conhecimentos.

Pietrocola, ao discutir a importância da Matemática como estruturante da Física e, portanto, da linguagem simbólica, refere-se ao papel das atividades experimentais no ensino de Física,

Para o contexto do ensino de Física, uma modelização matemática precisa incorporar de forma explícita o domínio empírico, ou seja, envolver atividades experimentais. Uma boa atividade modelizadora deveria necessariamente se preocupar com a passagem dos dados brutos contidos numa observação, até uma representação conceitual de um fenômeno enfocado. (PIETROCOLA, 2002, p. 112).

Desenvolver a experimentação com o objetivo de aprimorar não apenas a observação, mas a discussão e a pesquisa, pode fazer com que o aluno tenha condições de evoluir, passando do referencial empírico, do concreto para níveis mais abstratos, envolvendo as linguagens e as teorias.

Halbwachs apresenta a atividade experimental como sendo uma oportunidade ao aluno para realização desta evolução,

Pero en todo caso la función de esta experiencia - real o imaginaria - no es la de establecer o verificar la ley [...]. Tiene la misión de suministrar al alumno un soporte concreto a una relación operatoria fundamental, de hacérsela entender y manejar. (HALBWACHS, 1985, p. 87).

Segundo o mesmo autor,

Para nosotros el papel que juega la experiencia -y las manipulaciones que intervienen en otros temas- no es enseñar al alumno a leer las relaciones matemáticas en una situación real. Más bien sirven para ayudarle a formar y clarificar conceptos 'concretos', es decir, que corresponden a clases de objetos o fenómenos con los cuales la observación (sobre todo cualitativa) y la práctica manipulatoria lo ponen directamente en contacto, y para formar mentalmente las relaciones operatorias que unem estos conceptos, tal como sugieren las relaciones causales que unem estos fenómenos. (HALBWACHS, 1985, p. 88).

Pode-se dizer que, ao desenvolver uma atividade experimental, há possibilidade do aluno construir e desenvolver conceitos. Para isso, faz-se necessário modificar alguns, enriquecer e, às vezes, aprender outros.

Nesse sentido, para Lopes,

La actividad experimental, en la medida en que permite una acción del sujeto sobre un referente empírico, posibilita que su campo conceptual se estructure y enriquezca, en particular en terminos de modelos de utilización de los conceptos. (LOPES, 2002, p. 116).

1.3 Fundamentos físicos e características metrológicas da balança analítica

1.3.1 A balança analítica

A balança, como qualquer outro instrumento científico, é complexa. Sabe-se que há conceitos e princípios físicos que intervêm na sua construção e funcionamento. Nesta pesquisa, abordam-se alguns aspectos de ordem metrológica e de conceitos físicos subjacentes no funcionamento da balança.

Atualmente, existem inúmeros tipos de balança. Nesta pesquisa, destaca-se um tipo de balança de precisão, também chamada de balança analítica de um prato. Esta balança caracteriza-se por permitir a medição de pequenas massas.

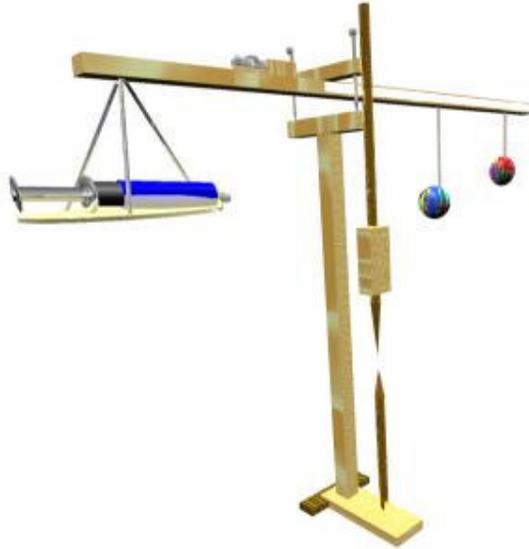


Figura 2 - Protótipo da balança analítica utilizada nesta pesquisa

A balança analítica de um prato utilizada nesta pesquisa foi construída com um padrão de massa que permite a medição, no máximo, de dois gramas, e, no mínimo, de massas da ordem de centésimos de grama.

Ela é constituída por um travessão, barra móvel, o qual é apoiado por meio de um sistema de alfinetes (correspondente ao cutelo de uma balança comercial) sobre a base da balança. No sistema com alfinetes há um componente fixo chamado de fiel (sistema constituído de um palito e uma rolha). Em relação ao sistema de alfinetes, a balança apresenta dois braços de comprimentos desiguais.

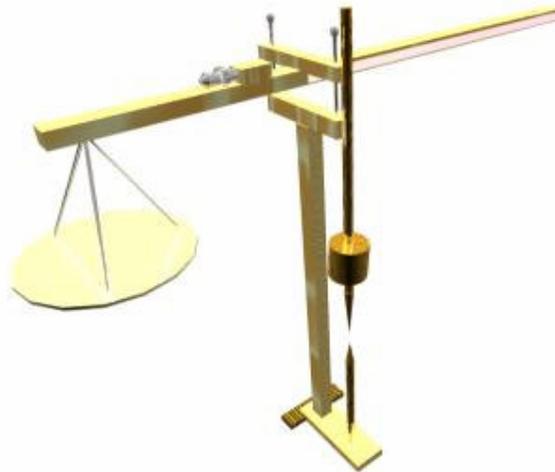


Figura 3 – Representação do cutelo, sistema com alfinetes, e do fiel, sistema palito e rolha

Em uma das extremidades, no travessão, está suspenso um prato que conterà o objeto cuja massa pretende-se medir. No lado oposto, suspende-se um padrão de massa para obter-se o equilíbrio da balança.

1.3.2 A Física da balança

Destacam-se, a seguir, alguns conceitos físicos implícitos na construção e funcionamento da balança, entre eles, centro de gravidade, momento de uma força e tipos de equilíbrio. Também algumas qualidades da balança, entre elas, fidelidade e sensibilidade.

1.3.2.1 Centro de gravidade

Sabe-se que cada partícula constituinte de um corpo é atraída pela Terra com uma força igual ao peso da partícula. A resultante de todas estas forças parciais é o

peso do objeto. O ponto onde se supõe aplicada esta força é denominado centro de gravidade. Um objeto de forma regular e homogêneo tem o centro de gravidade coincidindo com o seu centro geométrico.

Caso o objeto seja irregular, o centro de gravidade pode localizar-se fora do objeto. Da mesma forma, pode ocorrer para um objeto não homogêneo como, por exemplo, um pneu de automóvel. Neste caso, o centro de gravidade deste pneu se localiza fora da parte maciça do objeto.

1.3.2.1.1 Procedimentos para encontrar o centro de gravidade de recortes⁵ geométricos e de objetos

Existem vários procedimentos para determinar o centro de gravidade de recortes geométricos e de objetos, entre eles:

- traçados geométricos;
- suspensão vertical;
- apoio sobre um suporte.

O centro de gravidade de um objeto de forma regular e homogêneo, em que existe simetria, coincide com o seu centro geométrico. Se o objeto tiver, por exemplo, a forma de um paralelepípedo, é possível encontrar o centro geométrico traçando as diagonais do mesmo. No ponto de intersecção destas diagonais, está o centro de gravidade.

Da mesma forma pode-se proceder para um recorte de forma retangular, por exemplo.

⁵ Sabe-se que um recorte é um sólido. Nesta pesquisa, despreza-se a espessura do recorte o que justifica os termos recorte e objeto.

No caso de um triângulo, pode-se traçar as medianas do mesmo e o ponto de intersecção destas medianas, baricentro do triângulo, corresponde à posição do centro de gravidade.

Caso o recorte geométrico tenha uma forma irregular, existe a possibilidade de encontrar o centro de gravidade deste recorte suspendendo-o em um suporte com um fio de prumo. Traça-se, sobre o recorte, um segmento de reta segundo a vertical a partir do ponto de suspensão. Sabe-se que o centro de gravidade está em um ponto deste segmento de reta ou da reta suporte. Para determinar este ponto, basta suspender o recorte por outro ponto qualquer e traçar novamente um segmento de reta segundo a vertical. A intersecção dos segmentos ou das retas suportes indicará a posição do centro de gravidade.

Por este procedimento, também é possível observar que o centro de gravidade de um objeto pode localizar-se fora dele.

Também existe a possibilidade de encontrar o centro de gravidade de um recorte geométrico regular ou irregular ou de um objeto homogêneo ou não homogêneo apoiando o mesmo sobre um suporte, procurando a posição em que o mesmo permanece em equilíbrio. Por exemplo, pode-se fixar um prego sobre uma superfície e apoiar um objeto sobre o prego de forma que permaneça em equilíbrio. Ao traçar um segmento de reta vertical partindo desta posição de apoio, sabe-se que o centro de gravidade encontra-se em algum ponto deste segmento de reta. Pode acontecer que o centro de gravidade esteja fora do objeto e, neste caso, não é possível determiná-lo apoiando-o sobre o suporte.

1.3.2.2 Momento de uma força

A condição de equilíbrio de uma partícula, $\sum \vec{F}=0$, não é suficiente para o caso de um corpo rígido. Assim, por exemplo, um corpo sujeito à ação de duas forças de mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos, mas cujas linhas de ação não coincidem, ou seja, sujeito um binário, não está em equilíbrio, embora a condição de equilíbrio de translação seja satisfeita. Quando um binário é aplicado constantemente a um corpo, o movimento de rotação que o corpo adquire não é uniforme, sua velocidade angular varia continuamente. Para um corpo rígido estar em equilíbrio de rotação, ele deve não estar girando ou, então, girando com velocidade angular constante. Qual a condição para que haja equilíbrio de rotação? Para estabelecer esta condição surge a necessidade de um novo conceito, o conceito de torque ou momento de uma força.

A tendência de uma força a causar rotação depende da linha ao longo da qual ela atua, bem como de sua intensidade. Pode-se dizer que o momento da força \vec{F} em relação ao eixo de rotação O (figura 4) é um vetor cujo módulo é dado por $\tau = F \cdot d$, sendo “d” a distância perpendicular do eixo à linha de ação da força \vec{F} , chamada de braço de alavanca da força em relação ao eixo O .

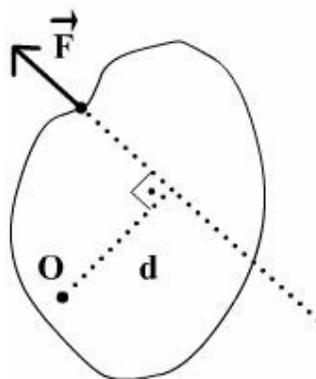


Figura 4 – Representação do momento da força em relação ao eixo de rotação

Considerando \vec{F} a força aplicada a um corpo rígido no ponto P, cuja posição relativa ao eixo de rotação é dada pelo vetor posição \vec{r} (figura 5), pode-se representar o torque pelo produto vetorial $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$.

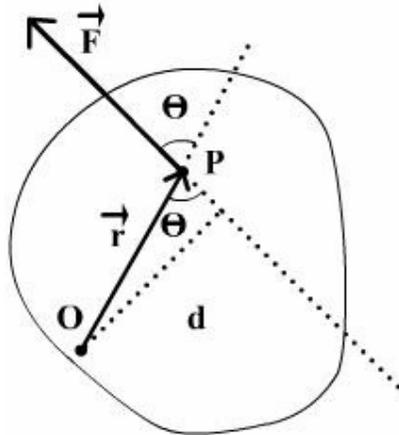


Figura 5 – Representação da força aplicada a um ponto P e o vetor posição \vec{r}

O módulo do torque é dado por $\tau = rF \sin \theta$ ou $\tau = Fd$, onde d é o braço de alavanca da força em relação ao eixo O.

O torque é um vetor perpendicular ao plano que contém \vec{F} e \vec{r} e seu sentido é dado pela regra da mão direita. Considera-se o torque positivo se tende a girar o corpo no sentido anti-horário e negativo se tende a girar o corpo no sentido horário. Para um corpo rígido, o equilíbrio de translação é garantido pela condição $\sum \vec{F} = 0$, enquanto a condição que assegura o equilíbrio de rotação é que a soma dos torques de todas as forças que atuam sobre um corpo, em relação a um eixo deve ser zero $\sum \vec{\tau} = 0$. Estas condições serão examinadas em 1.3.2.3, no caso específico do equilíbrio da balança.

1.3.2.3 Equilíbrio da balança

Nesta pesquisa, como se mencionou anteriormente, considerou-se uma balança analítica constituída por apenas um prato em uma das extremidades do braço. Na outra extremidade, suspende-se um padrão de massa que pode ser deslocado.

Na figura abaixo representa-se a balança esquematicamente e as forças que atuam sobre o sistema móvel.

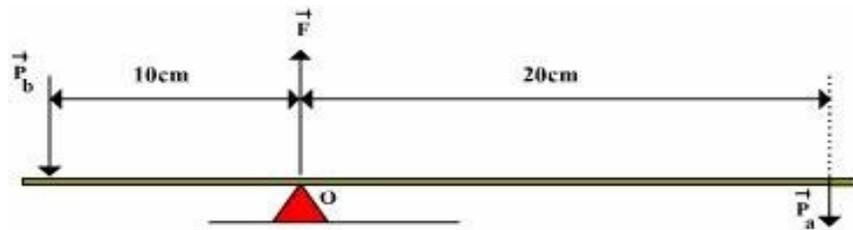


Figura 6 – Representação esquemática da balança e as forças que atuam sobre o sistema móvel

A soma das três forças adicionais que agem sobre o sistema móvel da balança é zero.

$$\vec{P}_B + \vec{P}_A + \vec{F} = 0$$

Mas, para que ela fique em equilíbrio, a soma dos seus torques também deve ser zero. A força \vec{F} surge porque o sistema móvel da balança pressiona o ponto de apoio O, que, por sua vez, empurra o sistema móvel da balança para cima.

Para que haja o equilíbrio, a primeira condição é que a resultante das forças sobre a parte móvel da balança, o peso do objeto que está no prato e o peso do padrão e a reação do apoio deve ser igual a zero. A segunda condição diz respeito ao torque resultante sobre o travessão da balança que também deve ser nulo, ou seja, a soma vetorial de todos os torques que atuam sobre o corpo deve ser igual a zero.

A posição do centro de gravidade em relação ao ponto de suspensão ou apoio do objeto interfere nos tipos de equilíbrio e nas qualidades da balança.

Para obter-se o equilíbrio de uma balança livre de massas, existe o ajuste zero. No caso desta pesquisa, de uma balança analítica de um prato, utilizou-se um pequeno pedaço de madeira com um parafuso e uma porca.

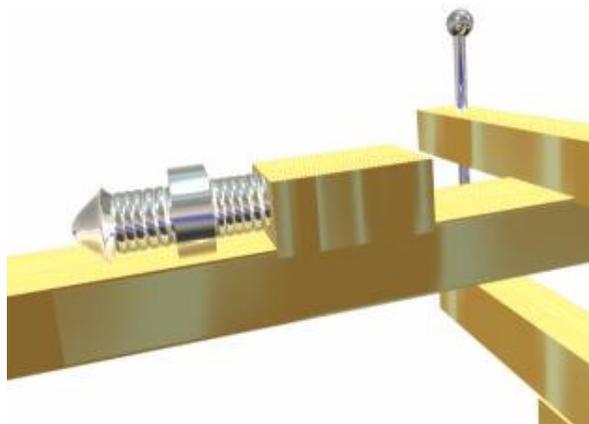


Figura 7– Representação do ajuste zero: um pequeno pedaço de madeira com um parafuso e uma porca

Ao movimentar a porca do parafuso, existe o deslocamento de massa que vai alterar a localização do centro de gravidade da balança.

1.3.2.3.1 Tipos de equilíbrio

Movimentando-se e soltando-se o objeto da posição de equilíbrio, observa-se que este tende a retornar à posição inicial. Esta situação caracteriza um equilíbrio *estável*. No equilíbrio estável, o centro de gravidade está abaixo do ponto de suspensão.

Entretanto, se o centro de gravidade de um objeto se localiza acima do ponto de suspensão, o equilíbrio é *instável*. Movimentando-se e soltando-se o objeto da

posição de equilíbrio, observa-se que ele tende a se afastar desta posição de equilíbrio. Esta situação caracteriza um equilíbrio instável.

Se o ponto de suspensão coincidir com o centro de gravidade do objeto, o equilíbrio será *indiferente*. Isto ocorre porque o peso não produzirá momento em relação ao ponto de suspensão.

1.3.2.4 Qualidades da balança

Para que uma balança possa fornecer a medida das massas, com certa confiabilidade, esta necessita apresentar determinadas qualidades, tais como:

- a) sensibilidade;
- b) fidelidade.

Sabe-se que o centro de gravidade vai interferir nas qualidades da balança. No caso da balança em estudo, o fiel é constituído por um palito de churrasco com uma rolha. A posição da rolha pode alterar a posição do centro de gravidade da balança e, com isso, alterar a sua sensibilidade.

Quanto à sensibilidade, pode-se dizer que esta qualidade da balança se caracteriza pela acusação de pequenas diferenças de massa, ou seja, quanto mais facilmente a balança detecta pequenas variações de massa que ela mede, mais sensível ela é. A sensibilidade de uma balança é determinada pelo quociente entre o acréscimo do deslocamento do fiel e o acréscimo da massa. Segundo o Vocabulaire International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie (1984, p. 26, tradução nossa), é o “Quociente do aumento da resposta de um instrumento de medida pelo aumento correspondente do sinal de entrada”.

A posição do centro de gravidade em relação ao ponto de suspensão afeta a sensibilidade da balança. Quanto menor for a distância entre o ponto de suspensão e o centro de gravidade, mais sensível é a balança e maior é o deslocamento da parte móvel para uma mesma sobrecarga.

Uma balança necessita ter fidelidade na medição das massas. Segundo o *Vocabulaire International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie* (1984, p. 28, tradução nossa), esta é a qualidade caracterizada pela tendência da balança “acusar resultados muito próximos para repetidas medições de massas de um mesmo corpo.”

2 METODOLOGIA

2.1 Pesquisa-ação

A pesquisa aqui referenciada como forma de investigação é do tipo pesquisa-ação, pois o seu desenvolvimento possibilitou que o pesquisador pudesse realizar uma reflexão sobre a prática docente no seu dia-a-dia.

A reflexão aconteceu durante vários encontros em entrevistas e oficinas, por meio de um diálogo constante, na busca de algo novo, um diálogo envolvendo o saber/fazer, o dizer e o refletir sobre as ações dos alunos, suas concepções prévias, suas estratégias de ação, seus procedimentos, suas atitudes e seus questionamentos, com a finalidade de descobrir como uma atividade experimental de produção e aplicação de um objeto técnico, a balança analítica, que reflete uma atividade científica, pode favorecer a construção do conhecimento.

A pesquisa com essa metodologia, pesquisa-ação, desenvolveu-se por meio de uma ação com características integradoras entre o pesquisador e os alunos durante as entrevistas e oficinas, tendo o papel do pesquisador a função de intervenção constante e de interpretação das expressões dos alunos participantes, para dar continuidade à investigação.

Segundo Pernigotti,

A pesquisa-ação pressupõe uma intervenção essencialmente participativa, na qual os sujeitos determinam o rumo do trabalho, cabendo ao pesquisador interpretar as manifestações do grupo para dar andamento à investigação. (PERNIGOTTI, 1993, p. 36).

Neste contexto, os alunos pesquisados não são apenas expectadores, mas os atores principais de uma ação que envolve a educação; por isso, a importância do pesquisador inserir o aluno pesquisado no processo como participante da pesquisa. Os pesquisados não são vistos como objetos de experiências, mas como pessoas ativas dentro do processo da pesquisa, pois o pesquisador procura vê-los como alguém que tenha algo a falar e a executar.

Essa afirmação é corroborada por Thiollent:

Na pesquisa-ação os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas. Sem dúvida, a pesquisa-ação exige uma estrutura de relação entre pesquisadores e pessoas da situação investigada que seja do tipo participativo. (THIOLLENT, 1986, p. 15).

Dessa forma, pode-se dizer que a pesquisa-ação é constituída da ação e da participação e, por meio dela, pode-se produzir conhecimento, desenvolver habilidades e participar ativamente na discussão das situações que emergem durante a pesquisa.

Pode-se fazer uma reflexão sobre a importância da metodologia utilizada na pesquisa, nesse caso, pesquisa-ação.

Segundo Thiollent,

Como estratégia de pesquisa, a pesquisa-ação pode ser vista como modo de conceber e de organizar uma pesquisa social de finalidade prática e que esteja de acordo com as exigências próprias de ação e da participação dos atores da situação observada. Neste processo, a metodologia desempenha um papel de 'bússola' na atividade dos pesquisadores, esclarecendo cada uma das suas decisões por meio de alguns princípios de cientificidade. (THIOLLENT, 1986, p. 26).

Observa-se que o autor acima valoriza a importância do papel da metodologia como controladora das técnicas de ação frente à pesquisa, norteando o pesquisador nesse processo.

Para realizar a coleta de dados desta pesquisa, fez-se uso de duas fases de procedimentos: entrevistas e oficinas. As fases mencionadas não são estanques, pelo contrário, são moldadas conforme a realidade que se apresenta. Com isso, pode-se dizer que é necessário haver a flexibilização dos planejamentos, das estratégias de organização, tanto das entrevistas quanto das oficinas.

Tanto as entrevistas quanto as oficinas foram caracterizadas pela pesquisa-ação porque esta metodologia visa a concretização da mudança e possibilita a criação de conceitos teóricos em união com a pedagogia colocada em prática.

Segundo L. Sprenger-Charolles et al., a pesquisa-ação

[...] conduz a um encaminhamento em seis etapas principais podendo funcionar linearmente, ou em interação:

- a identificação e a formulação do problema;*
- a análise teórica do problema e a compilação dos primeiros dados objetivos;*
- a formulação de hipóteses de ação pedagógica ou de proposições de intervenção;*
- o teste das proposições;*
- o ajustamento das intervenções se for necessário;*
- a avaliação dos resultados. (L. SPRENGER-CHAROLLES et al. apud ASTOLFI; DEVELAY, 2002, p.129).*

Para alcançar o objetivo dessa pesquisa, optou-se pela modalidade pesquisa-ação, por considerá-la a estratégia mais adequada para atingir os objetivos propostos. Pernigotti (1993, p. 38) afirma que a pesquisa-ação "[...] é uma proposta para melhorar a educação mediante sua transformação e aprender a partir das conseqüências das mudanças [...]."

2.2 Coleta de dados

2.2.1 População

A coleta de dados realizou-se em duas fases, em turno inverso ao das aulas, com a participação de alunos entre quatorze e dezesseis anos do Colégio Santa Teresinha, na cidade de Taquara.

Na primeira fase, entrevistas exploratórias, participaram sete alunos da primeira série do Ensino Médio. Na segunda fase, oficinas, participaram, em média, oito alunos da segunda série do Ensino Médio, diferentes dos alunos participantes das entrevistas. Tanto os alunos da fase de entrevistas exploratórias quanto os das oficinas não tiveram contato, na escola, com o conteúdo trabalhado. Os conteúdos envolvidos não fazem parte da grade curricular da escola.

2.2.2 Experimentos

2.2.2.1 Escolha dos experimentos

A pesquisa que se apresenta é realizada com diversos experimentos baseados nos roteiros e protótipos⁶ dos Projetos RIPE e IPE (exemplo de roteiro no Anexo I), sendo o experimento principal o da construção e exploração da balança analítica.

Nesta investigação, procurou-se estudar os conceitos que envolvem tanto os experimentos que serão desenvolvidos para construir o objeto técnico, a balança analítica, como os que estão implícitos na construção da balança e sua aplicação e construir e testar os experimentos que serão desenvolvidos pelos alunos durante a investigação.

A balança analítica está impregnada de conceitos e teorias que estão implícitas na sua concepção e no seu funcionamento. Procurou-se desenvolver alguns experimentos que antecedem o da construção e aplicação da balança, contemplando tais conceitos e teorias subjacentes.

Inicialmente, foi feito um estudo de roteiros desses experimentos, realizando-se a transposição para as situações de entrevistas e oficinas, e selecionaram-se os experimentos cujos roteiros tinham os seguintes títulos:

- a) Centro de Gravidade;
- b) Momento de uma Força;
- c) Balança T;
- d) Balança Analítica;
- e) Aplicações da Balança Analítica.

⁶ Protótipos são os dispositivos experimentais.

Realizou-se o estudo didático desses experimentos que pressupõem os conceitos e aspectos teóricos essenciais para a compreensão e funcionamento da balança analítica. Foram construídos os protótipos relativos aos experimentos, exceto aquele relativo ao estudo do momento de uma força⁷, para haver a possibilidade de utilizá-los com segurança como suporte experimental nas entrevistas e, posteriormente, nas oficinas.

Em relação ao experimento Centro de Gravidade, pode-se dizer que a análise do mesmo é fundamental para o entendimento do funcionamento de uma balança. Ele possibilita o estudo conceitual dos tipos de equilíbrio, relacionando-os com a posição do centro de gravidade em relação ao ponto de suspensão.

O experimento Momento de uma Força favorece a elaboração e compreensão do conceito de torque, auxiliando o aluno no entendimento das condições de equilíbrio da balança.

A Balança T é um experimento que oferece aos alunos subsídios para compreenderem a sensibilidade de uma balança.

2.2.2.2 Descrição dos dispositivos experimentais

Apresenta-se a descrição dos protótipos que fazem parte de cada atividade experimental que foi proposta.

Para a atividade experimental Centro de Gravidade, construíram-se dois protótipos utilizando massinha de modelar, prego, agulha e fio de linha.

⁷ Foi utilizado um modelo pronto cedido pela Prof^a. Dr^a. Suzana Coelho, da Faculdade de Física da PUCRS.

O primeiro deles é um suporte de prego, constituído por um prego fixo em massinha de modelar, onde podem ser apoiados recortes de papel com diferentes formas geométricas.



Figura 8 - Representação de um recorte geométrico apoiado sobre o suporte com o prego

O segundo é um suporte com fio de prumo. O dispositivo é constituído por um suporte vertical que pode ser um lápis de escrever fixo à massa de modelar. Nesse suporte, fixa-se uma agulha com fio de linha e, na ponta desse fio, coloca-se massinha de modelar para ele ficar espichado.



Figura 9 – Representação de um recorte geométrico suspenso pelo suporte com fio de prumo

Na atividade Momento de uma Força, utilizou-se um protótipo pronto constituído por um disco de PVC com diversos parafusos fixos para suspender arruelas de metal de mesma massa.



Figura 10 – Representação do protótipo do disco de PVC

A atividade Balança T é um dispositivo construído à base de papel cartão, em formato de um T. Determina-se o seu centro de gravidade e são marcados quatro furos: um no centro de gravidade, dois acima e outro abaixo deste centro. Para suspendê-la, utilizou-se o mesmo suporte para o fio de prumo.



Figura 11 – Representação da balança T suspensa pelo fio de prumo

Para a construção da Balança Analítica, utilizaram-se ripas de madeira balsa, cola, rolha, palito de churrasco, papel milimetrado, alfinetes, parafuso com porca, fios de linha e papel cartão.

A balança analítica é constituída de uma base na qual é fixada uma haste vertical. Sobre esta haste, fica suspenso um travessão chamado de braço da balança. Neste braço é fixado um palito com rolha, é colocado um parafuso com porca e é suspenso, em uma de suas extremidades, o prato da balança.



Figura 12 – Representação do protótipo da balança analítica concluída

2.2.3 Entrevistas semi-abertas

A fase exploratória ocorreu com a realização de entrevistas semi-abertas coletivas, tendo aproximadamente uma hora e trinta minutos de duração.

Essas entrevistas diferem das oficinas em diversos aspectos, entre eles, o número de alunos participantes e o diálogo centralizado entre o pesquisador e o pequeno número de alunos.

Durante as entrevistas, cada grupo de alunos construiu os protótipos (exceto a relativa ao estudo do momento de uma força), desenvolveu os experimentos e fez

anotações das suas observações, resultados e discussões. Também o pesquisador fez anotações das suas observações, registrou com fotografias momentos importantes e gravou as discussões dos alunos bem como os diálogos que aconteceram entre professor, neste caso, o pesquisador, e alunos.

As entrevistas desenvolveram-se em grupos para favorecer a interação, a confrontação de idéias, a reflexão, através da discussão que se originou durante o processo.

Inicialmente, realizou-se uma entrevista, em dois encontros, com três alunos, a qual serviu de base para o planejamento das demais entrevistas. Posteriormente, duas entrevistas com quatro alunos e seis entrevistas com cinco alunos, após ter sido feita a análise das anteriores.

TÍTULO DA ENTREVISTA	Nº ALUNOS	QUANDO	TEMPO DE DURAÇÃO	NOME DOS ALUNOS
Centro de Gravidade	03	11 e 18/06/2002	1h15min e 1h15min	Bruna(B), Gabriela(G), Marcela(MR)
	02	06/11/2002	1h45min	Mateus(M), Denise(DA)
	02	19/11/2002	1h55min	Diego(D), Caroline(C)
Momento de uma Força e Balança T	02	28/03/2003	2h05min	Diego(D), Denise(A)
	03	04/04/2003	1h32min	Bruna(B), Gabriela(G), Marcela(MR)
Balança Analítica	03	11/04/2003	1h40min	Bruna(B), Gabriela(G), Marcela(MR)
	02	25/04/2003	1h37min	Diego(D), Denise(DA)
Aplicações da Balança Analítica	02	29/04/2003	2h04min	Diego(D), Denise(DA)
	03	30/04/2003	2h	Bruna(B), Gabriela(G), Marcela(MR)

QUADRO I - Quadro representativo da organização das entrevistas

2.2.3.1 Exemplos de tarefas propostas e de questões formuladas nas entrevistas

A seguir, apresenta-se a descrição das tarefas propostas e exemplos de questões que foram formuladas em duas entrevistas.

2.2.3.1.1 Entrevista Centro de Gravidade

Ao iniciar cada entrevista, foram deixados à disposição dos entrevistados diversos materiais, entre eles, pregos, massinhas de modelar, compasso, régua, lápis, canetas, borrachas, tesouras, agulhas, moedas, fitas adesivas, papel milimetrado, papel cartão, transferidor e alfinetes.

Tarefa 1: Pediu-se para os alunos construírem, sem modelo, um suporte de prego. A idéia era que colocassem um prego sobre uma base feita com massinha de modelar. Logo após, foi solicitado que fizessem alguns desenhos de figuras geométricas conhecidas e que as recortassem. A idéia foi de deixá-los equilibrar os recortes sobre esse suporte com prego e investigar em que lugar os mesmos se mantêm em equilíbrio (figura 8, p. 79).

Exemplos de questões formuladas pelo pesquisador antes da realização do experimento pelo aluno:

- 1) Quando é que vocês acham que um corpo está em equilíbrio?
- 2) Se vocês colocarem os recortes sobre o suporte de prego, em que lugar vocês deverão apoiá-los para que fiquem em equilíbrio?

Exemplo de questão formulada pelo pesquisador após a realização do experimento pelo aluno:

- O que vocês observaram?

Tarefa 2: Inicialmente, por meio de um modelo, foi pedido aos alunos construírem um suporte com fio de prumo. O objetivo era fazer dois furos distintos em cada recorte. Esses furos serviram para suspender os recortes nesse suporte. Ao suspender o recorte, foi solicitado que traçassem uma linha vertical conforme o fio de prumo (figura 9, p. 79).

Exemplos de questões:

1) O que vocês observaram?

2) Qual a semelhança dos resultados encontrados nas duas situações?

(equilíbrio sobre o suporte com prego e no suporte com fio de prumo)

Tarefa 3: Solicitou-se para os alunos desenharem em papel e recortarem uma figura geométrica com qualquer forma. A idéia foi de deixá-los investigar a posição do centro de gravidade dessa figura, utilizando os conceitos e conhecimentos vistos até o momento.

Exemplo de questão:

- Em que lugar do recorte vocês acham que vai ocorrer o equilíbrio quando ele estiver sobre o suporte de prego?

Tarefa 4: Pediu-se para os alunos desenharem e recortarem quatro retângulos do mesmo tamanho, sendo que dois deles fossem vazados e colados conforme a figura 13.

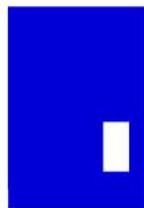


Figura 13 - Modelo de um retângulo vazado

Também solicitou-se para os aprendentes colarem uma moeda entre um retângulo inteiro e um retângulo vazado de tal forma que pareça um sanduíche conforme a figura 14. A idéia foi que tentassem localizar o CG comparando os resultados, considerando situações em que os recortes apresentam distribuição de massa não homogênea.

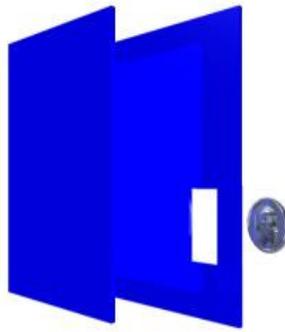


Figura 14 - Modelo do sanduíche com a moeda

Exemplo de questão de previsão:

- Vamos tentar achar o centro de gravidade do retângulo vazado com a moeda.

Como é que vocês podem achar o CG deste retângulo vazado?

Exemplos de questões durante e após o desenvolvimento da tarefa:

1) O que vocês podem dizer sobre o centro de gravidade desses recortes?

2) Compare a localização do centro de gravidade no recorte retangular inteiro com o recorte vazado contendo a moeda. Como se explica essa diferença?

2.2.3.1.2 Entrevista Momento de uma Força e Balança T

Para esta entrevista foram deixados sobre uma mesa todos os materiais listados anteriormente e acrescidos o disco de PVC e as arruelas.

Tarefa 1: Ofereceu-se aos alunos um dispositivo constituído de suporte com um disco de PVC conforme a figura 10 (p. 80), visando o estudo do momento de uma força. A idéia do trabalho foi investigar com os alunos as possibilidades de obter-se o equilíbrio do disco colocando as arruelas em diversas posições.

Exemplos de questões formuladas pelo pesquisador antes da realização do experimento pelos alunos:

1) Colocando uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo, onde podemos colocar outra ou outras arruelas para que o disco não gire?

2) Será que há outras maneiras de suspender as arruelas para que o disco não gire?

Exemplos de questões durante e após a realização do experimento:

1) Coloque duas arruelas num dos suportes mais distantes do centro. O que aconteceu?

2) Como podemos proceder para o disco não girar com essas duas arruelas?

3) Esta é a única possibilidade do disco não girar?

4) O que faz o disco girar?

Tarefa 2: Apresentou-se aos alunos o modelo da "Balança T" conforme a figura 11 (p. 80). Solicitou-se que a construíssem com papel cartão, baseando-se no modelo apresentado. Ao terminarem de construí-la, pediu-se que descobrissem o seu centro de gravidade e a suspendessem, em um suporte, por pontos que estavam acima e abaixo deste centro de gravidade. A idéia do trabalho foi possibilitar aos alunos a investigação de como a distância entre o centro de gravidade e o ponto de suspensão afeta o funcionamento da balança (sensibilidade da balança).

Exemplos de questões:

1) Se vocês fossem fazer uma balança, em qual ponto a suspenderiam?

2) Qual é a diferença entre suspender a balança no ponto 1 e no ponto 2?

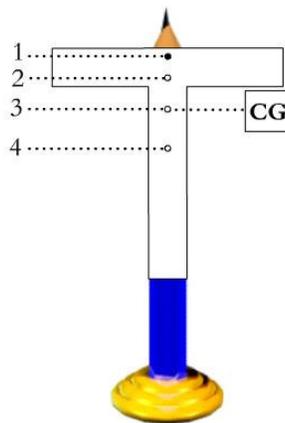


Figura 15 – Representação da balança T suspensa pelo ponto (furo) 1

Tarefa 3: Foi pedido para fazerem um pequeno retângulo e colocá-lo em uma das extremidades da balança suspensa.



Figura 16 – Representação do modelo de uma balança T com um retângulo em uma de suas extremidades

Exemplo de questão:

- Em que pontos seria melhor suspender a balança T? Por quê?

2.2.4 O papel das entrevistas exploratórias na organização das oficinas

As entrevistas tiveram caráter exploratório. Após a realização da primeira, houve uma análise, efetuando-se possíveis reformulações da mesma, para ser então realizada novamente. As entrevistas fizeram-se necessárias para uma análise

preliminar dos questionamentos dos pesquisados e do pesquisador, bem como das concepções prévias, dos procedimentos, das estratégias e das atitudes de investigação dos pesquisados, análise esta fundamental para a organização das oficinas.

Dessa forma, salienta-se que houve a elaboração de um planejamento para cada entrevista e oficina, apenas para o pesquisador nortear-se durante a realização das mesmas; mas esse planejamento era flexível para ser adaptado à realidade que se apresentava em cada encontro.

Devido à flexibilização, fatos importantes apareceram durante a análise das entrevistas e oficinas, havendo evolução de uma entrevista para a outra e de uma entrevista para a oficina.

Por meio das análises, houve a compreensão, por parte do pesquisador, das possíveis falhas e alterações que precisaram ser realizadas, permitindo, assim, o planejamento da próxima entrevista e o aprofundamento do estudo das teorias que envolveram os experimentos e do referencial teórico da pesquisa.

Após a realização das primeiras entrevistas, observou-se a importância da escuta e de deixar o aluno participar mais ativamente com suas idéias. Observou-se também que as questões estavam muito direcionadas e que poderiam induzir algumas respostas. Por isso, a cada entrevista que aconteceu, procurou-se escutar mais o aluno e não dirigir tanto as perguntas e tarefas, dando a ele a oportunidade para criar, sugerir e aprofundar suas idéias. Além disso, alterou-se a seqüência de algumas situações e perguntas, para permitir maior questionamento e atitudes investigativas por parte do aluno.

As entrevistas continuavam sendo aplicadas com as mudanças discutidas e, após a sua aplicação, eram novamente analisadas para então desenvolver o planejamento da oficina pertinente a essas entrevistas.

Ao concluir todas as entrevistas, ficou clara a idéia da importância da escuta ao aluno e da abertura necessária para ele participar mais livremente das discussões e explorar suas idéias. Mesmo deixando o aluno mais livre no decorrer das entrevistas, após realizá-las, observou-se que o pesquisador poderia direcionar menos as questões, por isso, o planejamento de cada oficina foi ainda reformulado e procurou-se organizá-las de tal forma que o aluno pudesse ter a oportunidade de intervir, de mediar, de interagir, de confrontar, de dialogar, dar sugestões e colocar em prática suas idéias. Também foram feitas alterações que permitiram aos alunos desenvolver uma atitude questionadora e investigativa mais aprofundada.

2.2.5 Oficinas

Foram realizadas quatro oficinas de aproximadamente duas horas cada uma, no turno inverso ao das aulas, conforme o quadro abaixo.

TÍTULO DA OFICINA	Nº ALUNOS	QUANDO	TEMPO DE DURAÇÃO	NOME DOS ALUNOS
Centro de Gravidade	09	30/05/2003	2h20min	Bruna(BR), Daniela(DA), Tábata(T), Natália(N), Fernanda(F), Renata(RE), Michele(MI), Mateus(MA), Rafael(RA).
Momento de uma Força e Balança T	07	06/06/2003	2h20min	Bruna(BR), Tábata(T), Natália(N), Fernanda(F), Renata(RE), Iana(I), Mateus(MA).
Balança Analítica	08	13/06/2003	2h25min	Bruna(BR), Daniela(DA), Tábata(T), Natália(N), Fernanda(F), Renata(RE), Iana(I), Rafael(RA).
Aplicações da Balança Analítica	07	27/06/2003	2h10min	Bruna(BR), Daniela(DA), Tábata(T), Natália(N), Rafael (RA), Fernanda(F), Renata(RE).

QUADRO II - Quadro representativo da organização das oficinas

Optou-se pelas oficinas, bem como por um número reduzido de alunos participantes, porque se considerou que esse tipo de situação aproxima o contexto dessa pesquisa ao da realidade de sala de aula. Escolheu-se esse número de alunos para que haja a possibilidade de análise e observação, uma vez que um número maior dificultaria esse procedimento e poderia interferir no processo da coleta de dados.

Durante o desenvolvimento das oficinas, as técnicas adotadas para a coleta de dados foram semelhantes às das entrevistas. O que alterou foi a disposição dos alunos, ora em grupos pequenos, ora em grande grupo, houve uma maior confrontação de idéias, o pesquisador participou mais como um agente mediador e instigador de situações-problema, a elaboração de hipóteses foi mais acentuada, os pesquisados participaram mais ativamente como atores do processo.

No final de cada oficina, os alunos faziam um pequeno relato ou respondiam a algumas perguntas pertinentes à atividade desenvolvida.

2.2.5.1 Descrição de tarefas propostas, das etapas e exemplos de questões formuladas nas oficinas

Ao iniciar cada oficina, deixou-se à disposição dos pesquisados diversos materiais, entre eles, livros, pregos, massinhas de modelar, compasso, régua, lápis, canetas, borrachas, fios de linha, fios de cobre, tesouras, agulhas, moedas, madeiras, fitas adesivas, papel milimetrado, papel cartão, transferidor, alfinetes, estiletes, rolhas, parafusos com porcas, seringa descartável sem agulha e copo.

Durante a realização de cada oficina, as tarefas foram desenvolvidas em pequenos grupos em alguns momentos e, em outros, em grande grupo.

A seguir, apresenta-se a descrição das tarefas, das etapas e exemplos de questões que foram formuladas em duas oficinas, Balança Analítica e Aplicações da Balança Analítica.

2.2.5.1.1 Oficina Balança Analítica

Para a realização desta oficina, apresentou-se aos alunos um modelo da balança analítica construído pelo pesquisador (figura 2, p. 63).

Tarefa 1: No grande grupo.

Quando chegaram à sala, pediu-se para os alunos relatarem rapidamente o que fora feito no encontro anterior e suas conclusões.

Ao terminar esse diálogo, apresentou-se um modelo da "Balança Analítica" para cada grupo de alunos. Fez-se isso para que eles tivessem uma idéia do que e de como seria construída e também para que pudessem tocá-la, investigá-la e discutir situações preliminares, ou seja, pudessem familiarizar-se com ela.

Tarefa 2: Nos pequenos grupos.

Durante a construção da balança, passou-se pelos grupos para investigar e questionar os seus procedimentos.

Para construírem o ponteiro, palito de churrasco com a rolha, e o prato da balança, interferiu-se na discussão, oralmente.

Exemplos de questões:

- 1) Para que serve o ponteiro?
- 2) Qual é a função da rolha nesse ponteiro?

O próximo passo foi ajustar a balança (zerar). Nesse momento aproveitou-se para questionar, oralmente, qual a função do conjunto formado por madeira e

parafuso e por que, alterando a posição do parafuso, a balança muda a sua inclinação.

Tarefa 3: Individualmente.

Para finalizar, entregou-se a cada aluno, individualmente, uma folha com algumas perguntas, as quais foram respondidas por escrito.

Exemplos de questões formuladas:

- 1) Qual a relação entre o experimento da construção da balança e os experimentos das oficinas anteriores?
- 2) O que é preciso fazer para que a balança funcione? Como você explica?

2.2.5.1.2 Oficina Aplicações da Balança Analítica

Para a realização desta oficina, acrescentou-se, aos materiais citados no item 2.2.5.1 (p. 90), uma balança digital.

Tarefa 1: No grande grupo.

Solicitou-se a construção do padrão de um grama e teceram-se alguns comentários e discussões com o que fora feito até o momento. Também foram realizadas discussões sobre o que seria feito nesta oficina e anotaram-se as hipóteses no quadro verde.

Exemplo de questão:

- Vocês sabem o que é fazer a tara de uma balança?



Figura 17 – Representação do protótipo da balança com o padrão de um grama

Tarefa 2: Nos pequenos grupos.

Feito isso, pediu-se para efetuarem a medição da massa de qualquer objeto pequeno que estava na mesa do grupo e fazerem a anotação, por escrito, dos procedimentos e resultados.

Enquanto os grupos estavam trabalhando, passou-se por eles e viu-se como estavam desenvolvendo o procedimento e aproveitou-se para realizar algumas discussões.

Exemplos de questões:

- 1) Ao colocar o objeto no prato, o que fazer para a balança voltar ao equilíbrio?
- 2) Qual é o valor da massa do objeto que vocês encontraram?

Tarefa 3: Nos pequenos grupos.

Ao finalizarem o procedimento da medição da massa de um objeto, pediu-se para repetirem esse procedimento com outros objetos que estavam à disposição e os trocassem com os outros grupos, fazendo a anotação das suas massas.

Tarefa 4: No grande grupo.

Dando continuidade, cada grupo expôs, oralmente ao grande grupo, os valores de massa encontrados e fizeram-se as anotações, no quadro, em uma tabela.

Exemplos de questões:

- 1) Todos encontraram o mesmo valor?
- 2) Por que há diferença nos resultados?

Tarefa 5: Nos pequenos grupos.

Ofereceu-se a cada grupo, individualmente, uma balança digital para que pudessem fazer a medição das massas dos mesmos objetos e comparar com os resultados da balança analítica.

Tarefa 6: No grande grupo.

Ao terminarem, no grande grupo, o pesquisador orientou os alunos, através de questionamento oral, a discutirem as atividades realizadas.

Exemplos de questões:

- 1) Os resultados foram os mesmos?
- 2) Por que há diferença entre os resultados da balança analítica e digital?

Tarefa 7: No grande grupo.

Pedi-se para cada grupo desenhar e recortar, no papel milimetrado, duas figuras geométricas planas iguais, mas com tamanhos diferentes, e determinar a área de apenas uma delas.

Tarefa 8: Nos pequenos grupos.

Nos pequenos grupos, passou-se por cada um e verificou-se como eles estavam fazendo as figuras e determinando a sua área. Solicitou-se para medirem, com a balança analítica, a massa dos recortes. Ao fazerem essa medição, ocorreram alguns questionamentos.

Exemplo de questão:

- Sabendo a massa de um dos recortes, como podemos descobrir a área do outro recorte sem utilizar fórmula?

Tarefa 9: No grande grupo.

Como as discussões foram nos pequenos grupos, pediu-se, no grande grupo, para cada grupo expor, oralmente, o que respondeu acima. Discutiram-se e confrontaram-se as respostas desses procedimentos.

Tarefa 10: No grande grupo.

Pediu-se para medirem a massa de outros recortes de figuras geométricas em papel milimetrado e o comprimento de um fio de cobre.

Tarefa 11: No grande grupo.

Para finalizar, solicitou-se para cada grupo relatar, oralmente, os resultados obtidos.

Tarefa 12: Individualmente.

Ao terminarem, distribuiu-se, individualmente, uma folha para cada aluno responder, por escrito, algumas perguntas.

Exemplos de perguntas do questionamento:

- 1) Como funciona a balança?
- 2) O que você pode concluir sobre essa atividade?
- 3) Como as atividades anteriores ajudaram você a compreender o funcionamento da balança? Argumente sua resposta.

2.2.6 Método de análise das entrevistas e oficinas

Tanto as entrevistas quanto as oficinas foram analisadas por meio da técnica da análise de conteúdo.

Para chegar aos resultados desta pesquisa, analisou-se o "fazer" e o "dizer", por meio da transcrição das gravações das entrevistas e das oficinas, das fotografias, dos relatórios dos alunos e das anotações de observações feitas no decorrer da coleta de dados.

Com base no referencial teórico construído durante a investigação, analisando os dados coletados, emergiram categorias e subcategorias.

Ao realizar a análise, os resultados empíricos e sugestões de alguns autores, entre eles, Giordan (1978) e Coelho et al. (2000), foram considerados para construir as categorias:

a) conhecimento prévio;

b) questionamentos;

c) procedimentos desenvolvidos pelos pesquisados;

d) atitudes de investigação científica:

- abertura aos outros;

- iniciativa;

- criatividade;

- atitude crítica;

- curiosidade;

- autoconfiança;

e) metodologia experimental utilizada pelos pesquisados:

- falseamento;

- operante experimental.

f) relações que os alunos estabelecem entre o mundo empírico, o dos conceitos, das leis, das teorias e o das linguagens simbólicas e matemáticas.

- conceitos de matemática que intervêm na realização dos experimentos;

- progressão na complexidade conceitual dos alunos.

3 ANÁLISE DE DADOS COLETADOS E RESULTADOS

3.1 A valorização do conhecimento prévio do aluno

Acredita-se que, considerar o conhecimento prévio, por meio do "dizer" e do "fazer", auxilia o aluno na construção do seu conhecimento. Das reações e verbalizações dos alunos, foram analisados os "obstáculos" e "precursores". Os "obstáculos" foram trabalhados para incentivá-los a superar suas dificuldades; os precursores, porque são os pontos em que o professor pode se apoiar, por haver uma correspondência entre o conhecimento prévio do aluno e o saber científico. Sugere-se que ambos contribuam para o aprendente construir o novo conhecimento.

Apresentam-se, a seguir, alguns exemplos de extratos de entrevistas e oficinas, os quais mostram a valorização das falas iniciais e dos procedimentos dos alunos pelo pesquisador, observando que os mesmos estabelecem relações entre o que sabem e o novo conhecimento. Identifica-se por Z o pesquisador, por GR1, GR2 e GR3 os grupos 1, 2 e 3, respectivamente, e as outras iniciais vêm identificadas nos quadros I (2.2.3, p. 82) e II (2.2.4, p. 89). Também utiliza-se a sigla CG para identificar centro de gravidade. Nos extratos, o que aparecer entre parênteses, refere-se à interpretação do pesquisador.

Os oito extratos subseqüentes referem-se à atividade experimental Centro de Gravidade (2.2.3.1.1, p. 83).

Solicitou-se para os alunos investigarem a posição do centro de gravidade de um recorte geométrico por meio de um suporte com prego, conforme a tarefa 1 (p. 83). Observa-se que um dos alunos expõe o seu conhecimento prévio, o CG fica no meio. O extrato sugere que um dos alunos acredita que o CG fica no meio do recorte, antes de realizar o experimento, o que provavelmente facilitou a resolução do problema.

MI: Depois colocamos uma a uma em cima do prego e procuramos o ponto de equilíbrio delas. Como já imaginávamos, o ponto no qual as figuras se equilibraram foi o centro das mesmas.

Pediu-se aos alunos para encontrar o CG dos mesmos recortes utilizando um outro método. O método sugerido pelos alunos foi um método geométrico representado na figura 18, e considerado um precursor pelo pesquisador.

MA: O que eu falei é que a idéia seria traçar uma linha imaginária de um ponto até outro de cada lado na figura e onde se cruzam essas linhas é o ponto de equilíbrio.

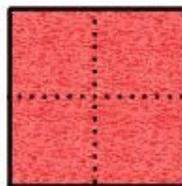


Figura 18 - Representação do recorte com o traçado dos segmentos de reta (linhas imaginárias) que o aluno MA construiu

O aluno tem alguma noção de geometria quando verbaliza "traçar uma linha imaginária" e "onde se cruzam essas linhas". Este é o conhecimento prévio

detectado pelo pesquisador. A importância de emergir este conhecimento prévio é que o mesmo auxilia o aluno na elaboração de um primeiro procedimento para encontrar o CG de um recorte.

O extrato a seguir apresenta os alunos reinvestindo procedimentos experimentais utilizados anteriormente e elaborando um novo aspecto do conceito de CG: o CG pode estar fora do recorte geométrico.

MI: Tinha um lado da figura e ele é um lado reto e achei a metade desse lado. Aí peguei a reta perpendicular a esse lado e achei onde é que era exatamente o meio que seria 8,4cm e deu fora da figura. Foi exatamente a figura que nós não conseguimos deixar em equilíbrio sobre o suporte com o prego. RA: Como as duas figuras são complementares, é por isso que uma tem o ponto de equilíbrio dentro e a outra tem o ponto de equilíbrio fora, porque elas se encaixam.

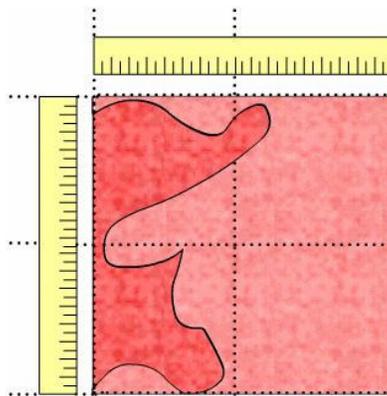


Figura 19 - Representação do procedimento para a determinação do CG e dos dois recortes quaisquer feitos pelo GR3

A figura 19 apresenta o procedimento adotado pelo grupo três para encontrar a posição do CG deste recorte. Os alunos utilizaram um pedaço de papel cartão, quadrado, e fizeram um recorte qualquer, construindo dois recortes. Um deles, o do lado esquerdo da figura acima, foi utilizado para encontrar o CG. Os aprendentes mediram, com uma régua, o lado reto e encontraram a sua metade que correspondia a oito centímetros e quatro milímetros. Desta metade, perpendicularmente, mediram mais oito centímetros e quatro milímetros, indicada pela linha pontilhada. Esta

posição indicaria o CG que ficou fora do recorte. No outro recorte representado pelo lado direito da figura, chamado de "figura complementar", utilizando o mesmo procedimento, encontraram a posição do CG dentro do recorte. Observa-se que o aluno está utilizando um dos métodos geométricos elaborado por seu grupo anteriormente, "traçar segmentos de reta perpendiculares entre si e a intersecção destes segmentos indica o CG", ou seja, está reinvestindo o seu conhecimento para encontrar o CG de um recorte qualquer. A possibilidade de realizar este procedimento é importante, apesar de não ser correto na visão científica, porque leva o aluno a tomar consciência de que o CG pode localizar-se fora do recorte.

A tomada de consciência deste novo aspecto do conceito, o CG pode estar fora do recorte, levou um dos alunos a relacionar o fato com o equilíbrio de um CD apresentando a seguinte fala:

RA: Se a gente pegar o CD, a gente não vai conseguir equilibrar ele porque no meio, onde seria o ponto de equilíbrio dele, tem um furo, então a gente não conseguiria equilibrar ele.

Nota-se que o aluno consegue relacionar o novo conhecimento a uma situação que envolve um objeto do seu dia-a-dia, o CD. Esta relação denota o quanto é importante o professor ser flexível na sua didática, abrindo espaço para o aluno expressar-se e compreender o mundo que o cerca.

Outro método para descobrir o CG de um recorte foi apresentado pelo pesquisador. Solicitou-se para os alunos utilizarem um suporte com fio de prumo, conforme a tarefa 2 (p. 83) desta atividade e, ao traçarem as linhas verticais, perguntou-se o que significava a intersecção destas linhas. O grupo de alunos citado até agora, grupo três, concluiu que o ponto de intersecção seria o CG.

Z: O que significa a intersecção destas linhas verticais? GR2: Que o ponto de equilíbrio está bem centralizado nas linhas verticais. GR3: O ponto de equilíbrio na figuras. GR1: O ponto de equilíbrio. Z: Vocês sabem como se chama este "ponto de equilíbrio"? GR3: Centro de gravidade.

Pelo extrato acima, observa-se que o fato de um dos aprendentes do grupo três nomear "centro de gravidade", denota o seu conhecimento prévio.

Pediu-se, também, para os alunos recortarem quatro retângulos, dois vazados e dois inteiros e colarem entre si um retângulo vazado e um inteiro, formando um sanduíche, conforme a tarefa 4 (p. 84). Solicitou-se que investigassem a posição do CG e os alunos deste grupo utilizaram o novo conhecimento, que o CG pode estar fora do corpo, e o método das diagonais para resolver o problema.

RA: A gente traçou linhas diagonais e nós vimos que no sanduíche sem a moeda o ponto de encontro das duas linhas ficou na parte vazada. MA: Ou seja, fora da superfície.

Pelo planejamento do pesquisador, o recorte vazado seria feito em uma das extremidades do recorte retangular, para que os alunos pudessem observar que o CG mudaria, porque fora alterada a distribuição da massa do recorte.

Pelo motivo do pesquisador deixar os aprendizes livres no desenvolvimento dos procedimentos, observou-se que os alunos fizeram os recortes vazados no centro do recorte retangular. Ficou um recorte retangular inteiro colado sobre o outro recorte retangular vazado no meio. Ao traçarem as diagonais para encontrar a posição do CG deste sanduíche, a intersecção destas diagonais localizou-se na parte vazada de um dos retângulos. Desta maneira, não conseguiram observar que o CG muda conforme ocorre alteração da distribuição da massa do objeto.

Logo após, solicitou-se para colarem outros dois retângulos com uma moeda entre eles.



Figura 20 - Sanduíche com moeda feito por um grupo de alunos

Este grupo colou a moeda de tal maneira que a mesma ficou mais para a lateral do que para o meio do sanduíche (figura 20) e tentou achar o CG pelo método geométrico.

RA: Agora nós vamos fazer o outro. E com a moeda também ficou na parte vazada, em cima da moeda. Z: Por que a intersecção das linhas ficou na parte vazada? RA: Porque a parte vazada era o centro.

O conhecimento construído pelo aluno no decorrer das experimentações, vai sendo reinvestido em outras tarefas, porque o pesquisador abre espaço para os aprendentes agirem livremente e isto favorece a interação dos mesmos no desenvolvimento das atividades, libertando-os da passividade. No extrato acima, o aluno RA utiliza um procedimento adotado anteriormente, encontrar a posição do CG pelo traçado das diagonais. Para este caso, não é o método adequado, porque a distribuição da massa interfere na posição do CG e, procurando esta posição pela intersecção das diagonais, o aluno a encontrou no meio do sanduíche. Considerou-se importante analisar o procedimento acima, porque os alunos estão elaborando um novo conhecimento cada vez mais próximo do conhecimento científico.

Os aprendentes não realizaram o procedimento do planejamento do professor. Utilizaram um conhecimento prévio e não conseguiram detectar que a massa interfere no CG. Apesar disso, pode-se dizer que a atividade foi importante para esta investigação, visto que o pesquisador valorizou o que o aluno fez. Mais tarde, o professor utilizou esta atividade realizada pelos aprendentes para discutir com os mesmos a interferência da distribuição da massa na posição do CG de um objeto.

Refletiu-se sobre a presença da moeda no sanduíche, se a mesma poderia interferir na posição do CG, e esta reflexão motivou um dos alunos a comparar os resultados obtidos pelos métodos do fio de prumo e do suporte com o prego e perceber que a distribuição da massa interfere na posição do CG.

MA: Aparentemente, olhando assim, não se nota nenhuma diferença. RA: É, mas do mesmo jeito, se a gente deixasse sem a moeda ia passar ..., não sei ... Porque a gente não tenta no suporte com o prego? Z: E vocês já tentaram confirmar isso com o suporte de prego? MA: Não. RA: Ele ficou mais inclinado para o lado. MA: Por causa da massa da moeda. Z: Tu achas que a massa da moeda interfere? MA: A massa da moeda? Z: A massa da moeda interfere? MA: A massa da moeda interfere, com certeza.

Percebe-se a importância desta discussão, pois a mesma levou os alunos a utilizarem, posteriormente, o conhecimento que elaboraram acima, qual seja a distribuição da massa altera a posição do CG.

Os três extratos abaixo referem-se à atividade experimental Momento de uma Força e Balança T (2.2.3.1.2, p. 85). Neste primeiro extrato, relativo à tarefa 1 (p. 85) desta situação, os alunos dispunham de um disco de PVC e suspenderam uma arruela no seu eixo e, depois, mais quatro arruelas neste mesmo eixo e observaram que o disco não girou. O aluno MA provavelmente utiliza o seu conhecimento prévio e conclui justificando que o disco não girou porque as arruelas estão suspensas no CG.

MA: Eu acho que tu podes colocar quantas arruelas quiser no eixo e não vai mudar nada, não vai fazer girar. Z: Por quê? MA: Porque eu acho que no eixo é sempre zero. [...] Não é no zero, mas é um ponto neutro, não vai provocar nenhum tipo de movimento. Z: Por quê? MA: Porque é o CG, é o ponto de equilíbrio.

O extrato acima denota a existência de um precursor em termos conceituais, no que se refere à elaboração de um primeiro conceito de torque. A elaboração deste novo conhecimento é importante, porque os aprendentes estão iniciando a formulação do conceito de torque para, gradualmente, elaborarem esse conceito em termos mais próximos dos científicos.

O extrato a seguir apresenta uma dificuldade também repertoriada por Costa, Guimarães e Almeida (1989), o peso varia com a distância. Para alguns aprendentes, quanto mais afastado do eixo estiver a arruela, maior peso ela terá.

Z: Aquele outro, porque será que ele girou no sentido anti-horário? I: Porque quanto mais longe do eixo, mais força ele faz. Z: Quanto mais longe do eixo, mais força ele faz, e o que seria essa força? MA: Concordo com ela. Z: Mateus, o que seria essa força? MA: De massa maior, o peso fica maior.

Levando em consideração o dizer e o fazer dos alunos a partir do seu conhecimento prévio, observou-se que os aprendentes podem evoluir para um novo conhecimento. O conceito de torque elaborado pelos aprendizes até agora, ainda não é o conceito científico. Pode-se observar que os aprendentes estão aumentando a complexidade do seu pensamento, aproximando-se cada vez mais do saber científico. Solicitou-se aos grupos, no final desta tarefa, a resposta para a seguinte pergunta: "O que faz o disco não girar?". Observa-se uma primeira formulação do conceito de torque pelo aluno, a massa da arruela suspensa em um parafuso deve ser multiplicada pela distância deste parafuso em relação ao eixo.

I: É a relação entre a massa das arruelas e a distância. MA: A relação é diretamente proporcional entre a massa e a distância. I: A massa deve ser multiplicada pela distância para haver equilíbrio quando estiver em posições diferentes.

O dois extratos a seguir referem-se à atividade experimental Balança Analítica (2.2.5.1.1, p. 91). Conforme a tarefa 2 (p. 91) referente a este item, os alunos foram orientados a construir um prato circular. Alguns grupos tiveram dificuldades, porque estavam desenhando um círculo sem o uso do compasso, estavam "fazendo a olho".

No momento da reflexão, o aluno MR explicita que, ao utilizar um instrumento de medida adequado, o transferidor, conseguiu encontrar o centro do recorte circular. O extrato abaixo apresenta a fala deste aluno quando evoca noções de geometria como "raio" e "um círculo tem 360°", que vão intervir na resolução do problema: divisão do ângulo central em três ângulos iguais.

Z: Como tu vais fazer as divisões? MR: Há os ângulos, um círculo tem 360 graus, daí tem que ver os ângulos. É, aí tem que dividir. B: 360 dividido por 3. [...] Z: Como tu vais marcar estas três divisões de 120° cada uma? [...] MR: Eu usei o transferidor. Primeiro eu peguei o centro e daí eu passei da metade do centro, como chama isso ... um raio que fosse do centro até a ponta. Z: Então primeiro marcou 90 graus, depois mais 30 graus que deu os 120 graus.

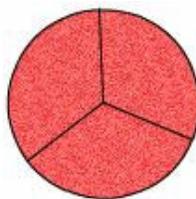


Figura 21 - Representação do prato da balança apresentando o raio e a divisão do ângulo em três ângulos iguais

Observa-se que a didática utilizada pelo pesquisador foi de vital importância para que os alunos pudessem elaborar o seu próprio procedimento. Esta didática possibilitou que o aprendente pudesse partir daquelas noções de matemática que possui, como usar o transferidor, dividir um ângulo em três ângulos iguais de cento e vinte graus cada um, representar o raio no recorte por meio de um risco, e elaborar um procedimento próprio para construir o prato da balança.

Em relação à mesma tarefa desta atividade, o aluno consegue ajustar a balança relacionando esta situação com a do equilíbrio do disco, reinvestindo um conhecimento elaborado anteriormente, a posição da massa e a distância desta em relação ao eixo interferem no equilíbrio. Neste sentido, apresenta-se um extrato em que um dos alunos procura deixar a balança em equilíbrio.

Z: Suspendendo a balança, nós observamos que ela não equilibra. O que está faltando nela para equilibrar? B: Está faltando colocar um peso do outro lado do prato para compensar o lado que tem mais peso. [...] Z: A Bruna pegou uma porquinha separada e está mudando de posição. (nesse momento, elas tiraram a porquinha e pegaram um pedacinho de madeira qualquer e começaram a jogá-lo para todos os lados e conseguiram deixar a balança em equilíbrio). Por que vocês fizeram esse jogo? MR: Por causa do peso, de um lado era maior do que do outro. Z: E vocês conseguem relacionar esta situação com o que foi feito anteriormente? BR: O equilíbrio do disco com as arruelas.



Figura 22 - Alunos tentando equilibrar a balança

O extrato abaixo refere-se à atividade Aplicações da Balança Analítica (2.2.5.1.2, p. 92), tarefa 1 (p. 92). Solicitou-se aos alunos a construção de um padrão de massa de um grama, utilizando uma seringa com água. O pesquisador interveio durante o procedimento e um dos alunos expôs um conhecimento que possuía: um mililitro de água corresponde a um grama de água. Este conhecimento prévio

auxiliou os alunos a realizarem a tarefa de construção do padrão de medida de um grama.

Z: Agora nós vamos pegar a seringa que está vazia e vou pedir para enchê-la com água até 1ml. Vocês sabem qual é a relação de 1ml de água com gramas? N: 1 grama. RA: É. 1ml de água corresponde a 1 grama de água, mas é só com a água esta relação.

No final desta atividade, Aplicações da Balança Analítica, tarefa 12 (p. 95), solicitou-se aos aprendentes responderem, individualmente, por escrito, algumas perguntas relativas ao fechamento das oficinas. Uma das perguntas foi a seguinte: "Como as atividades anteriores ajudaram você a compreender o funcionamento da balança? Argumente sua resposta." O extrato abaixo apresenta a transcrição do relato de alguns alunos mostrando que estes aprendizes utilizam o seu conhecimento prévio para responder aos questionamentos do professor.

RE: Todas as atividades anteriores estão relacionadas ao equilíbrio e à distância. RA: Apreendi que todo corpo tem um ponto de equilíbrio e é preciso achá-lo para equilibrá-lo.

Analisando os extratos referentes às dificuldades e facilidades apresentadas pelos alunos, denota-se sua importância na evolução e na construção do conhecimento do aprendente. Do ponto de vista didático, observa-se que os alunos foram construindo um conhecimento a partir daquele que existia.

Corroborar-se também a idéia de alguns autores quando afirmam que o aluno não é um ser em branco, com uma mente vazia, podendo ser reconhecido que o aprendente possui um conhecimento prévio. É importante levar este conhecimento

prévio em conta, porque o mesmo pode servir de base para a construção de um novo conhecimento.

Observou-se também que, considerando o conhecimento prévio dos alunos, valorizando o "dizer" e o "fazer", estes aprendentes não ficaram passivos diante das atividades, pelo contrário, a cada instante que evoluía a tarefa, havia uma maior interação do aprendiz com a situação que se apresentava.

3.2 Intervenções do professor e do aluno

Por meio da intervenção, o pesquisador teve uma função importante durante a realização desta pesquisa, observando o que os alunos relatavam e faziam, analisando e alterando a estrutura dos planejamentos das entrevistas e das oficinas, apresentando novas orientações sempre que necessário.

Após a realização de cada entrevista, efetuou-se a análise da mesma, para somente então ser realizada uma nova entrevista. A partir destas análises, foram organizadas as oficinas.

O quadro abaixo apresenta algumas características de evolução evidenciadas no decorrer das entrevistas.

ENTREVISTA	ENTREVISTA
O pesquisador direciona excessivamente as ações do aluno.	O pesquisador é mais flexível no seu planejamento. Há mais espaço para o aluno desenvolver suas ações.

A intervenção por parte do pesquisador é diretiva.	Maior liberdade para o aluno expressar-se.
O pesquisador age pelo aluno e toma decisões.	O pesquisador apenas orienta e permite ao aluno resolver os problemas por conta própria.

QUADRO III – Algumas características de evolução evidenciadas no decorrer das entrevistas

O quadro a seguir apresenta algumas características de evolução evidenciadas comparando-se e entrevistas e oficinas.

ENTREVISTA	→	OFICINA
O pesquisador interfere demasiadamente nas respostas vindas dos questionamentos dos alunos.		O pesquisador usa técnicas ⁸ como o uso de expressões breves mostrando que está interessado pelo que o aluno diz; procedimento do espelho com a repetição de palavra(s); realização de sínteses parciais; formulação de questões do tipo "eu não entendi, podes explicar novamente?", "você concorda com o colega?" e "explique o que você está fazendo".
O pesquisador induz o aluno a reproduzir as respostas que gostaria de ouvir.		O pesquisador deixa o aluno fluir com o seu conhecimento e sua vontade de aprender.
O pesquisador não aprofunda questões que poderiam revelar as concepções e idéias dos alunos.		O pesquisador aprofunda questões que realmente revelaram as concepções e idéias dos alunos.
O pesquisador repete o que o aluno fala e relata o que o aluno diz.		O pesquisador deixa o aluno explicitar suas idéias e o que faz.
O pesquisador interfere constantemente, diz quais são os experimentos e como os alunos devem proceder para sua realização não abrindo espaço para os mesmos colocarem em prática os seus procedimentos.		O pesquisador abre espaço para o aluno sugerir a elaboração e a realização de experimentos, colocando em prática os seus procedimentos.
O pesquisador não promove a confrontação de idéias.		O pesquisador cria situações que favorecem a interação e isso abre caminho para as confrontações de idéias.
O pesquisador limita a expressão escrita e oral dos alunos.		O pesquisador cria situações que possibilitam a expressão escrita e oral dos alunos.
O pesquisador propõe tarefas e questões diretas.		O pesquisador muda tarefas e questões para que não sejam diretas e possibilitem uma maior interação dos pesquisados.

QUADRO IV – Algumas características de evolução evidenciadas comparando-se entrevistas e oficinas

Observa-se, de um quadro para o outro, a evolução do pesquisador na aplicação das entrevistas e oficinas. A cada reformulação das mesmas, o pesquisador aprofundava as discussões e deixava o aluno participar mais

⁸ Estas técnicas estão explicitadas em Coelho et al., 2000, p. 125.

ativamente. Graças a esta evolução, acredita-se que foi possível obter os resultados descritos nesta dissertação.

A confrontação de idéias ou a confrontação destas com os fatos podem acrescentar algo novo na construção do conhecimento. Cabe ao pesquisador não dar respostas, e sim promover uma reflexão a qual se aprofunda quando o professor, muitas vezes, retorna ao aprendente na forma de outro questionamento.

Abaixo são explicitados alguns extratos de entrevistas e oficinas, apresentando exemplos de questionamentos realizados pelo pesquisador e pelo aprendente. Por meio destes questionamentos alguns alunos realizaram reflexões que os auxiliaram na construção de um novo conhecimento mostrando-se que o questionamento interfere no processo de ensino-aprendizagem.

Os dois extratos seguintes sugerem que uma das funções do questionamento é *incitar os alunos a expressar suas idéias*. Inicia-se apresentando extratos em que se questiona os aprendentes sobre como achar o CG de um recorte utilizando um suporte com prego. Na busca de um procedimento para encontrar o CG, os alunos explicitam o significado do que entendem por certas noções de geometria como “raio” e “centro” de uma figura geométrica.

Z: E esses recortes, se nós quisermos equilibrá-los no suporte com o prego, como é que vocês deveriam apoiá-los? D: É que toda figura tem um ponto de equilíbrio, tem um meio, bem no meio. C: Centralizado. Z: E o que seria esse meio? C: É como se fosse um círculo e tivesse o raio igual, assim. (efetuou a medição do raio do círculo, indicando onde seria o que denominou “meio”) [...] Z: E o que vocês fizeram até aqui? D: Encontramos o ponto de apoio, centro, meio.

Por meio da sua didática, o professor pode mediar propondo questionamentos aos alunos, possibilitando ao aprendente expor o seu conhecimento. No momento em que os alunos determinaram o CG dos recortes com o auxílio do suporte com

prego e por um método geométrico, solicitou-se que investigassem a posição do CG do mesmo recorte pelo método com fio de prumo.

Z: E vocês sabem o que é um fio de prumo? N: Acho que é um fio com um pesinho na ponta e que se pega e se coloca na parede.

Os três extratos a seguir mostram a intervenção do pesquisador e do aprendiz e, como resultado, *emergem explicações dos alunos* que desencadeiam um início de elaboração da noção de incerteza da medida e do conceito de torque.

O primeiro extrato expõe as reações dos alunos no momento em que estavam realizando as medições das massas de alguns objetos.

Z: Por que se vocês todos têm balanças que medem no máximo 2 gramas, com exceção do grupo 3, por que os grupos conseguiram valores diferentes para os mesmos objetos? RA: Porque as balanças são diferentes. Z: Mas vocês todos não mediram a massa de 1 grama? T: Talvez aqui não tenha 1 grama bem certo, porque a diferença não foi tão grande, foi 1,4; 1,35; 1,3 não foi assim tão grande. RA: Eu acho assim, a diferença foi na casa decimal e como nós construímos uma balança sem muita tecnologia, acho que a diferença é insignificante. Z: A diferença aqui na primeira casa decimal. N: Acho que também pode ter influenciado o palito, pode ser que ele não estava bem retinho, é tão pouca diferença. RA: Também tem o erro humano, né, pode ser que alguém não olhou tão bem certo, e a nossa balança tem um travessão menor, isso pode ter influenciado.

O extrato acima expõe a tomada de consciência, por parte dos alunos, das causas da variabilidade dos resultados da medição como a influência do observador ("erro humano") e as qualidades do instrumento de medida.

Como outros autores denotam (COELHO, 1993), esta etapa de identificação das causas de variabilidade das medidas é fundamental na construção do conceito de incerteza da medida. Isto não teria ocorrido sem um questionamento adequado.

Ao suspender as arruelas no disco de PVC, de modo que o mesmo ficasse em equilíbrio, escutar o questionamento do aprendiz teve o seu valor: um dos alunos

pôde expressar a sua dúvida para, mais tarde, após várias reflexões, iniciar a elaboração do conceito de torque. O extrato mostra que o aluno não está passivo durante a atividade. Em algumas situações, o disco não fica em equilíbrio e, em outras, fica em equilíbrio.

MA: Tá, só me explica uma coisa: porque não ficou em equilibrado e aqui está equilibrado?

O próximo extrato também ilustra esta função do questionamento: auxiliar o aluno a construir o conceito de torque. Na realização da atividade em que os aprendizes deveriam suspender arruelas nos parafusos e investigar o que fazer para o disco de PVC não girar, os questionamentos foram de grande importância para o desenvolvimento do conceito de momento de uma força.

Z: E se nós colocarmos uma arruela no primeiro parafuso? RA: Coloca uma no outro lado, no primeiro parafuso. [...] Z: E que outras possibilidades poderiam existir? Z: [...] a lana deu a idéia de colocar uma no primeiro e uma no quarto, por que? I: Porque teria a mesma distância que tem o lado esquerdo. N: Porque tem relação com massa e distância, como tem lá no quarto parafuso tem quatro distâncias, aqui teria que ter quatro vezes mais massa para conferir.

Por meio do questionamento, consegue-se fazer com que o aluno reflita sobre o que está realizando, incentivando-o a expor o seu conhecimento prévio, *comparando* a situação atual com o que fora feito na atividade do suporte com o prego. Solicitou-se para os alunos suspenderem um recorte pelo fio de prumo e traçarem os segmentos de reta, tomando como referência a linha do suporte. Questiona-se o que significa a intersecção dos traçados e o grupo 2 expõe o que sabe. Neste caso, por meio do extrato abaixo, denota-se que o questionamento

incita o aluno a observar e a comparar resultados obtidos por procedimentos diferentes.

Z: O que vocês estão observando? [...] DA: Ah, tem o cruzamento dos traçados com o ponto que marcamos no prego. [...] Z: E o que significa a intersecção destas linhas verticais que vocês traçaram? GR2: Esse encontro significa o ponto de equilíbrio.

Abaixo, apresentam-se dois extratos explicitando que os questionamentos possibilitam ao aluno *progredir, investigar e criar um procedimento* para resolver as situações com as quais se defronta.

O primeiro extrato mostra a situação em que outro grupo de alunos dispõe de um recorte triangular e tem dúvidas de como encontrar a posição correspondente ao CG deste recorte. O pesquisador é flexível e deixa o aprendente expressar-se, o questionamento do professor incita o aluno a investigar o que deseja aprender e, com isso, o aprendente cria um procedimento para encontrar o CG do recorte.

D: Como é que eu faço isso com o triângulo? Z: Como tu achas que deve ser feito? D: Ah, puxando três pontas.

A valorização do questionamento dos alunos pelo pesquisador incitou-os a exporem suas idéias com liberdade, abrindo-se um espaço para investigarem aquilo que lhes interessava durante o desenvolvimento das atividades. No exemplo abaixo, apresenta-se um questionamento do aluno mostrando que, antes de criar um método para encontrar o CG, ele elabora um questionamento sobre aquilo que o deixa curioso. Ao terminarem de encontrar a posição em que os recortes ficavam em equilíbrio sobre o suporte com prego, alguns alunos, por curiosidade, resolveram

fazer um recorte qualquer, apresentando um procedimento diferente para encontrar o CG, um método geométrico.

RA: Como nós conseguimos encontrar o ponto central de um recorte abstrato, de vários lados, de várias formas? Z: O que seria uma figura abstrata? MA: Como quando tu fritar um ovo ele fica todo espalhado. [...] Z: E como tu achas que conseguiria? RA: Talvez a gente poderia colocar essa figura, por exemplo, num quadrado um pouco maior e daí traçar linhas nesse quadrado para achar o ponto central.

A seguir, exibem-se seis extratos em que o questionamento foi importante para que o aluno *estabeleça relações com o dia-a-dia e com o que já havia realizado em atividades anteriores.*

O primeiro extrato mostra que o estabelecimento de relações entre as atividades propostas e situações do dia-a-dia foi favorecida por questionamentos introduzidos pelo pesquisador.

Z: Eu pergunto para vocês o seguinte: nós podemos relacionar esta atividade (momento de uma força) com alguma situação prática do nosso dia-a-dia? MA: Balança. Z: Balança. MA: Gangorra. Z: Gangorra. O Mateus disse balança, gangorra. MA: O equilibrista no circo. Carrega aquelas barras, assim, de ferro, naquelas cordas.

Ao construírem a balança T, utilizaram-se muitos questionamentos para estimular os alunos a fazerem relações com o que já haviam realizado em outros momentos. O extrato abaixo apresenta o momento em que os grupos de alunos precisavam encontrar o CG da balança T.

Z: Como é que nós podemos achar o centro de gravidade dessa balança? N: Não quero o fio de prumo, é que eu me lembrei de fazer um quadrado grande e traçar as suas diagonais. Z: Grupo 1, como vocês estão fazendo? [...] BR: Fiz um quadrado estou traçando diagonais e onde se encontrarem, já achei o centro de gravidade.

Apesar de não ser o procedimento correto neste caso, traçar um quadrilátero de forma que seus lados tangenciam a balança T construída pelo aluno e as diagonais deste quadrilátero para encontrar o CG, a consideração do procedimento sugerido pelo aluno é válida, porque faz com que o aprendente se aproxime, aos poucos, do modo científico de se chegar ao resultado. Para encontrar o CG da balança T, o procedimento mais correto seria utilizar um suporte com o fio de prumo e traçar os segmentos de reta, tendo o fio como referência. A intersecção destes segmentos indicaria a posição do CG da balança T.

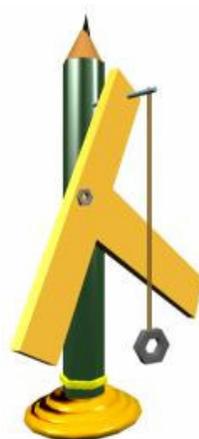


Figura 23 – Representação da balança T suspensa no suporte com fio de prumo

Solicitou-se aos aprendentes, após encontrarem o CG da balança T, que a suspendessem no suporte com fio de prumo. Havia quatro furos na balança T: um no CG, número 3, um abaixo do CG, número 4 e dois acima do CG, números 1 e 2 (figura 15, p. 87).

Questionou-se sobre o comportamento da balança T quando fora suspensa pelo furo número três. Ao suspender a balança por este furo, observou-se que a mesma ficou em equilíbrio indiferente. Isto aconteceu porque a posição do CG desta balança é no furo número três. O questionamento promovido foi importante para

auxiliar os alunos a relacionarem esta atividade com o que fora discutido nas atividades anteriores, justificando o equilíbrio da balança T.

O CG estava localizado exatamente sobre o furo número três da balança T, que era o seu ponto de suspensão. Por isso, ao suspendê-la por este furo, ficou em equilíbrio chamado de equilíbrio indiferente. No momento, questionou-se os alunos sobre o porquê da balança ficar em equilíbrio ao ser suspensa pelo furo número três. O aluno N fez uma tentativa de explicação dizendo "porque ali é o ponto de equilíbrio".

Na seqüência, apresenta-se um extrato explicitando que os aprendentes reinvestem um conhecimento construído anteriormente, neste caso, o fato da simetria do objeto interferir no equilíbrio. O extrato refere-se à suspensão da balança T sobre os dois furos acima do CG, estabelecendo-se um equilíbrio estável. O questionamento incita os alunos a reinvestirem aquilo que fora discutido anteriormente, ou seja, que a simetria pode interferir na posição do CG dos objetos, e tentar dar uma explicação para o que aconteceu. Para os aprendizes, os braços do T da balança possuem a mesma distância em relação ao eixo e a mesma massa.

Z: [...] era suspender a balança pelos furos 1 e 2, o que aconteceu com a balança de vocês? [...] T: Balançou de um lado para outro e em distâncias iguais e no final ficou em equilíbrio, pois a massa é igual. Z: Em distâncias iguais, como? T: É, quando eu toquei nela, ela balançou para lá e para cá na mesma distância, no mesmo caimento. Z: O que o grupo 2 respondeu? N: A balança ficou em equilíbrio porque dos dois lados tem a mesma massa.

No momento em que os aprendentes estavam construindo a balança analítica, realizou-se um questionamento sobre a importância do parafuso no braço da balança. Um dos alunos estabelece a relação com uma balança que possui no banheiro de sua casa e explica que a função deste parafuso é efetuar o ajuste zero.

Z: Para que serve o parafuso com a porquinha? D: É, aquela balança quadrada que fica no chão do banheiro. Quando tu pisa, a balança quando pisar tem zero e tem um risquinho vermelho. O disquinho, o disco de dentro onde tem os números é que gira. O ponteiro tá lá parado, só que se está desalinhada, que é o caso, acho que como é que funciona o parafuso aqui como o alinhamento, eu acho que quando ela está desalinhada tem um parafusinho, uma regulagem, uma porquinha, que se regula para aquele disco ficar bem ajustado com o zero, com a linha para dar peso preciso, certinho.

No próximo extrato, apresenta-se o momento em que os aprendentes precisavam tarar a balança analítica. Realizou-se um questionamento sobre o procedimento a ser adotado para esta situação e um dos aprendizes relaciona este fato com a balança que há no restaurante.

Z: Nós vamos fazer a tara da balança. Alguém tem uma idéia do procedimento a ser adotado? RA: Eu estava aqui pensando, pois se vou no restaurante (restaurante que vende a comida em quilograma), a balança já pesou o prato antes e ela desconta este peso.

Durante a atividade da construção da balança analítica, por meio dos questionamentos, percebe-se que os alunos reinvestiram um conhecimento anterior, o conceito de torque elaborado na atividade com o disco para obter o equilíbrio da balança.

Z: Como poderemos deixá-la equilibrada? O que tu estás fazendo, Renata? RE: Estou colocando um pedacinho de madeira no travessão, do lado esquerdo, não está equilibrado. Z: Por que tu estás fazendo isso? RE: Estou me baseando na atividade do disco, era assim que fizemos. N: Coloca um pouquinho maior. Z: Ela ainda está desequilibrada. RE: Coloca mais peso. Z: Por que agora vocês colocaram mais perto do meio? N: Porque como alterou a massa, teve que alterar a distância também. Ó, tá equilibrada.

Observa-se, neste caso, que os alunos aplicam o conceito inicial de torque elaborado na atividade com o disco, que se manifesta no "saber fazer", facilitando as suas ações durante o desenvolvimento das atividades propostas.

Os dois extratos abaixo mostram que o questionamento pode favorecer a *confrontação*. No primeiro, o questionamento favorece ao aluno a comparação de

métodos e procedimentos, a tomada de consciência sobre o modo de fazer, e a tomada de decisões através da confrontação. A confrontação das idéias dos alunos promoveu reflexões que os ajudou a encontrar o CG da balança T.

Z: Agora eu quero ver o seguinte: o grupo 2 tentou achar o CG pelo método das diagonais e foi comparar apoiando a balança T sobre o suporte com prego e não encontrou a mesma posição. Por que será que não obteve o mesmo resultado? MA: A medição estava errada, porque primeiramente eu também tentei fazer pelo método dos traçados, até que foi marcado e não deu, aí tentando pelo método dissertativo, aí achei. Z: Dissertativo? MA: Isso, o prego, equilibrando no suporte deu para achar. Z: E por que será que aqui, no prego, não dá igual com os traçados das diagonais? N: É porque esse lado aqui tem mais peso do que o outro lado e por isso dá a diferença. Z: Natália, diga novamente. N: A balança não é um quadrado, é um T, no retângulo horizontal tem mais massa que no vertical, daí desequilibra. MA: Mais massa de um lado do que do outro.

Observa-se que um dos alunos utiliza o método geométrico do traçado das diagonais para encontrar a posição do CG da balança T, mas não se satisfaz. Por isso, comparou com o método do suporte com o prego e notou que a posição do CG não era a mesma. O questionamento favoreceu a tomada de consciência do aluno no momento em que procura explicar que não pode achar o CG da balança T pelo método das diagonais, porque tem uma distribuição desigual da massa: "mais massa de um lado do que do outro".

No final de cada oficina, solicitou-se aos alunos que respondessem alguns questionamentos relativos à atividade proposta. Ao terminarem a atividade Momento de uma força e balança T, pediu-se, por escrito, que os aprendentes relatassem quais as facilidades encontradas para realizar as tarefas propostas. Um dos alunos expõe que a discussão realizada sobre os experimentos, no grupo, facilitou a compreensão da atividade. O extrato abaixo apresenta o relato sobre a importância das intervenções dos próprios alunos do grupo.

MA: (relato por escrito) O que facilitou o trabalho foi a conversa com todos, pois assim entre nós mesmos esclarecíamos nossas dúvidas e nos aprofundávamos mais e melhor no assunto.

Com a balança pronta, solicitou-se aos grupos para realizarem medições de massa de alguns objetos e comentarem os seus resultados, os quais não foram iguais. Houve a confrontação dos resultados e isto auxiliou a compreensão de como ler a medida da massa na balança analítica.

Z: Quantos gramas conseguiram? DA: 14 gramas. Z: O grupo 2? F: 13 e meio. Z: 13 e meio, como vocês conseguiram 13 e meio? Como conseguiram medir meio? F: Porque entre o espaço de 1 cm e outro tem o meio. Z: Entre 1 cm e outro? F: É. B: Ela é milimétrica. Z: Como é Bruna? BR: Milímetro em milímetro. F: Ah, então não é de 1 em 1cm, é de 1 em 1 mm. Z: E o grupo 3? RA: A gente encontrou 13, mas é 1,3. Z: O grupo número 3 encontrou 1,3 gramas. Porque os outros grupos colocaram 14 gramas, 13 gramas e meio e vocês colocaram 1,3 gramas? Rafael, por que tu achas que é 1,3 gramas? RA: Porque quando a gente marca, coloca o nosso peso no 10, a gente está marcando 1 grama, então no 13 vai ser 1,3. T: Então tá tudo errado? [...] BR: 1,4. F: 1,35. T: 20 gramas. DA: Não Tábita, 2g. Z: E o grupo 2? F: 1,9. Z: E aquela tampa de lapiseira, quanto o grupo 1 conseguiu? T: 4,0 Z: O grupo 2? F: 4 Z: 4 gramas, e o grupo 3? N: 0,44 Z: 0,44 gramas e como vocês podem ter encontrado 4 gramas, grupos 1 e 2? B: Não, 0,4 F: É 0,4.

Pode-se dizer que, por meio da intervenção do professor e dos próprios aprendentes, os alunos tomam consciência de procedimentos e métodos experimentais a serem adotados para desenvolver as tarefas propostas. A tomada de consciência destes procedimentos e métodos pode auxiliar o aprendiz na construção de um novo conhecimento. Os três extratos que seguem referem-se a esta tomada de consciência dos alunos.

Apresenta-se um extrato em que os alunos precisavam encontrar o CG dos recortes que fizeram, neste caso, um círculo. Como era um grupo de alunos, após um dos participantes proceder e encontrar o CG e, por intervenção do professor, ao realizar a síntese da atividade proposta, outro participante toma consciência e se dá conta de que poderia utilizar o compasso para encontrar o CG do seu recorte

circular. Bastaria observar onde estaria marcada a ponta seca do compasso e ali seria o CG.

Z: A Caroline pegou outro cartão e colocou o círculo sobre ele e com uma régua traçou um quadrado por fora. Retirou o círculo e traçou as diagonais e encontrou o centro. Grudou o círculo sobre o quadrado e furou-o no centro do quadrado que era o CG do círculo. D: Bah, poderia ter utilizado o compasso!

Os aprendizes estavam construindo a balança analítica e, por meio da intervenção do professor, os aprendentes se deram conta de que era importante ter mais rigor na medição das dimensões das peças.

Z: A Denise está colocando a madeirinha em comparação ao braço da balança modelo. O que tu está fazendo agora? DA: Medindo o lado esquerdo que vai o prato da balança. Z: Quantos centímetros? DA: 10,9. Z: 10,9? DA: Acho que tem que ser 11. Z: Por quê? DA: Acho que medi errado ali.

Outro aluno quer fazer três furos no prato da balança para fixar os fios de linha e o faz apenas por comparação visual, sem realizar medições. Por meio da intervenção de outro aprendiz, se dá conta de que precisa realizar uma medição para conseguir localizar os pontos onde fazer os furos no prato.

Z: Como tu fizeste o círculo, Renata? RE: Eu peguei o círculo ali da balança e moldei numa cartolina e depois recortei e fiz três furos com alfinete, deixei ele sobre a cartolina e risquei e depois recortei, não medi nada. N: Eu estava dizendo para ela que tinha que ter a mesma distância entre os pontos para ficar em equilíbrio.[...] Z: Renata, explique como tu estás fazendo agora. RE: É que eu medi, com a régua, a distância entre cada furo e estou marcando eles.

Após a análise dos extratos apresentados nesta seção, sobre as intervenções do pesquisador e dos alunos, pode-se dizer que uma atitude questionadora caracteriza-se por uma relação de partida e contrapartida, de indagação e reflexão, a resposta do professor para o aprendente pode ser um questionamento com o objetivo de desafiá-lo.

Ao professor cabe organizar a sua didática promovendo questionamentos, possibilitando discussões, envolvendo a realidade que se apresenta.

Para o aluno existe a possibilidade de libertar-se da passividade, elaborando questionamentos sobre o que vai aprender, sobre o que quer saber por meio da construção e da combinação de conceitos utilizados em sala de aula e no seu dia-a-dia.

Corroboram-se as idéias de alguns autores quando afirmam que, por meio de questionamentos, o professor pode problematizar situações relacionadas ao conhecimento prévio dos aprendentes.

Observa-se que a interação entre todos os envolvidos no processo auxiliou os aprendentes na construção do saber. Proporcionou-se a interação e a participação ativa dos aprendentes por meio de atividades de confrontação, de trocas realizadas entre os grupos, sendo reconhecido, nesta situação, o trabalho em grupos. O pesquisador organizou tarefas que puderam ser solucionadas coletivamente, reconhecendo a relação entre o saber e o mundo que cerca os alunos.

Pode-se dizer também que a flexibilidade foi importante porque o pesquisador não utilizou procedimentos fechados, pelo contrário, houve um planejamento que se adequou durante a realidade que se apresentava em cada encontro.

Os resultados sugerem a importância da mediação do pesquisador e dos alunos entre si, durante todo o processo. A mediação não precisa ser realizada especificamente pelo professor, pode ser pelos próprios colegas durante as atividades desenvolvidas em sala de aula, por meio da explicitação ou confrontação de idéias.

Pode-se afirmar que o pesquisador converteu alguns conteúdos em problemas para os aprendentes. Isso foi possível porque o pesquisador incentivou os alunos a

elaborar questionamentos com o intuito de promover o progresso dos aprendentes para níveis mais elevados de conhecimento.

Ratifica-se a idéia de que a problematização é uma das formas de colocar a mediação em prática, porque o professor é o agente que consegue descobrir as falhas cognitivas dos seus alunos e, para solucioná-las, promove questionamentos para os mesmos. Ao mediar, o professor pode criar situações-problema, relacionando-os com o conhecimento prévio, por meio de atividades de confrontação.

A mediação ocorreu também entre os próprios alunos. Isto se observou durante as atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa, por meio da confrontação de idéias entre os próprios aprendentes.

Observa-se também que os questionamentos e as confrontações foram aspectos indispensáveis na motivação dos aprendentes para estimulá-los a produzir novos conhecimentos.

Finalmente, pode-se dizer que os questionamentos promovidos, tanto pelo pesquisador quanto pelos aprendentes, tiveram as funções de:

- a) incitar os alunos a expressar suas idéias e seu conhecimento prévio, favorecendo ao pesquisador identificar obstáculos e precursores;
- b) auxiliar os aprendentes a buscar explicações que os auxiliam na elaboração de conceitos físicos;
- c) incentivar os alunos à observação e à comparação de procedimentos adotados;
- d) possibilitar aos aprendizes progredir, investigar e criar métodos e procedimentos experimentais para resolver as situações que se apresentavam;

e) fazer com que os alunos estabeleçam e explicitem as relações entre a situação atual com o dia-a-dia e com acontecimentos trabalhados em atividades anteriores;

f) instigar os aprendentes à tomada de decisões, à escolha de métodos e procedimentos e à comparação de procedimentos e resultados por meio da confrontação.

3.3 Procedimentos experimentais adotados pelos alunos

Apresentam-se alguns exemplos de aspectos procedurais desenvolvidos durante as entrevistas e oficinas, pelos alunos, que são analisados a seguir, no fazer e no dizer, por acreditar-se que esta análise seja importante para responder às questões de pesquisa deste trabalho.

Inicia-se expondo alguns procedimentos adotados pelos alunos para determinar o CG de alguns recortes. Entre os procedimentos, destaca-se o uso de métodos geométricos.

Os aprendentes utilizaram métodos geométricos. Mesmo não sendo esses métodos os mais corretos para determinadas situações, foram considerados convenientes para o processo de construção e aproximação do procedimento científico. Um dos métodos geométricos sugerido foi o de medir a metade de cada lado de um quadrado, traçar os segmentos de reta perpendiculares entre si, sendo o ponto da intersecção destes segmentos o CG.

Z: Eu pergunto para vocês o seguinte: não existiria uma outra forma de encontrar a posição de equilíbrio de cada recorte sem colocar sobre o suporte com o prego? MA: Sim Z: O Mateus acha que tem uma outra forma. MA: Fazendo uma medida de todo o comprimento ... pegar um quadrado e medir 4 cm ... (ficou mostrando num recorte quadrado: mediu a metade do comprimento do lado e traçou um segmento perpendicular ao lado; mediu a metade do outro lado adjacente a este e traçou um segmento

perpendicular ao mesmo. Mostrou que o ponto de intersecção destes dois segmentos é o que considerava a "posição de equilíbrio").

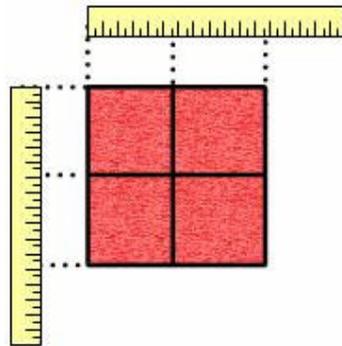


Figura 24 – Representação do método geométrico sugerido pelo aluno MA

Os alunos realizaram o procedimento esperado, expressando que poderiam encontrar o CG dos recortes traçando as diagonais de figuras como um hexágono, um retângulo e um quadrado. O ponto de intersecção das diagonais indicaria o CG. A figura abaixo apresenta alguns recortes com o traçado das diagonais realizados pelos alunos.

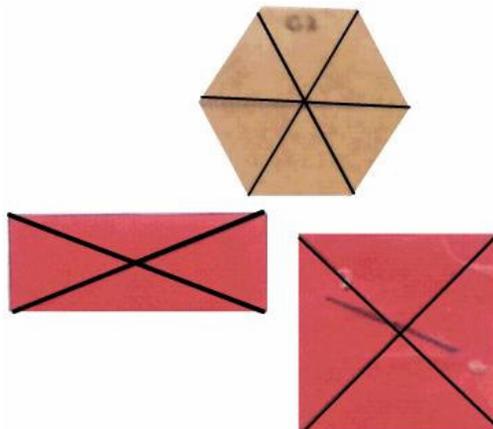


Figura 25 - Recortes geométricos feitos pelos alunos com o traçado das diagonais

Para encontrar a posição do CG de um triângulo, um grupo de alunos sugere traçar um segmento de reta da metade de cada lado até o centro do triângulo, o que foi feito de forma aproximada. Esta idéia não é a correta, mas é válida porque faz com que o aluno proceda por iniciativa própria, servindo como um precursor para

encontrar a posição do CG de um triângulo. A figura a seguir mostra o que um aluno do GR3 realizou no quadro verde.

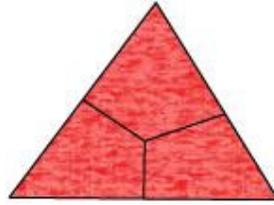


Figura 26 – Representação do procedimento adotado por um aluno do GR3 para determinar o CG: traçados de segmentos de reta partindo do meio de cada lado até o centro do triângulo

Outro grupo de alunos adota o procedimento científico para encontrar a posição do CG de um triângulo, ou seja, o traçado das medianas. A figura abaixo mostra este procedimento.

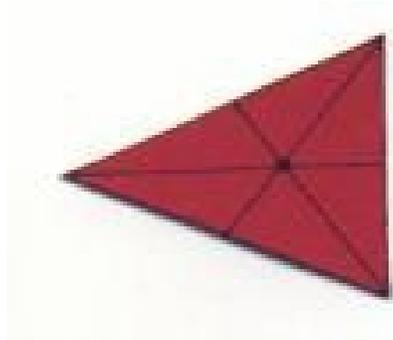


Figura 27 - Triângulo com as medianas traçadas pelos alunos

No momento de encontrar o CG do círculo, alguns aprendentes sugeriram traçar um quadrado com suas diagonais de forma que os lados deste quadrado tangenciam o círculo construído pelos alunos. O ponto de intersecção destas diagonais seria o CG.

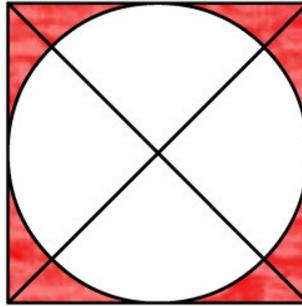


Figura 28 - Representação do quadrado circunscrito no círculo com as diagonais traçadas pelos alunos

Na seqüência da atividade, por iniciativa própria, alguns alunos recortaram um cartão com um formato qualquer e encontraram o CG utilizando o mesmo procedimento acima, ou seja, desenharam um retângulo que tangencia a figura e traçaram as diagonais. O ponto de intersecção destas diagonais, que ficou fora do recorte, representou a posição do centro de gravidade deste recorte. Desta maneira, chegaram à conclusão de que o CG poderia estar fora do recorte. A figura abaixo mostra um dos recortes criados pelos grupos de alunos para determinar o CG por este método.

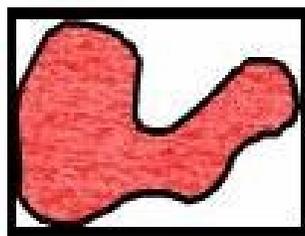


Figura 29 - Representação do traçado de um quadrilátero de forma que seus lados tangenciam a figura construída pelo GR2

Observa-se, até o momento, a criatividade dos aprendentes manifestada na diversidade dos métodos geométricos propostos e adotados para encontrar a

posição do centro de gravidade dos recortes construídos pelos próprios alunos. Entre os métodos adotados, pode-se salientar os seguintes:

- traçar segmentos de reta perpendiculares a cada lado do recorte (quadrado e retângulo), o centro de gravidade estando no ponto de intersecção destes segmentos;

- traçar as diagonais (hexágono, quadrado e retângulo), o centro de gravidade estando no ponto de intersecção das mesmas;

- traçar segmentos de reta (triângulo) que partem da metade de cada lado até o centro do triângulo, onde estaria, na idéia dos alunos, o centro de gravidade;

- traçar as mediatrizes (triângulo), estando o centro de gravidade, na idéia dos alunos, no ponto de intersecção das mesmas;

- traçar as medianas (triângulo), estando o centro de gravidade, na idéia dos alunos, no ponto de intersecção das mesmas;

- circunscrever um quadrilátero com as diagonais de forma que seus lados tangenciam a figura construída pelo aluno. O ponto de intersecção destas diagonais representa a posição do centro de gravidade.

Na atividade com o disco de PVC, os alunos foram solicitados a encontrar uma forma para o disco ficar em equilíbrio, suspendendo arruelas nos parafusos. Procedendo por tentativa e erro, chegaram a resultados satisfatórios e, por sugestão dos próprios aprendentes, organizaram os resultados sintetizando seus procedimentos e resultados com o auxílio de uma tabela. A tabela foi construída, no quadro verde, por um dos alunos participantes da oficina.

Esta tabela compreende quatro colunas, as duas primeiras se referem ao lado esquerdo do disco e as outras duas, ao lado direito. Observa-se que a idéia da tabela é interessante, se bem que a mesma não está completa e clara, sugerindo

que os aprendentes ainda têm dificuldades em construí-la sem o auxílio do pesquisador.

Explicita-se, a seguir, o significado dos elementos de uma das linhas para que ocorra a correta interpretação do leitor daquilo que os alunos escreveram. A terceira linha da tabela corresponde a uma arruela suspensa no quinto parafuso e a uma arruela suspensa no terceiro parafuso do lado esquerdo do disco e a duas arruelas no segundo parafuso e a uma arruela no quarto parafuso do lado direito do disco ($1.5+1.3= 2.2+1.4$).

n.º arruelas	n.º parafusos	n.º arruelas	n.º parafusos
2	1	2	1
2	5	2	5
1 / 1	5 / 3	2 / 1	2 / 4
1	5	5	1
1	4	4	1

Figura 30 - Tabela construída pelos alunos com os resultados das posições das arruelas em que o disco não girou

Na atividade da balança T, pediu-se para os alunos recortarem, em papel cartão, uma balança no formato de um T. A maioria dos aprendentes, exceto um, utilizaram régua para desenhá-la. Como consequência, a balança T desenhada sem a régua, ao ser recortada, apresentou-se assimétrica e, por isso, o aluno a descartou. Este procedimento adotado pelo aprendente denota um obstáculo observado pelo pesquisador, ou seja, a falta de rigor do aluno para realizar os recortes.

Ao construírem a balança analítica, observou-se que os alunos procederam das mais diversas formas. Alguns recorreram ao seu conhecimento de matemática,

outros fizeram comparação das peças que estavam construindo com o modelo da balança analítica, outros fizeram medidas das dimensões das peças constituintes da balança.

Mostra-se, a seguir, um extrato exemplificando um procedimento utilizado pelos alunos na construção do prato da balança. Um dos aprendentes lançou mão de seu conhecimento prévio, usando o transferidor e noções de matemática, para marcar os pontos onde deveria fixar os fios de linha para suspender o prato na balança. Ele disse que uma circunferência tem trezentos e sessenta graus e dividiu o ângulo central em três ângulos de cento e vinte graus cada um.

Z: No transferidor. De que maneira? D: Como ele é uma volta toda, 360° dividido por 3. Z: Então o Diego colocou o transferidor sobre o recorte e a partir da posição do ângulo zero ele está marcando na posição 120° . D: Mais 120° e outro 120° .

Solicitou-se que os alunos recortassem, no papel milimetrado, alguns desenhos geométricos e determinassem a sua área. Observa-se que os aprendentes utilizaram diferentes procedimentos como medição dos lados dos recortes e cálculo da área por meio da fórmula, contagem do número de quadrados do papel milimetrado em dois lados do recorte, base e altura, e multiplicação dos números obtidos.

Um grupo de alunos procedeu utilizando o seu conhecimento prévio sobre o conceito de área e sobre a utilização do papel milimetrado, realizando a contagem dos quadrados contidos neste papel.

Z: O que vocês estão fazendo? N: Quadrado. Z: Podes explicar como está fazendo? N: Eu peguei o papel milimetrado e comecei a recortar o quadrado. RA: É que já está milimetrado, já está desenhado, é só recortar os lados iguais. N: É que a gente está fazendo o quadrado e como o papel é milimetrado, já está todo contadinho, já está todo marcadinho, os quadradinhos é só contar quantos quadradinhos tem para um lado e quantos tem para o outro.

Pela análise realizada, corrobora-se a idéia de Sér , Coelho e Nunes (2003), no sentido de que, ao desenvolver atividades experimentais, o aluno torna-se ativo na constru o da ciência, apropriando-se de variadas técnicas e métodos.

Pode-se observar que, por meio dos procedimentos adotados pelos alunos, os mesmos desenvolveram a es e testes, sendo estimulados a questionar e investigar alguns conceitos envolvidos na experimenta o.

Analisando os procedimentos adotados pelos aprendentes, evidencia-se a importância da Matemática como elemento estruturante da Física. Foram encontradas formas de mostrar o papel exercido pela Matemática no aprendizado da Física. Por exemplo, nos momentos em que se solicitou aos aprendizes que criassem métodos procedurais para encontrar a posi o do centro de gravidade dos recortes, os alunos utilizaram o seu conhecimento matemático entre traçados de diagonais, de medianas e inscri o de uma figura em outra.

Finalmente, pode-se dizer que os aprendentes utilizaram os mais variados procedimentos para desenvolver as atividades propostas, como:

- a) elabora o de diferentes métodos geométricos para determinar o centro de gravidade dos recortes de papel cartão;
- b) constru o de tabelas sintetizando resultados e procedimentos experimentais;
- c) medi es, c culos e contagens para a determina o da área de recortes geométricos.

3.4 Atitudes de investiga o científica desenvolvidas pelos alunos

Consideraram-se algumas atitudes de investiga o científica, por acreditar-se que a aprendizagem desenvolvida por meio de atividades experimentais que

refletem a atividade científica pode favorecer a construção de um novo conhecimento para o aluno.

Além disto, acredita-se nesta prática social de referência, porque pode-se fazer o aluno vivenciar o modo de se fazer ciência, no laboratório escolar, comparado à ciência no mundo do cientista.

Dividiu-se a categoria *atitudes de investigação científica* em subcategorias, conforme o item 2.2.6 (p. 96), inspirando-se em grades de análise construídas por outros autores como Host apud Giordan (1978) e Coelho et al. (2000). Esta pesquisa não considera os níveis diferenciados de cada subcategoria classificados pelos autores. Para a escolha destas categorias e subcategorias consideraram-se as reações dos alunos descritas em trabalhos anteriores dos autores referidos neste parágrafo. Com base nestas descrições, apresenta-se a análise a seguir.

Destaca-se, inicialmente, a atitude de investigação científica de *abertura ao outro*. Esta atitude caracteriza-se pelo fato do aluno colaborar com o outro, levando em consideração as idéias e os procedimentos dos colegas e auxiliando-se mutuamente para atingir um objetivo imediato. Esta atitude é evidenciada também quando o aluno procura dar explicações e coopera com os outros, dividindo tarefas de forma coordenada, em função de um projeto comum (COELHO et al., 2000).

O extrato abaixo mostra a importância da atitude de abertura aos outros por auxiliar os alunos a atingir um objetivo: um grupo de alunos quer encontrar a posição do CG de um hexágono. Os aprendentes do grupo três reinvestem o seu conhecimento e cooperam entre si para atingir o objetivo imediato de encontrar a posição do CG do hexágono.

MA: No hexágono, eu faria também a mesma coisa, de um ponto ao outro.
RA: Faria um xis. MI: Pegaria de um ângulo até outro, passaria uma diagonal e depois de um outro ângulo até outro.

Esta atitude dos participantes do grupo é importante porque permite a cada aluno participar da discussão.

Os aprendizes procuram, num primeiro momento, dar explicações por que o disco não gira quando as arruelas estão suspensas nos seus parafusos. Neste primeiro momento, as explicações não são completas. Observa-se, no extrato abaixo, que a abertura dos alunos do grupo os incita a esta ação.

RE: Uma arruela no eixo, duas, uma em cada ponta e uma em cima e outra embaixo. I: É como eu falei, parece uma cruz. MA: Eu tenho uma explicação porque isso aconteceu. Eu acho que é mais ou menos o que eu estava dizendo antes, por exemplo, ficam três de cima a baixo e na linha horizontal também tem três, então sempre vão estar equilibradas.

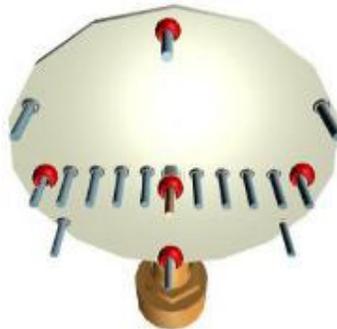


Figura 31 - Representação do procedimento que os alunos realizaram para deixar o disco em equilíbrio

Na atividade em que os alunos constroem a balança analítica, observou-se que a abertura dos participantes foi fundamental no sentido de haver a cooperação entre os participantes para que o trabalho em grupo pudesse progredir. O extrato abaixo apresenta o pesquisador levando em conta esta atitude, observando que os alunos dividiram tarefas durante a atividade.

Z: Então a base da balança está pronta e agora vocês estão começando a construir o braço da balança. Eu pude observar que vocês se dividiram: a Marcela está fazendo um pouco e a Bruna outro pouco. Vocês acham melhor trabalhar assim? B: Eu acho.

Também se observou que os alunos cooperam entre si, trocando tarefas de forma coordenada em função de um objetivo comum. Nesta mesma atividade, um aluno estava tentando organizar o prato da balança e outro o pedaço de madeira com alfinetes para suspender a balança analítica. Num determinado momento, resolvem trocar as tarefas para facilitar o trabalho e prosseguir com a construção da balança analítica.

D: Medir o tamanho da linha. Z: Medir o tamanho da linha, então vamos ver como tu vais fazer isso e, por enquanto, a Denise está tentando fixar os alfinetes na madeirinha. Vocês vão trocar de função? Por quê? D: Porque a Denise tem mais habilidade com o fio para amarrar o cordão no prato da balança e eu tenho mais habilidade para fixar o alfinete na madeirinha da balança (neste caso, o próprio aluno D utiliza a palavra "habilidade").

Na atividade das aplicações da balança analítica, houve o momento em que os alunos precisavam determinar a área de recortes. Observou-se que havia dificuldades para o grupo número um realizar este procedimento, especificamente quanto à área de um quadrado. Por meio da intervenção do pesquisador, possibilitando a interação dos grupos, levando em consideração as idéias de cada um, estimulando o diálogo entre um grupo e outro, o grupo número um foi auxiliado, resolvendo o seu problema.

Z: O grupo número um está com dificuldade de determinar a área de um recorte quadrado, alguém poderia auxiliá-los? RA: É só fazer bases vezes altura. T: Então está certo.

Analisa-se a seguir, como atitude de investigação científica, a *iniciativa*. Esta atitude caracteriza-se pelo fato do aluno, em determinados momentos das atividades propostas, realizar uma investigação por conta própria, manifestar-se quando não é

solicitado e não ficar passivo frente às situações que se apresentam (COELHO et al., 2000).

O extrato abaixo situa o momento em que os alunos estavam investigando a posição do CG de figuras quaisquer e um dos grupos, por iniciativa própria, resolveu ir além na investigação. O grupo número três começou a investigar o CG e o equilíbrio de um objeto construído por eles, comparado a uma balança. O grupo utilizou o suporte com o prego e colocou uma régua de trinta centímetros apoiada sobre o seu CG, ou seja, na posição quinze centímetros. Esta situação mostra que os alunos, por iniciativa própria, não ficaram passivos, o que favorece a construção do seu conhecimento. Os alunos recorreram ao conhecimento construído anteriormente sobre o CG e o reinvestiram neste momento.

N: Fizemos tipo uma balança. Pegamos uma régua de 30 centímetros e a colocamos sobre o prego na posição quinze centímetros (em relação à extremidade da régua). No ponto de vinte e cinco centímetros colocamos uma caneta e na posição cinco centímetros, outra caneta praticamente igual e tudo ficou em equilíbrio.

Ao estudar as possibilidades do disco de PVC não girar, observou-se que alguns alunos realizavam uma investigação por conta própria. Por meio de ensaio e erro, suspendiam as arruelas nos diversos parafusos até encontrar alguma possibilidade do disco não girar. Isto possibilitou aos aprendentes a busca da solução para resolver o problema proposto: como deixar o disco em equilíbrio. Também esta iniciativa auxiliou o grupo a elaborar o conceito de torque quando observaram que havia uma relação de proporção entre a massa e a distância das arruelas. O extrato abaixo mostra o momento em que um dos alunos suspende duas

arruelas no segundo parafuso do lado esquerdo do disco e uma arruela no quarto parafuso do lado direito do disco e ele fica em equilíbrio.

N: Agora coloquei 1 arruela no quarto parafuso de lá e 2 arruelas aqui, no segundo parafuso e ele não girou. (2.2 = 1.4)

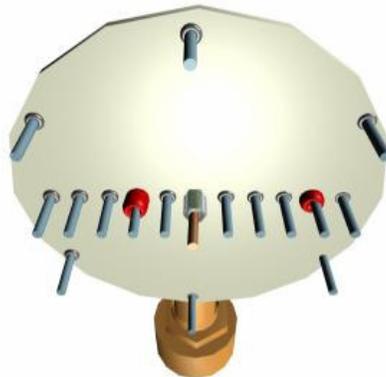


Figura 32 - Exemplo de disposição das arruelas suspensas pelos alunos nos parafusos na situação em que o disco não gira

Durante a construção da balança analítica, os alunos continuaram a participar ativamente, ou seja, de interagir com as situações que se apresentavam. Acredita-se que ocorreu esta interação com o desenvolvimento das atividades porque o pesquisador valorizou o que os alunos realizavam.

O extrato abaixo apresenta a situação em que os alunos constroem a balança analítica. Ofereceu-se aos aprendentes um modelo de balança analítica pronta. Observa-se que um dos grupos de alunos, por iniciativa própria, resolveu fazer o braço da balança um pouco menor e investigar o que aconteceria.

RA: Nosso travessão tem 17cm, não 20 como o modelo da balança e aí como a gente viu que não ia precisar de tantos objetos, tantos parafusos e madeira em cima do travessão, a gente colocou e até que ficou equilibrada.

O modelo da balança oferecido aos alunos possuía um braço com vinte centímetros de comprimento. O grupo construiu-a com um braço de dezessete

centímetros e continuou a atividade procurando equilibrá-la e conseguiu. A importância do aluno ter iniciativa é que esta atitude o incita a realizar uma investigação por conta própria de algo que não está previsto e a se manifestar quando não for solicitado. Mesmo não seguindo o modelo, o grupo obteve o equilíbrio da balança.

A iniciativa também se fez presente quando os alunos procuravam resolver um problema proposto: estavam com a balança analítica pronta e precisavam encontrar a posição, no braço da balança, em que deveriam colocar o padrão de massa de um grama. Observa-se que, enquanto o pesquisador discutia com um dos alunos, outro aprendiz, por iniciativa própria, já estava testando o procedimento do seu colega para solucionar o problema proposto.

Z: Onde vocês acham que devemos colocar a medida padrão para ter 1 grama? T: No 1. Z: No 1, que 1? T: No 1 centímetro. RE: Acho que não. Eu estou tentando deixar a argolinha no 1 e para equilibrar a balança, tenho que colocar mais massinha de modelar. Acho que é massinha demais para 1 grama.

Nota-se que, por meio da consideração da iniciativa dos alunos por parte do pesquisador, os aprendentes têm mais facilidade para desenvolver seus procedimentos e interagirem no grupo.

Entretanto, houve falta de iniciativa dos alunos em utilizar livros para auxiliá-los durante as entrevistas e oficinas. Esta falta de iniciativa denota um obstáculo observado pelo pesquisador. Havia livros como fonte bibliográfica, recurso indiscutivelmente valioso em caso de dúvidas. Mesmo havendo a necessidade de procurar respostas para suas dúvidas, os alunos jamais recorreram aos livros expostos na sala de aula.

Considerou-se também como atitude de investigação científica a *criatividade*. Esta tem por característica o fato do aluno inventar modelos ou procedimentos, concebendo explicações (COELHO et al., 2000), como também o fato de criar novas soluções em face de uma situação dada (HOST apud GIORDAN, 1978).

Nota-se a importância de possibilitar ao aluno momentos em que ele pode criar técnicas que o libera da passividade. O aprendente cria procedimentos experimentais que o auxiliam na construção do seu conhecimento.

Observa-se, no extrato abaixo, a reação de um dos alunos ao criar um procedimento que não havia sido discutido: queria traçar um quadrilátero com suas diagonais de forma que os lados deste quadrilátero tangenciam a figura construída por ele. A intersecção das diagonais indicaria a posição do CG.

RA: Talvez a gente poderia colocar esse recorte, por exemplo, num quadrado um pouco maior e daí traçar linhas nesse quadrado para achar o ponto central.

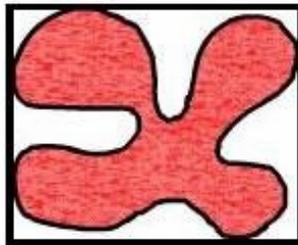


Figura 33 - Recorte qualquer criado pelo aluno com o traçado de um quadrilátero de forma que seus lados tangenciam a figura construída pelo aluno

A *atitude crítica* é outra atitude de investigação científica apreciada nesta pesquisa. Como características desta atitude, salienta-se que os aprendizes colocam em dúvida algumas idéias estabelecidas no seu grupo e discordam entre si (COELHO et al., 2000).

O extrato a seguir mostra o momento em que os alunos precisavam encontrar o CG do sanduíche com a moeda. Um dos alunos sugeriu que poderia utilizar o

método geométrico por meio do traçado das diagonais do retângulo. Outro aluno, do mesmo grupo, discorda e justifica a sua idéia dizendo que a massa interfere no CG do sanduíche.

Z: Como é que vocês podem achar o CG dele? D: Pelas diagonais. C: Acho que não. D: Por que não? C: Por causa da massa.

Observa-se, também, que o pesquisador abriu espaço para ocorrer o exercício da crítica explicitado no extrato acima. A atitude crítica do aluno favoreceu a confrontação. O aprendente não ficou passivo frente à resposta dada ao pesquisador. Esta situação auxiliou o grupo a elaborar o conceito de CG, no sentido de que a distribuição da massa interfere na posição do CG.

Uma das conseqüências do exercício da crítica é a tomada de consciência de um procedimento por parte do aluno. Ao deixar suspenso pelo fio de prumo um dos recortes, outro aluno, por tomada de consciência, critica a falha do procedimento sobre o resultado que obtém. Neste caso, o que levou o aluno à tomada de consciência foi a sua observação crítica, comparando procedimentos.

MA: Tem uma luz em cima, então dá para ver a sombra dela que está quase em cima do ponto que a gente fez, como a gente não utilizou régua, talvez o ponto não esteja no meio exato, assim, então, talvez realmente a linha esteja no lugar certo.

A *curiosidade* é outra atitude de investigação científica considerada nesta pesquisa. Os alunos surpreendem-se diante de uma situação que colocam em dúvida. Por serem curiosos, elaboram questionamentos e propõem procedimentos que os auxiliam na investigação (HOST apud GIORDAN, 1978; COELHO et al., 2000).

O extrato a seguir apresenta o aluno curioso formulando questionamento no decorrer do trabalho e com vontade de conhecer o que não fora discutido anteriormente. No momento em que estavam encontrando a posição do CG dos seus recortes, um aprendiz do grupo três ficou curioso e, por meio de um questionamento, queria saber como faria para encontrar o CG de uma "figura abstrata".

RA: Como nós conseguimos encontrar o ponto central de uma figura abstrata, de vários lados, de várias formas? Z: O que seria uma figura abstrata? MA: Como quando tu fritar um ovo, ele fica todo espalhado.

Por meio desta curiosidade, alguns alunos iniciaram, por iniciativa própria, um procedimento que havia sido planejado, pelo pesquisador, para ser aplicado em outro momento: fazer um recorte qualquer e investigar onde se localiza o seu CG. Observa-se que deixar o aluno livre para manifestar a sua curiosidade e buscar soluções, favorece a pesquisa daquilo que o aprendente tem vontade de conhecer.

Referente à atividade em que se solicitou aos alunos efetuarem um recorte qualquer, um grupo de aprendentes investigou a posição do CG deste recorte apoiando-o sobre o suporte com o prego e não conseguiu apoiá-lo. Após, utilizaram o fio de prumo. Ao aplicarem este procedimento, ficaram impressionados com o fato do CG ficar fora do recorte.

Quando os alunos precisavam utilizar o disco de PVC e investigar as possibilidades para não deixar o disco girar, um grupo, por curiosidade, tem vontade de testar as diversas possibilidades de suspender as arruelas nos parafusos para o disco não girar. Essa atitude gerou questionamento e não deixou o aluno passivo; ele não se contentava e queria uma explicação.

Z: A Marcela tentou colocar todas as arruelas do lado direito do eixo: uma no segundo parafuso e uma no quarto. Por que tu escolheste estas posições? MR: Não sei. Porque eu queria escolher uma dali para ver o que acontecia. B: Girou. MR: Tá, mas só me explica uma coisa: por que não ficou equilibrado?

Na atividade em que precisavam construir a balança T, observou-se que os aprendentes utilizavam procedimentos discutidos na atividade anterior. Ao terem construído esta balança, solicitou-se que encontrassem o seu CG. Os grupos um e dois fizeram por um método geométrico, traçaram um quadrilátero com suas diagonais de forma que os lados deste quadrilátero tangenciam a balança T e o ponto de intersecção das diagonais indica a posição do CG, e o grupo três utilizou o seu suporte com prego. Houve uma discussão em grande grupo e os alunos do grupo dois surpreenderam-se diante da situação que eles encontraram, ou seja, utilizaram o método geométrico descrito neste parágrafo para encontrar o CG e não conseguiram encontrá-lo. Um dos alunos deste grupo propõe um procedimento que enriquece o trabalho: utilizar o suporte com o prego. Observou-se que a prática pedagógica do pesquisador, deixar o aluno livre para proceder, foi de vital importância para que a curiosidade do aprendente pudesse se manifestar. Um dos componentes do grupo dois, o aluno N, quer testar o procedimento realizado pelo grupo três e se surpreende com o resultado obtido. Este aluno levou a sua balança T ao suporte com o prego, apoiou-a sobre ele, e ela não equilibrou. Ficou surpreso com o resultado.

Z: Agora que vocês recortaram a balança T peça para encontrarem o seu CG. [...] Z: O grupo número 3 fez pelo método do suporte com prego, os grupos 2 e 1 fizeram pelo método geométrico, traçado das diagonais. O grupo 2 está me dizendo que quer usar o suporte de prego do grupo 3 para testar. N: Ah, ela não se equilibra! Não deu certo.

Apesar de não serem os métodos mais apropriados para encontrar a posição do CG da balança T, é válido valorizar os procedimentos dos três grupos porque, aos poucos, os alunos começam a se aproximar do conhecimento científico. O método mais adequado seria o de utilizar o suporte com fio de prumo.

Outra atitude de investigação científica considerada nesta pesquisa foi a *autoconfiança*. O aluno expõe suas idéias, opiniões e procedimentos diante dos colegas, se engaja nas atividades e há persistência de sua parte, mesmo em caso de fracasso (COELHO et al., 2000). Procura resolver um problema pela observação e experimentação, ao invés de perguntar ao professor (HOST apud GIORDAN, 1978). Provavelmente isso aconteceu porque o pesquisador interveio constantemente e incentivou os aprendentes a desenvolver esta atitude.

O primeiro extrato refere-se à atividade em que os alunos precisavam encontrar o CG de um recorte qualquer por outro método, que não fosse utilizar o suporte com o prego. Um dos alunos sugere um método geométrico, pelo traçado das diagonais em um quadrado, ou seja, o ponto de intersecção das diagonais seria o CG do recorte. Como o aluno está confiante, desenvolve seu procedimento. Fica explícito o engajamento do aprendiz em desenvolver este procedimento em um hexágono, encontrando o CG deste recorte.

Z: Então o Mateus acha que é através do “traçado de uma ponta a outra”?
MA: Sim, e o ponto de encontro desses traçados seria o ponto de equilíbrio. [...] Z: E no hexágono, como seria? MA: No hexágono eu faria também a mesma coisa, traçaria as diagonais.

Percebe-se a importância do pesquisador flexibilizar o seu planejamento e deixar o aluno participar ativamente no desenvolvimento das atividades. Observa-se que o aprendiz desenvolve autoconfiança e acredita naquilo que realiza e não fica passivo diante do processo.

O engajamento do aluno numa atividade e a sua persistência em caso de fracasso são apresentados no extrato a seguir, destacando estas duas características da atitude de autoconfiança. No momento em que os aprendentes precisavam utilizar o disco de PVC e descobrir possibilidades de não deixá-lo girar, as tentativas foram inúmeras mas, mesmo não conseguindo encontrar uma solução, persistiam na investigação. Graças a essa abertura promovida pelo pesquisador, ao engajamento e à persistência dos alunos, os mesmos começaram a elaborar o conceito de torque.

M: Nós tentamos botar duas arruelas no quinto parafuso de um lado, uma no quinto e uma no quarto do outro lado para tentar equilibrar, e também não funcionou. (2.5 \neq 1.5 + 1.4) [...] M: Por que eu acho que está relacionado com a distância também, porque não adianta colocar as duas arruelas do outro lado, acho que tem que ser um lugar específico, a mesma distância entre os dois pontos, se eu colocasse na ponta eu acho que ela ia se mover, então tem que ter a mesma massa e a mesma distância para entrar num equilíbrio.

Ao desenvolver a atividade das aplicações da balança analítica, solicitou-se aos alunos que construíssem uma tara para esta balança. O grupo número dois apresentou a atitude de autoconfiança caracterizada por persistir no fracasso diante da situação exposta. Os alunos poderiam simplesmente abandonar a pesquisa e esperar uma resposta pronta mas, o que se observou, foi o contrário. Por meio da valorização dos procedimentos dos alunos e incentivo do pesquisador, os aprendentes confiaram em si, tiveram coragem de investigar e conseguiram localizar a posição em que deveriam fixar a tara da balança analítica.

F: Primeiro nós pegamos a metade de uma massinha de modelar e daí vimos que a balança ficou totalmente desequilibrada, foi lá embaixo. Daí nós, por tentativa, fomos botando metade, tirando um pouquinho, até conseguirmos equilibrar no número 18.

Ao realizar a análise dos extratos apresentados acima, sobre as atitudes de investigação científica, por meio da aproximação de atividades investigativas com o modo real de se fazer ciência, pode-se dizer que existe a possibilidade destas atitudes auxiliarem os alunos na construção do seu conhecimento. Observa-se, também, que esta aproximação pode possibilitar ao aprendente o desenvolvimento de atitudes e métodos de pensamento que se pareçam com aquelas desenvolvidas no mundo científico.

Observa-se que as atitudes desenvolvidas pelos alunos torna-os seres críticos e atuantes, participantes ativos no processo ensino-aprendizagem. Nota-se, também, que a abertura dada pelo pesquisador aos alunos, durante o desenvolvimento das tarefas, deixa-os mais motivados para construir o seu conhecimento e investigarem aquilo que lhes é curioso.

Os resultados da análise das atitudes de investigação científica colocam em evidência o quanto é importante a didática do professor frente aos seus alunos, para promover a construção do conhecimento.

Corroborar-se com Coelho et al. (2000), que sugere o progresso do aluno em termos de atitudes, de conceitos e de metodologia experimental, visando à aquisição de uma prática científica em atividades experimentais.

Os resultados obtidos denotam que as atitudes de investigação, mediadas pelo professor pesquisador, foram fundamentais para o desenvolvimento dos alunos em termos de atitudes, de conceitos e de metodologia experimental.

A seguir, apresenta-se a síntese dos resultados relativos a cada atitude de investigação científica referente aos aprendentes.

Com relação à atitude de abertura aos outros, observa-se que os alunos:

- interagem entre si;

- dividem tarefas de forma coordenada;
- cooperam entre si por meio da troca de tarefas;
- levam em consideração as idéias de cada um, valorizando o diálogo entre iguais.

Quanto à atitude de iniciativa, pode-se verificar algumas características relacionadas com a investigação por conta própria, a saber:

- realizam investigação por conta própria;
- manifestam-se quando não são solicitados.

Com relação à criatividade, observa-se que durante a pesquisa os alunos:

- propõem situações experimentais novas;
- criam procedimentos;
- concebem explicações.

Observa-se que a atitude crítica manifestou-se quando os alunos colocaram em dúvida idéias estabelecidas no seu grupo e discordaram entre si. Também observa-se que os alunos:

- realizam crítica com argumentação;
- identificam falhas nos procedimentos;
- comparam procedimentos e selecionam o mais adequado.

Quanto à curiosidade, observa-se que os alunos:

- surpreendem-se diante de uma situação;
- elaboram questionamentos;
- interessam-se e propõem procedimentos experimentais.

Em relação à autoconfiança, observou-se que os aprendentes:

- engajam-se nas atividades e persistem, mesmo fracassando;
- expõem suas idéias, opiniões e procedimentos diante dos colegas;

- resolvem um problema pela observação e experimentação, ao invés de perguntar ao professor.

3.5 Metodologia experimental utilizada pelos pesquisados

Apreciou-se a *metodologia experimental* utilizada pelos alunos para desenvolver as atividades propostas, *falseamento* e *operante experimental*, por considerá-las fundamentais no processo de construção do conhecimento dos aprendentes, por auxiliar o aprendiz a ter uma imagem de como a ciência funciona, por mostrar ao pesquisador como o aluno aprende.

Inicialmente, apresenta-se a metodologia de *falseamento* desenvolvida pela confrontação entre o conhecimento prévio do aprendente e os resultados obtidos por meio da experimentação. No falseamento, os aprendizes colocam em dúvida o seu ponto de vista, rejeitando o seu conhecimento prévio em favor de fatos e resultados experimentais.

Percebe-se, como outros autores, Giordan (1978) e Coelho et al. (2000), que alguns alunos permanecem no estado de crença, enquanto outros se baseiam em suas observações para falsear o seu conhecimento prévio, procurando a causa do acontecimento, tentando analisá-lo e justificá-lo. Tais resultados são discutidos a seguir, expondo-se alguns extratos de entrevistas e oficinas, considerando a metodologia experimental utilizada pelos pesquisados.

A seguir, apresentam-se duas situações em que os alunos comparam os resultados obtidos por dois métodos de determinação do CG, um pelo método geométrico das diagonais e outro pelo apoio sobre o suporte com o prego, e falseiam um em favor do outro.

A primeira situação refere-se ao momento em que os alunos construíram um sanduíche com uma moeda no seu interior. Solicitou-se que obtivessem o CG deste sanduíche, após terem encontrado o CG do sanduíche sem a moeda. Os alunos aplicam o método geométrico das diagonais.

RA: E com a moeda também ficou na parte vazada, em cima da moeda. Z: Então a intersecção das diagonais, nos dois sanduíches, ficou na parte vazada. Mas nesse sanduíche com a moeda, ficou diferente ou ficou igual? RA: Ficou igual porque a parte vazada era o centro, está vazado. [...] Z: Então a moeda não alterou em nada? RA: Não. [...] MA: Aparentemente, olhando assim, não se nota nenhuma diferença.

Por iniciativa própria, um dos alunos sugere proceder pelo método do apoio do objeto sobre o suporte com o prego.

RA: É, mas do mesmo jeito, se a gente deixasse sem a moeda ia passar, não sei porque a gente não tenta no suporte com o prego. Z: E vocês já tentaram confirmar isso no suporte com o prego? MA: Não. (nesse instante apóiam o sanduíche no suporte com o prego)

Desta maneira, os alunos falseiam o método geométrico das diagonais optando pelo método do apoio sobre o suporte com o prego e justificam que a massa interfere na posição do CG deste objeto.

RA: Ela ficou mais inclinada pro lado. MA: Por causa da massa da moeda. Z: Tu achas que a moeda interfere? MA: A massa da moeda... Z: A massa da moeda interfere? MA: A massa da moeda interfere, com certeza.

A outra situação apresenta o momento em que os alunos recortaram a balança T e pediu-se para descobrirem o CG desta balança. Um dos alunos quer encontrar o CG por meio de um método geométrico, ou seja, quer traçar um quadrilátero de forma que os lados deste quadrilátero tangenciam a balança T. Afirma que ao traçar

as diagonais do retângulo, o ponto de intersecção das mesmas corresponderá a posição do CG.

Z: Como é que podemos achar o CG desta balança [...] N: [...] é que eu me lembrei de fazer um quadrado grande e traçar as suas diagonais, estou colocando o T no meio do quadrado e onde as diagonais se cruzarem, vai ser o CG.

Logo após, quer comparar o resultado deste procedimento com o procedimento do suporte com o prego, apoiando a balança T sobre este prego.

Z: Então o grupo número três procedeu pelo método do suporte com o prego, o grupo número um e dois pelo método geométrico das diagonais. O grupo número dois está me dizendo que quer usar o suporte com o prego para testar.

O aluno sente a necessidade de confrontar os diferentes métodos e observa que a posição do CG não é a mesma. A balança T é irregular, sendo impossível utilizar o procedimento do método geométrico citado acima. Este falseamento caracteriza-se pela procura de uma justificativa oriunda da comparação de diferentes resultados experimentais obtidos por observações.

[...] N: Ah, ela não se equilibra! Não deu certo. [...] A balança não é um quadrado, é um T, no retângulo horizontal tem mais massa que no vertical, daí desequilibra.

Ficou evidente que os alunos sentiram a necessidade de confrontar métodos, de obter resultados por diferentes métodos. É interessante, do ponto de vista científico, comparar resultados adquiridos por procedimentos diferentes e notar que esses métodos têm limites, condições de validade, podem ser usados em algumas situações e em outras, não.

Abaixo, mostra-se a situação em que os alunos estavam realizando medições de massa de alguns objetos. Com a intervenção do pesquisador e o auxílio de um dos colegas, observa-se que o aluno F muda de idéia em função dos resultados. Neste caso, propôs-se aos alunos realizarem medições da massa de objetos quaisquer na sua balança analítica. Um dos alunos colocou sobre o prato da balança um brinco e, sobre o braço, o padrão de massa. Esse padrão foi posicionado sobre o número dezenove do braço da balança e aí ela ficou equilibrada. O aluno apenas observou o equilíbrio e fez a leitura da escala, dizendo que o brinco possuía uma massa de dezenove gramas.

Z: Como é que vocês conseguiram a medida da massa do brinco? F: Colocamos a argola bem para a extremidade, no número 19, deu 19 gramas

Como o pesquisador estava atento, realizou algumas intervenções e promoveu uma discussão possibilitando que o aluno RA expusesse as suas idéias.

Z: Quantos gramas conseguiram do tic-tac? [...] N: 1,3. RA: A gente encontrou 13, mas é 1,3. Z: Por que tu achas que é 1,3 gramas? RA: Porque quando a gente marca, coloca o nosso peso no 10, que é 1 grama, então no 13 vai ser 1,3.

Na realidade, essa massa correspondia a um grama e nove décimos e o aluno muda de idéia em função dos resultados expostos pelos outros colegas.

T: Então está tudo errado! [...] Z: Agora, quanto é a massa do brinco? [...] F: 1,9. Z: 1,9 gramas.

Neste caso, observa-se que os alunos fazem a confrontação de resultados diferentes de leitura da escala, falseando um em favor do outro, promovendo a leitura correta da escala.

A seguir, expõe-se a metodologia *operante experimental*. Os alunos, no decorrer do desenvolvimento das atividades e das análises, tateiam para resolver um problema, libertando-se, aos poucos, das operações concretas em direção às operações abstratas. Também raciocinam sobre o possível e elaboram hipóteses (GIORDAN, 1978; COELHO et al. 2000).

Durante as atividades, em vários momentos, os alunos formularam hipóteses para solucionar os problemas que se apresentavam. Observa-se, no decorrer dos próximos extratos, que o tateamento e o raciocínio sobre o possível auxiliaram os alunos na elaboração de novos conceitos e na criação de novos procedimentos.

Inicialmente, apresenta-se o extrato em que os alunos foram desafiados a suspender um recorte que confeccionaram, por iniciativa própria, no suporte com fio de prumo. Valoriza-se a fala de um dos alunos e elabora-se um questionamento, antes do aluno realizar o procedimento. Este aluno faz um raciocínio sobre o possível, formula uma hipótese, supondo que a intersecção dos segmentos de reta traçados indicaria o "ponto central" deste recorte.

MA: Eles vão se encontrar. Z: Como é que é, Mateus? Podes falar novamente? MA: Eles vão se encontrar. [...] MA: Por que seja o ponto central, talvez.

Quando se solicitou aos alunos para descobrirem uma forma de colocar as arruelas nos parafusos do disco de PVC de tal maneira que o mesmo não girasse, antes de realizar o experimento, um deles lançou a hipótese de que a posição da arruela em relação ao eixo interfere no movimento do disco.

Z: Se eu colocar duas arruelas no primeiro parafuso do lado esquerdo do eixo, o que podemos fazer para o disco não girar? MA: Colocar mais duas arruelas do outro lado. Z: Por quê? MA: Porque eu acho que está relacionado com a distância. Também porque não adianta colocar as duas arruelas do outro lado, acho que tem que ser num lugar específico, a mesma distância entre os dois pontos.

Nesta mesma atividade, antes de realizar o experimento, outro aluno expôs a hipótese de que a massa também interfere no equilíbrio do disco.

N: Se equilibrar a massa, pode ser colocada uma no parafuso bem perto do meio e uma na beiradinha, só que eu acho vai ter que aumentar a massa da arruela que tiver bem mais perto do meio.

Inicialmente, verifica-se que os alunos procederam por meio de tentativa e erro até descobrirem uma forma do disco não girar.

M: Uma arruela no quinto e uma no terceiro parafuso do lado esquerdo e tem duas arruelas no primeiro parafuso do lado direito e o disco girou no sentido anti-horário. [...] N: Se colocasse uma arruela no quarto parafuso de lá, eu acho que iria colocar quatro arruelas aqui, no primeiro parafuso.

Por meio da elaboração das hipóteses, ensaio e erro, os alunos iniciaram a elaboração do conceito de torque ao exporem a idéia de que o disco não gira porque existe uma relação entre a distância das arruelas em relação ao eixo e a massa destas arruelas.

N: (transcrição do que o aluno escreveu) Observei que para o disco não girar existe uma relação diretamente proporcional entre a distância e a massa.

Ao discutir-se a balança T, o raciocínio sobre o possível foi fundamental para os alunos refletirem e iniciarem a elaboração da noção de sensibilidade da balança. No momento em que estavam suspendendo a balança T pelos furos, questionou-se qual seria o melhor furo para suspendê-la. Um dos alunos, no grande grupo, lançou a hipótese de que seria melhor suspendê-la no furo número um (figura 15, p. 85), porque ali ela balança menos, fica mais “estável”. O aprendente utiliza a palavra “estável” ao referir-se ao menor deslocamento da balança.

T: Pelo furo 1, porque está mais estável, ela balança menos.

Nota-se a importância de valorizar as metodologias dos alunos para a aproximação do conhecimento dos aprendentes do saber científico.

Os resultados apresentados e discutidos sugerem que as metodologias desenvolvidas pelos alunos foram importantes no sentido de auxiliá-los na construção de um novo conhecimento.

Apresentam-se resultados analisados do falseamento. Alguns alunos baseiam-se em suas observações para falsear o seu conhecimento prévio, procurando a causa do acontecimento, tentando analisá-lo e justificá-lo por meio de fatos (COELHO et al., 2000).

Apresentam-se em tópicos, alguns resultados analisados da metodologia operante experimental, a saber:

- a) o aluno tateia e realiza tentativas experimentais;
- b) o aprendente raciocina sobre o possível;
- c) o aprendiz opera sobre operações abstratas.

3.6 Elos que o aluno estabelece entre o referencial empírico, os conceitos, as leis, as teorias e as linguagens simbólicas e matemáticas

3.6.1 Exemplos de conceitos de Matemática que intervêm na realização dos experimentos

Apresentam-se, a seguir, exemplos de extratos de entrevistas e oficinas identificando-se conceitos de matemática que intervêm na experimentação. Analisa-se, também, o caráter da Matemática como estruturante da Física.

Inicialmente, analisa-se a tarefa em que foi pedido aos alunos para fazerem recortes geométricos quaisquer. Espontaneamente, um grupo de alunos recorta um quadrado, um retângulo, um triângulo e um hexágono. Outro grupo recorta um losango e um triângulo escaleno.

Observa-se a importância de deixar o aluno livre para criar os recortes porque isto promove a participação do aprendente no desenvolvimento da atividade. Ao mesmo tempo, emergem algumas noções de matemática que o aluno conhece como quadrado, retângulo, triângulo, hexágono, losango.

Corroborando as idéias de Pietrocola (2002), entre elas, a de que a Matemática está alojada no seio da Física, os extratos abaixo apresentam a importância de considerar de forma explícita o papel da Matemática no ensino da Física. Com a posse dos recortes, pediu-se para os alunos acharem o CG de um recorte e que não fosse utilizado o suporte com prego. Nesse momento, os grupos de aprendentes utilizam a matemática e introduzem um método geométrico.

C: É porque quando eu fiz o quadrado, eu fiz com 3cm em cada lado e daí agora para achar o meio era só medir 1,5cm de cada lado e traçar os segmentos de reta para se encontrarem.

Estimulou-se os alunos para acharem o CG de um recorte circular. Em um determinado momento, os alunos de um grupo introduzem noções de geometria como "raio" e "diâmetro".

D: Fazendo uma cruz também, medindo o diâmetro, o raio. [...] C: Eu acho que primeiro tem que medir o diâmetro, daí tu acha o raio.

O aluno D quer traçar de forma aproximada dois diâmetros mesmo sem conhecer o centro, ou seja, ele quer traçar duas cordas e, no ponto de intersecção destas cordas, estaria o CG.

Um aluno de outro grupo explicita uma definição para o raio. Pela sua fala, "o raio é a metade da extremidade até o meio", procura explicar que o segmento traçado da extremidade do recorte circular até o "meio" é o raio e que esta posição, meio, seria a do CG deste recorte.

M: Porque o raio é a metade da extremidade até o meio, exatamente o meio então seria o ponto exato.

Os alunos D, C e M construíram o seu recorte circular sem o instrumento de medida. Pelos dois extratos acima, observa-se que o procedimento sugerido pelos aprendentes para determinar o CG do recorte circular é um procedimento aproximado do modo correto de se fazer. Não houve uma investigação sobre a localização do centro do círculo. Falta o conhecimento de como traçar os diâmetros de um círculo. O aluno D traçaria os diâmetros e a sua intersecção indicaria o CG; o aprendiz M traçaria o raio para chegar à posição do CG. A importância de escutar o que os alunos verbalizaram é importante porque, aos poucos, os próprios aprendizes

começaram a se dar conta das suas concepções e procedimentos, aproximando-se cada vez mais do conhecimento científico.

Outro grupo de alunos descreveu o procedimento para encontrar a posição do CG de um recorte circular e de um recorte qualquer. Observa-se que os procedimentos são válidos para o caso do círculo. Os alunos afirmam que traçaram um quadrado com suas diagonais de forma que os lados deste quadrado tangenciam o círculo construído e o ponto de intersecção destas diagonais indica o CG.

N: A gente pegou o círculo e colocou bem no meio do quadrado, daí traçou retas de uma ponta a outra do quadrado que deu bem no meio do círculo. [...] DA: Fizemos qualquer figura, em volta dela construímos um quadrado e nesse quadrado nós ligamos as extremidades para determinar o CG.

Ao propor a atividade acima, encontrar a posição do CG de um recorte circular e de um recorte qualquer, também se observou que alguns alunos evocam noções de geometria, apresentando certa dificuldade com algumas terminologias matemáticas. A importância deste fato é que existe a possibilidade do professor detectar estas dificuldades e, posteriormente, auxiliá-los a utilizar estas terminologias o mais próximo possível daquelas do saber escolar.

No extrato abaixo, apresenta-se o momento em que um dos aprendentes dispõe de um recorte triangular. Este aluno quer achar a posição do CG deste recorte e faz uma confusão de nomenclaturas, fala em "ângulo" ao referir-se ao vértice do triângulo.

MA: Pegaria um traçado de um ângulo até o lado oposto do triângulo e do outro ângulo até o lado oposto.

Outro aluno, MI, também expressa "ângulo" quando quer referir-se ao vértice. O extrato a seguir mostra a situação em que um grupo de alunos possui um recorte com forma hexagonal e quer encontrar a posição do centro de gravidade. Um dos aprendentes sugere traçar as diagonais de um vértice ao outro e a intersecção destas diagonais indicaria o CG.

MA: No hexágono, eu faria também a mesma coisa, de um ponto ao outro.
RA: Faria um xis. MI: Pegaria de um ângulo até outro, passaria uma diagonal e depois de um outro ângulo até outro.

Em outro grupo de alunos, um dos aprendentes introduz a palavra "pontas" ao referir-se à mediatriz do triângulo. Este aluno também quer investigar a posição do CG do recorte triangular falando que pode encontrá-la "puxando três pontas" (o aluno mostra, em desenho, as mediatrizes do triângulo).

Z: Como tu achas que deve ser feito? C: Ah, puxando as três pontas. (o aluno verbalizou a sua idéia e representou, por meio de um desenho, o circuncentro do recorte triangular).

A importância da relação entre Matemática e Física aparece em todas as entrevistas e oficinas. No estudo do momento de uma força, aparece a noção de proporção, considerando as grandezas massa e distância do objeto em relação ao eixo de rotação. Quando os alunos utilizaram o protótipo do disco, procuraram estabelecer, por tentativa e erro, uma relação entre as quantidades de arruelas e suas posições nos dois lados do disco, trabalhando com a massa do objeto e a sua distância em relação ao eixo. Isso não significa que neste estágio os aprendentes já conseguiram estabelecer o conceito de torque. No extrato abaixo, os alunos estão raciocinando sobre o possível (elaboram um raciocínio hipotético) e realizam o

experimento, procurando formular um conceito inicial de torque, estruturando suas idéias por meio da matemática, utilizando a noção de proporção $m_1/d_2 = m_2/d_1$ ⁹.

N: Coloquei uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo e duas arruelas no quarto parafuso do lado direito e ele girou. ($1.5 \neq 2.4$). MA: Nós quisemos colocar duas arruelas no primeiro parafuso do eixo e, no outro lado, mais perto da extremidade, no quarto parafuso, uma arruela e não deu certo. ($2.1 \neq 2.4$). N: Se colocasse 1 arruela no quarto parafuso de lá, eu acho que iria colocar 4 arruelas aqui, no primeiro parafuso. ($1.4 = 4.1$). MA: O quinto parafuso que tem em cada lado, [...] o quinto parafuso que está acima e está abaixo dessa linha do eixo tem duas arruelas em cada um e o disco não está girando. Na verdade, estão anulados, como se fosse fazer uma igualdade, por exemplo, como faz em matemática $5 = 5$, na verdade é zero, se tivesse quatro desse lado e quatro do outro lado, iguala o peso aqui, aqui, aqui, iguala nos dois lados. [...] N: A massa deve ser multiplicada pela distância para haver equilíbrio quando estiver em posições diferentes.

Observa-se que os aprendentes utilizam a linguagem matemática para auxiliá-los na elaboração de conceitos e procedimentos durante as experimentações. Nota-se, também, a importância do pesquisador promover situações que favoreçam a interação dos alunos durante a realização das tarefas propostas. Por meio desta abertura, os aprendizes são motivados a buscar o novo, aquilo para o que ainda não tiveram resposta e, com isso, começam a elaborar novos conceitos, a criar novos procedimentos experimentais. Por exemplo, a conceitualização inicial de torque é explicitada no extrato acima, os alunos procederam por meio de tentativa e erro, até conseguirem uma condição para o disco não girar e elaboraram uma justificativa plausível para a situação constatada.

A importância de possibilitar ao aluno a visão de ensino desfragmentado, neste caso entre a Física e a Matemática, dando ênfase à idéia de Pietrocola (2002), aparece na conclusão desenvolvida pelos alunos sobre as condições para o disco em estudo não girar. O extrato abaixo apresenta esta conclusão.

⁹ m_1 e d_1 correspondem, respectivamente, à massa da arruela em um parafuso no lado esquerdo e à sua distância ao eixo; m_2 e d_2 correspondem, respectivamente, à massa do lado direito e à distância das arruelas ao eixo (figura 34a e 34b).

MA: Ela conseguiu concluir, diretamente proporcional. [...] MA: Uma para cinco. N: Cinco. [...] N: É que porque aqui, para o lado direito, tem uma distância e para o lado esquerdo tem cinco, então a gente multiplica a massa pelo valor e coloca cinco vezes maior aqui.

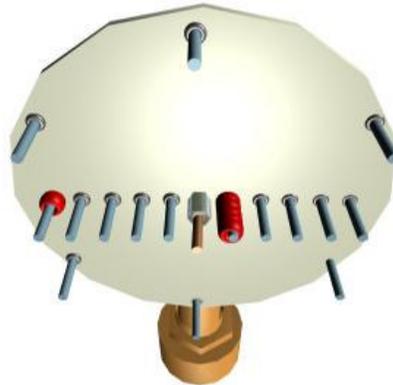


Figura 34a – Representação da posição das arruelas suspensas no disco em equilíbrio

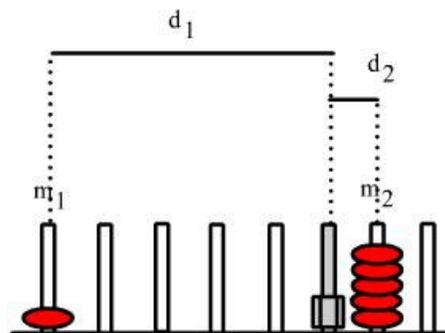


Figura 34b – Esquema da disposição das arruelas nos parafusos apresentando a respectiva massa e a distância

Os alunos conseguem encontrar uma possibilidade de suspender as arruelas de tal maneira que o disco não gire. Colocaram uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo e cinco arruelas no primeiro parafuso do lado direito e sugeriram que o disco não girou porque existe uma relação de proporção entre a massa das arruelas e a distância em que estão suspensas. Formularam, assim, um primeiro conceito de torque.

Os três extratos a seguir referem-se à atividade Aplicações da Balança (2.2.5.1.2, p. 92). Solicitou-se aos alunos a determinação do comprimento de fios de cobre e a área de alguns recortes por meio da massa dos mesmos.

Apresentam-se dois extratos em que se solicitou aos alunos a determinação da área de recortes criados pelos alunos, em papel milimetrado, com forma de retângulos, quadrados, triângulos e hexágonos. Em algumas situações, os alunos utilizam fórmulas e em outras, contagem.

F: O quadrado é base vezes altura, [...] DA: (retângulo) Base vezes altura, medindo com a régua vai dar 7cm de base e 2 cm de altura. N: Contando os quadradinhos, um por um, já que eles são de milímetros em milímetros, conta o número de quadradinhos e vai dar milímetros quadrados.

Pediu-se para os mesmos alunos determinarem a área de um recorte geométrico e o comprimento de um fio de cobre utilizando a sua balança analítica. Houve um grupo de alunos que determinou a área do seu recorte quadrado calculando o perímetro, caracterizando, assim, a confusão matemática entre área e perímetro. Esta confusão contribuiu para que o aprendente não conseguisse desenvolver a atividade. Graças à interferência de dois alunos de outro grupo, houve a retomada da situação, determinar a área do quadrado, e o aluno T multiplica a base pela altura.

Z: (no grande grupo) Como nós podemos determinar a área de um quadrado? T: É a soma de todos os lados $8+8+8+8=42$. [...] RA: Base vezes altura. T: Nós pegamos um quadrado de oito centímetros de cada lado [...] N: O perímetro, elas fizeram o perímetro, a área tu multiplica e o perímetro tu soma. [...] T: É que fizemos o cálculo da regra de três e não fechava com o cálculo da área, nós fomos conferir, só que eu estava somando os lados e não multiplicando a base com a altura.

O extrato abaixo apresenta os alunos utilizando a matemática para solucionar o problema por meio da regra de três.

N: [...] mas ficou no papel quadriculado 4,4 a gente pensou em fazer regra de três [...] RA: Se dez corresponde a 1 grama então 4,4 deve corresponder 0,44 [...] RA: Regra de três, proporção. RE: Recortamos um retângulo maior que teve 14cm^2 e pesou 0,2 gramas e o retângulo menor pesou 0,1 gramas, então pela regra de três, fizemos 0,2 vezes o X é igual a 14 vezes 0,1 que dividido por 0,2 vai dar 7cm^2 .

Nota-se, também, os alunos utilizando as linguagens matemáticas para elaborarem o início da conceitualização de incerteza, corroborando a presença da Matemática como estruturante da Física. O extrato a seguir apresenta o momento em que os aprendentes estavam utilizando a balança analítica para determinarem a área de alguns recortes.

N: Eu acho que é porque, como vimos antes, a balança pode dar uma medida que não enxergamos, como deu 0,06 gramas poderia ser 0,061 ou 0,059 gramas, e isto nós não conseguimos enxergar.

Pelos extratos acima apresentados, analisando e interpretando os conceitos de matemática que intervêm durante a realização dos experimentos, pode-se observar que a Matemática desempenha um papel de estruturante da Física. Observou-se este papel no momento em que os aprendentes estavam elaborando conceitos e procedimentos experimentais.

Neste trabalho também fica explícito que se cria uma abertura para realizar análises de questões matemáticas que intervêm na Física, mostrando ao aprendente que há esta relação interdisciplinar. Nos extratos acima que apresentam as relações de proporção, no assunto momento de uma força, fica explícita a importância da Matemática para a Física. Faz-se a interpretação de que o aluno elaborou um primeiro conceito de torque porque utilizou conceitos matemáticos.

A relação interdisciplinar entre as duas disciplinas é explícita, superando a idéia de um ensino fragmentado para uma concepção unitária do conhecimento.

Corroborar-se também a idéia de Pietrocola (2002, p. 112, grifo do autor), quando sugere que "Passar a estruturar nosso pensamento com base nas linguagens que a Matemática oferece passa a ser um *objetivo-obstáculo* a ser enfrentado pela didática da Física." Nesse sentido, pode-se dizer que uma visão interdisciplinar é conveniente para promover a reflexão e a solução de problemas relacionados à produção e à experimentação em sala de aula.

3.6.2 Progressão na complexidade conceitual dos alunos em função das situações que constituem o referencial empírico

Nas análises anteriores, já se mostrou que a manipulação, por parte dos aprendentes, favorece a evolução dos conceitos e que a aquisição destes conceitos interfere nas ações dos alunos. Também, que o conhecimento matemático interfere tanto nas ações dos alunos quanto na formulação dos conceitos.

Na análise a seguir, pretende-se dar um enfoque na complexidade conceitual dos alunos, levando em conta um maior número de variáveis. Também será dado um enfoque sobre as ações dos alunos e às situações que constituem o referencial empírico dos aprendentes.

Os extratos abaixo apresentam o momento em que os aprendizes estavam envolvidos com a atividade Centro de Gravidade.

Um dos primeiros questionamentos realizados pelo pesquisador foi "O que você entende por equilíbrio?". Como respostas, os alunos verbalizaram a sua primeira concepção de equilíbrio.

BR: Uma igualdade. RA: Uma igualdade de dois ou mais corpos. DA: Uma estabilidade.

Graças às atividades experimentais, às intervenções do pesquisador e à manipulação do aluno no desenvolvimento das tarefas, pôde-se observar a evolução da conceitualização de equilíbrio destes aprendizes. O extrato abaixo mostra esta evolução dos alunos. No final da atividade, o professor realizou alguns questionamentos, individualmente, por escrito, sobre o que fora realizado. Como respostas, os aprendentes escreveram.

RA: Geralmente os objetos equilibram-se quando apoiados no centro (o local onde fica o CG). DA: Que às vezes a figura pode não ter as medidas exatas e aí o meio não será o ponto de equilíbrio. Que o ponto de equilíbrio é o centro da figura. BR: Que quando existe equilíbrio nem sempre o ponto irá se encontrar no meio. Notamos isso nas experiências feitas com figuras abstratas, e o ponto se encontrou fora da figura.

Nota-se a evolução quanto às respostas verbalizadas pelos mesmos alunos. São respostas mais longas, contextualizadas e com justificativa. Para o aluno RA, por exemplo, o equilíbrio de um objeto ocorria com "uma igualdade de dois ou mais corpos". Após a realização das tarefas, o mesmo aluno afirma que o equilíbrio ocorre quando o objeto está apoiado no CG.

A seguir, apresenta-se um quadro com extratos de entrevistas ou oficinas, a situação em que se analisa a tarefa e o progresso dos alunos nas suas concepções de CG. Pode-se dizer que foram identificados diferentes níveis de formulação quanto à concepção de CG, devido à metodologia aplicada pelo pesquisador e ao tipo de experimentação desenvolvida. Observa-se que a formulação do conceito de CG fica mais complexa conforme é a complexidade da atividade experimental.

O quadro abaixo mostra a evolução do aluno no que se refere à conceitualização de centro de gravidade em função das situações que constituem o referencial empírico.

SITUAÇÃO	EXTRATO DA ENTREVISTA/OFICINA	CONCEITOS FÍSICA
Apoio de um recorte sobre o suporte com o prego.	RA: <u>Onde nós julgássemos, ao menos, onde fosse exatamente o meio e tentando equilibrar.</u>	Primeira concepção de CG: o CG fica no meio da figura. É o ponto onde o objeto fica em equilíbrio quando apoiado sobre o suporte com o prego. É o ponto de intersecção dos segmentos de reta.
Suspensão de um recorte no suporte com fio de prumo.	Z: O que significa a intersecção das linhas verticais? GR2: <u>Que o ponto de equilíbrio está bem centralizado nas linhas verticais.</u> GR3: <u>O ponto de equilíbrio na figura.</u> GR1: <u>Esse encontro significa o ponto de equilíbrio.</u>	
Achar a posição do CG de um recorte qualquer.	GR3: <u>Isso, então podemos ter algumas figuras com o lugar de equilíbrio dentro e outras fora.</u>	Segunda concepção de CG: ele pode estar fora do objeto.
Descobrir o CG de um sanduíche com a moeda.	MA: <u>A massa da moeda interfere, com certeza.</u> GR3: <u>Como a moeda é mais pesada que o papel, o CG fica inclinado onde está a moeda e o CG da moeda fica mais para o lado do papel, a massa interfere no CG.</u>	Terceira concepção sobre o CG: o CG pode mudar conforme a distribuição da massa.

QUADRO V – Evolução do conceito de CG no decorrer das atividades experimentais

Observa-se a importância do referencial empírico e das linguagens simbólicas e matemáticas na construção dos conceitos físicos.

A maneira como os experimentos foram abordados pelo professor, foi fundamental para o aprendente desenvolver as tarefas propostas pertinentes às experimentações, por meio da observação, da discussão e da pesquisa, tendo condições de evoluir, passando do referencial empírico, da abstração simples¹⁰ para níveis mais abstratos, abstração reflexivante¹¹ construindo novos conceitos, por exemplo, centro de gravidade.

Os extratos que seguem referem-se às atividades Momento de uma Força e Balança T.

¹⁰ Abstração simples é a abstração das propriedades observáveis 'no objeto' ou, mais amplamente, na realidade externa. Abstração simples é também conhecida como abstração empírica, porque o abstrato é observável. (DEVRIES, 1992, p. 24).

¹¹ Na abstração reflexivante, a criança cria e introduz relações entre objetos. (DEVRIES, 1992, p. 24).

No momento de descobrir as condições necessárias para o disco de PVC não girar, os alunos participantes desenvolveram as tarefas realizando tentativas experimentais, formulando pensamentos hipotéticos e investigando por conta própria. Observa-se os alunos progredindo na construção do seu conhecimento. Inicialmente, apresenta-se o extrato em que um deles relata, oralmente, uma concepção inicial de torque e de força, dizendo que o peso aumenta com a distância.

Z: Por que o disco se moveu? N: [...] porque quando está no quinto normalmente fica, parece mais pesado. I: Porque quanto mais longe do eixo, mais força ele faz.

Por parte do aluno, parece-nos haver aderência de conceitos, força e torque. A aderência de conceitos já foi mencionada por pesquisadores, Viennot (1996), para outros conceitos, força e velocidade, por exemplo.

Com o desenvolvimento das tarefas e das intervenções do professor e dos próprios alunos, nota-se que os aprendentes evoluem nos seus conceitos. Observa-se que os alunos identificam variáveis que são pertinentes à elaboração do conceito de torque e que interferem na condição de equilíbrio. Os alunos estão agindo sobre os objetos, por tentativa e erro. Observa-se o início da conceitualização de torque.

MA: Não sei, que lá é a mesma coisa, pelas distâncias, talvez porque aquela extremidade lá em cima tem a mesma distância, como são as mesmas massas, alguma coisa a ver com a distância.

Em outro momento, um dos aprendizes afirma que há uma relação entre a distância que as arruelas estão do eixo e a massa destas arruelas. Nota-se que o aluno estabelece relações entre variáveis para elaborar a lei que rege o equilíbrio.

O extrato abaixo apresenta uma evolução dos alunos: o disco não gira porque

há uma relação entre a distância em que estão as arruelas com relação ao eixo e a massa destas arruelas.

I: É a relação entre a massa das arruelas e a distância.

Em outro grupo, um dos aprendentes também faz esta relação.

D: Existe uma relação que, o quarto parafuso equivale, ou seja, o penúltimo parafuso equivale ao segundo parafuso do outro lado, quanto mais arruelas eu colocar perto do eixo de um lado a quantidade de parafusos tem que contar para o outro lado e colocar as mesmas arruelas

O extrato abaixo apresenta o momento em que os alunos conseguiram equilibrar o disco e estavam elaborando a justificativa deste equilíbrio, afirmando que há uma igualdade nos dois lados do disco. Observa-se que os aprendizes passam de uma reflexão sobre observáveis (arruelas e o disco) para um pensamento abstrato, utilizando-se do conhecimento matemático.

MA: Na verdade, estão anulados, como se fosse fazer uma igualdade, por exemplo, como faz em matemática $5=5$, na verdade é zero.

Os alunos continuaram a evoluir, aumentando a complexidade conceitual, passando da abstração simples para a abstração reflexivante, utilizando a linguagem matemática, aprimorando a conceitualização de torque.

N: A massa deve ser multiplicada pela distância para haver equilíbrio quando estiver em posições diferentes. GR3 (relato por escrito) Que a distância e a massa são diretamente proporcionais, por isso há o equilíbrio.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolveu-se esta pesquisa fundamentando-se numa abordagem construtivista, no educar pela pesquisa e tendo a atividade científica como referência.

A investigação desenvolveu-se por meio de atividades experimentais baseadas nos projetos IPE e RIPE. Os experimentos contidos nestes projetos foram estudados didaticamente pelo pesquisador, o que possibilitou a organização das tarefas desenvolvidas nas entrevistas e oficinas.

Pode-se dizer que a didática utilizada foi de vital importância para que os alunos pudessem expressar o seu conhecimento, elaborar seus próprios procedimentos e desenvolver atitudes, métodos e conceitos.

O papel do professor pesquisador foi fundamental para se chegar aos resultados encontrados. O professor portou-se como um orientador para os seus aprendentes, possibilitando que os mesmos participassem ativamente de todas as atividades. Esta orientação aconteceu por meio de questionamentos, reflexões, flexibilidade no planejamento e discussões, envolvendo o aluno na realidade que o cerca.

Como resultado, observou-se que os alunos libertaram-se da passividade, construíram questionamentos, elaboraram conceitos, criaram procedimentos e evoluíram do concreto para o abstrato.

Para desenvolver esta investigação, levou-se em conta o conhecimento prévio dos alunos, analisando-se o "dizer" e o "fazer", as falas iniciais, os registros por escrito e os procedimentos adotados por eles. Por meio das reações e verbalizações dos aprendentes, analisaram-se os "obstáculos" e os "precursores".

Denota-se também que, considerando o conhecimento prévio dos alunos, valorizando o "dizer" e o "fazer", estes aprendentes não ficaram passivos diante das atividades, pelo contrário, a cada instante que evoluía a atividade, havia uma maior interação com a situação que se apresentava.

Ao levar em consideração o "dizer" e o "fazer" dos aprendentes, a partir do seu conhecimento prévio, observou-se que os mesmos podem evoluir para um novo conhecimento, ou seja, começam a elaborar um novo conceito que, mais tarde, se aproxima do conceito científico.

Analisando as dificuldades e facilidades apresentadas pelos alunos, nota-se a importância deste procedimento para a evolução e a construção do conhecimento do aprendente. Do ponto de vista didático, ficou explícito que os alunos foram construindo um conhecimento a partir daquele que existia.

Pode-se dizer também que a flexibilidade do planejamento do professor foi essencial porque as entrevistas e oficinas não foram elaboradas com procedimentos fechados, pelo contrário, fez-se um planejamento que se adequou durante a realização das mesmas.

Como resultado, alguns alunos conseguiram relacionar o conhecimento construído com situações que envolvem o seu viver diário. Esta relação denota o

quanto é importante o professor ser flexível na sua didática, abrindo espaço para o aluno expressar-se e compreender o mundo que o cerca.

Apresenta-se também a importância da mediação do pesquisador e dos próprios aprendizes durante toda a investigação. Observa-se que a mediação não precisa ser realizada somente pelo professor, pode ser pelos próprios alunos durante as atividades desenvolvidas em sala de aula por meio da explicitação ou confrontação de idéias. A mediação ocorreu também entre os aprendentes, entre iguais, no decorrer das atividades desenvolvidas durante a pesquisa.

Corroborar-se a idéia de Moraes (2000) de que a problematização possa ser uma das possibilidades de colocar a mediação em prática, pois oportuniza ao professor descobrir as dificuldades cognitivas dos seus alunos e, para solucioná-las, pode criar questionamentos para os mesmos, relacionando-os com o conhecimento prévio, por meio de atividades de confrontação.

Percebe-se a importância do questionamento tanto do aluno quanto do pesquisador. Temas desenvolvidos nas entrevistas e oficinas foram transformados, pelo pesquisador, em problemas para os alunos. Isso foi possível porque procurou-se incentivá-los a elaborar questionamentos com o objetivo de promover o progresso dos mesmos para níveis mais elevados de conhecimento.

Os questionamentos do pesquisador e dos próprios alunos tiveram a função de incentivar os aprendentes a expor seu conhecimento prévio, instigá-los a tomar decisões, auxiliá-los na busca de explicações, possibilitá-los a investigar e criar métodos e procedimentos experimentais, estabelecer relações entre o que estava sendo estudado com o cotidiano e com acontecimentos de atividades anteriores.

Um dos papéis do experimento defendido por diversos autores é o da atividade experimental refletir a atividade científica, considerada como referência, permitindo a apropriação, por parte do aluno, de uma visão sobre a natureza da ciência.

Neste sentido, podemos citar Giordan (1978), Perez (1986), Perez e Paya (1988), Coelho et al. (2000), Marandino (2003), Séré, Coelho e Nunes (2003).

Por meio desta investigação, denota-se que, ao propor uma atividade experimental de produção, em que os próprios alunos precisavam construir o seu material experimental, os aprendentes sentiram-se mais livres para desenvolver suas habilidades, seus conhecimentos e suas ações.

A análise de dados mostrou-nos que ao aproximarmos as atividades experimentais desenvolvidas da atividade científica, este procedimento pode auxiliar o aluno na construção do novo conhecimento.

Adotou-se nesta pesquisa, como prática social de referência, a atividade científica, mostrando ao aluno o modo de se fazer ciência na escola, comparado ao que se faz no mundo do cientista. Pode-se dizer que as atividades experimentais possibilitaram a produção do conhecimento, desenvolvidas por meio de atividades investigativas, sendo comparadas ao modo real de se fazer ciência, dando oportunidade ao aluno preparar-se para aprender técnicas de investigação e saber tomar decisões.

Sobre as atitudes de investigação científica, por meio da aproximação de atividades investigativas com o modo real de se fazer ciência, pode-se dizer que existe a possibilidade destas atitudes auxiliarem os alunos na construção do seu conhecimento.

Esta pesquisa sugere que as atitudes de investigação, mediadas pelo professor pesquisador, são importantes para o crescimento intelectual dos aprendizes e que

os aspectos metodológicos, atitudinais e cognitivos mantêm, entre si, uma relação de reciprocidade, ou seja, um aspecto interfere no outro.

Neste sentido, nos conscientizamos de que é imprescindível a didática do professor frente aos seus alunos, para promover a construção do conhecimento. Corroboramos a idéia de Coelho et al. (2000), quando sugere que, em práticas tendo em vista a atividade científica, o aprendente seja favorecido a evoluir em termos de atitudes, de conceitos e de metodologia experimental.

Outro papel do experimento defendido por alguns autores é o de favorecer o estabelecimento de elos entre os conceitos, as leis, as teorias, as linguagens simbólicas e o referencial empírico.

Entre os autores, podemos mencionar Halbwachs (1985), Lopes (2002), Séré, Coelho e Nunes (2003).

Ao desenvolver uma atividade experimental existe a possibilidade do aluno construir e desenvolver conceitos, evoluindo em termos de uma maior complexidade na formulação destes conceitos. A atividade experimental pode possibilitar ao aluno a transformação de seus conceitos e teorias pré-estabelecidas em novos conhecimentos mais complexos.

Esta pesquisa denota que os aprendentes evoluem na elaboração dos seus conceitos. O referencial empírico interfere na conceitualização e vice-versa.

A pesquisa mostrou que os alunos estabelecem diferentes níveis de formulação quanto à concepção de centro de gravidade e de torque, por exemplo. Isto se deve à metodologia aplicada pelo pesquisador e ao tipo de experimentação desenvolvida.

Ao analisar e interpretar os conceitos de matemática que intervêm durante a realização dos experimentos, se observa que o conhecimento matemático desempenha um papel de estruturante no conhecimento da Física.

Nesta pesquisa também fica explícita a idéia de que se pode criar uma abertura para realizar análises de questões matemáticas que intervêm no conhecimento físico, revelando ao aluno que existe esta relação interdisciplinar. É notória a relação interdisciplinar entre as duas disciplinas, superando a idéia de um ensino fragmentado, para uma concepção unitária do conhecimento.

Os alunos utilizaram o seu conhecimento matemático para realizar o que lhes fora solicitado. Neste sentido, pode-se dizer que os alunos criaram procedimentos para desenvolver as atividades propostas, como elaboração de diferentes métodos geométricos, construção de tabelas e medições, cálculos e contagens.

A seguir, apresentam-se as contribuições desta investigação relativas aos aspectos de ordem afetiva/emocional dos alunos e do professor, aos aspectos de ordem pessoal e profissional do pesquisador e algumas outras considerações que não foram apresentadas como resultados desta investigação.

A motivação dos alunos pesquisados, no que se refere ao envolvimento dos mesmos durante as entrevistas e oficinas, surpreendeu-nos.

Ao deixar os alunos mais libertos no seu modo de pensar e agir, propondo-lhes atividades e abordagens variadas, podemos notar que os mesmos se motivaram e se interessaram pelos experimentos e criaram métodos e procedimentos a partir do conhecimento que já possuíam. Notamos que os questionamentos e as confrontações foram indispensáveis para que houvesse a motivação dos aprendentes, estimulando-os a produzir novos conhecimentos.

Concluimos também que a ansiedade e a vontade de acertar, por parte do pesquisador, poderia colocar em risco os resultados da pesquisa. Constatamos que é preciso ter o cuidado em controlar esta ansiedade, pois a mesma poderia desencadear o desenvolvimento de um trabalho em que o pesquisador seria

autoritário, o que entraria em choque com os pressupostos que guiam esta pesquisa-ação de características participativas.

Convém ressaltar o valor das gravações das entrevistas e oficinas, das anotações feitas pelo pesquisador, dos registros fotográficos e dos relatórios realizados pelos alunos. Durante a investigação, estes aspectos foram essenciais para tornar a pesquisa uma atividade reflexiva e orientadora das ações do pesquisador.

Observamos, no decorrer desta investigação, que ocorreram transformações, tanto com relação ao pesquisador quanto aos alunos, mostrando-se uma possibilidade para a mudança e o desenvolvimento intelectual. As formas pelas quais os professores e alunos se beneficiam são distintas, de acordo com o papel de cada um.

Após realizar estas considerações, não podemos deixar de levar em conta que as mudanças exigem esforços de todos os envolvidos no processo do ensino e aprendizagem, professor e aluno.

Podemos dizer que os objetivos propostos nesta pesquisa foram alcançados, sem, contudo, terem-se esgotado todos os aspectos relevantes deste tema que nos propusemos pesquisar.

Acreditamos que esta investigação possa favorecer professores de Física e de outras áreas, suscitando reflexões sobre a didática do professor e a valorização das atividades experimentais, que possam servir de base à proposta pedagógica do professor na sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, J. A. et. al. Sobre las concepciones en dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 7, n. 1, p. 27-34, 1989.
- ARIZA, Rafael Porlán; HARRES, João Batista Siqueira. A Epistemologia de Stephen Toulmin e o Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. especial, p. 70-83, jun. 2002.
- ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. Traduzido por Magda Sento Sé Fonseca. 7. ed. São Paulo: Papyrus, 2002.
- BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico**. Traduzido por Estela dos Santos Abreu. 1. ed. 3. reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 2001.
- BARBIER, René. **A Pesquisa Ação na Instituição Educativa**. Traduzido por Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1985.
- BORGES, A. Tarcísio. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BORGES, Regina Maria Rabello. **Em debate: científicidade e educação em Ciências**. Porto Alegre: SE/SECIRS, 1996.
- BORGES, Regina Maria Rabello; MORAES, Roque. Como desenvolver a educação em Ciências nas séries iniciais? In: BORGES, Regina Maria Rabello; MORAES, Roque. **Educação em Ciências nas séries iniciais**. Porto Alegre: SAGRA, 1998.
- CARVALHO, Benjamin de A. **Desenho Geométrico**. Rio de Janeiro: Livro Técnico S.A., 1968.
- CHALMERS, A. F. **O que é Ciência Afinal?** 2. reimpressão. São Paulo: Brasiliense, 1997.
- COELHO, Suzana Maria. Referências bibliográficas organizadas em didática das ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 181-192, dez. 1991.

_____. **Contribution à l'étude didactique du mesurage en Physique dans l'enseignement secondaire**, 1993. Tese, Paris VII, 1993.

COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. Análise de um texto do século XVII, "A grande experiência de equilíbrio dos líquidos", de Pascal: aspectos do método experimental e reflexões didáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n.1, p. 24-28, 1992.

COELHO, Suzana Maria et al. Conceitos, Atitudes de Investigação e Metodologia Experimental como Subsídio ao Planejamento de Objetivos e Estratégias de Ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 122-149, ago. 2000.

COELHO, S. M.; KOHL, E.; BERNARDO, S. D. Formação de Professores do Ensino Médio pela Instrumentação e Pesquisa em Ciências. In: **III Teller Internacional de Didática sobre la Física universitária**, 2002, Matanzas, DIDACFISU 2002, 1 CD-ROM, ISBN 9591601360.

_____. Roteiros, Protótipos e Experimentos do Projeto IPE. Instituto de Física da PUCRS. (mimeo)

COSTA, Isa; GUIMARÃES, Luiz Alberto M.; ALMEIDA, Lucia C. Da pesquisa para sala de aula: um exemplo em Mecânica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 6, n 2, p. 105-127, ago. 1989.

DAMM, Regina Flemming. Registros de representação. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação Matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 135-154, 1999.

DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa**. 4. ed. Campinas: Associados, 2000a.

_____. **Saber Pensar**. São Paulo: Cortez, vol. 6, 2000b.

DEVRIES, Constance Kamii Rheta. **Piaget para a educação pré-escolar**. Traduzido por Maria Alice Bade Danesi. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.

DOLCE, Osvaldo; POMPEO, José Nicolau. **Fundamentos da Matemática Elementar**. 7. ed. 3. reimpressão. São Paulo: Atual Editora, 2001.

DUHEM, Pierre. L'expérience de Physique. In: ROBERT, Massain. **Physique et physiciens**, 5. ed. Paris: Magnard, p. 342-346, 1982.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 10. ed. Campinas: Papirus, 2002.

FERREIRA, Norberto. Roteiros, Protótipos e Experimentos do Projeto RIPE. Instituto de Física da USP.(mimeo)

FRANCHI, Anna. Considerações sobre a teoria dos campos conceituais. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 155-196, 1999.

FREITAS, José Luiz Magalhães de. Situações didáticas. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 65-88, 1999.

FRISON, Lourdes Maria Bragagnolo. Pesquisa como superação da aula copiada. In: MORAES, Roque; LIMA, Valdeez Maria do Rosário (orgs). **Pesquisa em sala de aula: tendências para a Educação em Novos Tempos**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 143-158, 2002.

GALLES, Carlos Delfino. Pierre Duhem: teoria y experimento en fisica. **Revista de Enseñanza de la Física**, Asociación de profesores de física de la Argentina, v. 2, n. 1, p. 45-48, 1986.

GARCIA, Fabianne Ávila; GALIAZZI, Maria do Carmo; LINDEMANN, Renata Hernandez. **Construindo Unidades Didáticas**. Grupo Mirar. (mimeo).

GIORDAN, André. **Une pédagogie pour les scienses expérimentales**. Paris: Éditions du Centurion, 1978.

GIORDAN, André; VECCHI, Gerard de. **As Origens do Saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Traduzido por Bruno Charles Magne. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

HALBWACHS, Francis. La fisica del profesor entre la fisica del fisico y la fisica del alumno. **Revista de Enseñanza de la Física**, Asociación de profesores de física de la Argentina, Buenos Aires, v. 1, n. 2, p.78-89, dez. 1985.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física 1**. Traduzido por Adir Moysés Luiz; Eliane Pantoja Vasconcellos; Herli Joaquim de Menezes; Denise Helena da Silva Sotero; Sheila Chirola Garcia; Lígia de Farias Moreira. Rio de Janeiro: LTC, 1991a.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física 2**. Traduzido por Adir Moysés Luiz; Eliane Pantoja Vasconcellos; Herli Joaquim de Menezes; Denise Helena da Silva Sotero; Sheila Chirola Garcia; Lígia de Farias Moreira. Rio de Janeiro: LTC, 1991b.

HARRES, J. B. S. **Concepções de professores sobre a natureza da Ciência**, 1999. Tese, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

_____. Natureza da Ciência e implicações para a educação científica. In: MORAES, Roque (Org). **Construtivismo e ensino de Ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 37-68, 2000.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Traduzido por Trieste Freiri Ricci; Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

IGLIORI, Sonia Barbosa Camargo. A noção de "obstáculo epistemológico" e a educação matemática. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 89-114, 1999.

KAPLAN, Abraham. **A conduta na pesquisa: metodologia para as ciências do comportamento**. 2. reimpressão. São Paulo: EPU/EDUSP, 1975.

KUHN, Thomas S. **A tensão essencial**. Traduzido por Rui Pacheco. Lisboa: Edições 70, 1977.

LABURÚ, Carlos Eduardo; CARVALHO, Marcelo de. BATISTA, Irinéia de Lourdes. Controvérsias construtivistas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 152-181, ago. 2001.

LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sérgio de Mello. Reflexões críticas sobre as estratégias instrucionais construtivistas na educação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 477-488, dez. 2002.

LOPES, J. Bernardino. Desarrollar conceptos de Física através del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 1, p. 115-132, 2002.

LÜCK, Heloísa. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

MACHADO, Silvia Dias Alcântara. Engenharia didática. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 197-208, 1999.

MARANDINO, Martha. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 168-193, ago. 2003.

MARANHÃO, Maria Cristina S. de A. Dialética-ferramenta-objeto. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 115-134, 1999.

MATTHEWS, Michael. Construtivismo e o Ensino de Ciências: uma avaliação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 270-294, dez. 2000.

MIRANDA, Ivanete Rocha de. Implicações da transposição didática e do contrato didático no ensino da álgebra. **Educação em Construção. Cadernos do Mestrado em Educação**, Passo Fundo, ano 1, n. 2, p. 71-86, jul./set. 2001.

MORAES, Roque. O significado da experimentação numa abordagem construtivista: o caso do ensino de Ciências. IN: BORGES, Regina Maria Rabello; MORAES, Roque. **Educação em Ciências nas séries iniciais**. Porto Alegre: SAGRA, 1998.

_____. É Possível Ser Construtivista no Ensino de Ciências? In: MORAES, Roque (Org.). **Construtivismo e ensino de Ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 103-130, 2000.

_____. *Uma Tempestade de Luz*: a compreensão possibilitada pela análise textual qualitativa. Porto Alegre, PUCRS, Pós Graduação em Educação, 2002. (mimeo)

_____. *Explosão de Idéias*: a unitarização de dados e informações como encaminhamento de uma leitura apropriada e compreensiva na análise textual. Porto Alegre, PUCRS, Pós Graduação em Educação, 2002. (mimeo)

_____. *Mergulhos Discursivos*: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. Porto Alegre, PUCRS, Pós Graduação em Educação, 2002. (mimeo)

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo; RAMOS, Maurivan G. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, Roque; LIMA, Valdevez Marina do Rosário (orgs). **Pesquisa em sala de aula**: tendências para novos tempos. 1.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 9-24, 2002.

MORETTO, Vasco Pedro. **Construtivismo**: a produção do conhecimento em aula. 3. ed. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2002.

NIETO, P. Varela; CAMPO, M. J. Manrique de; MARTÍNEZ, A. Favieres. Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 6, n. 3, p. 285-289, 1988.

OSTERMANN, Fernanda. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 13, n.3, p. 184-196, dez.1996.

PAIS, Luiz Carlos. Transposição didática. In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática**: uma introdução. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 13-42, 1999.

_____. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

PEREZ, Daniel Gil. Três Paradigmas Básicos em la Enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1983.

_____. La Metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

PEREZ, Daniel Gil; PAYA, José. Los trabajos practicos de fisica y quimica y la metodologia científica. **Enseñanza de la Física**, Buenos Aires, v. 2, n. 2, p. 73-79, 1988.

PERRENOUD, Philippe. **Novas competências para ensinar**. Traduzido por Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PERNIGOTTI, Joyce Munarski. **Assessoramento a docentes**: pesquisa-ação na prática pedagógica, 1993. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 93-114, abr. 2002.

POMBO, Olga; GUIMARÃES, Henrique M.; LEVY, Teresa. **A Interdisciplinaridade**: reflexão e experiência. 1.ed. Lisboa: Texto, 1993.

RAMOS, Maurivan Güntzel. Educar pela pesquisa é educar para a argumentação. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderez Marina do Rosário (orgs). **Pesquisa em sala de aula**: tendências para novos tempos. 1.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 25-50, 2002.

RESENDE, Ênio. **O livro das competências**. São Paulo: Qualitymark, 2000.

ROSITO, Berenice Álvares. **Investigando as concepções de professores de um curso de licenciatura em Ciências**, 1998. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

_____. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: MORAES, Roque (Org.). **Construtivismo e ensino de Ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 195-208, 2000.

RUMELHARD, Guy. Trabajar los obstáculos para asimilar los conocimientos científicos. In: CAMILLONI, Alicia R. W. de. (Comp.). **Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza**. Barcelona: Gedisa, p. 31-62, 1997.

SANTOS, Boaventura de Souza. **Um Discurso sobre as Ciências**. 8.ed. Porto Alegre: Afrontamento, 1996.

SÉRÉ, Marie-Geneviève. La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n.3, p. 357-368, 2002.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SILVA, Benedito Antonio da. Contrato didático. In: In: MACHADO, S. (Org.). **Educação matemática**: uma introdução. São Paulo: EDUC, Série Trilhas, p. 43-64, 1999.

SILVA, Maria Ozanira da Silva e; SOUZA, Salviana de M. P. Santos. **Prática de investigação-ação**. São Paulo: Cortez, 1984.

SILVEIRA, Fernando L. da. **Uma epistemologia racional-realista e o ensino da Física**, 1992. Tese, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

_____. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, dez. 1996.

SOLÉ, Isabel; COLL, César. Os Professores e a Concepção Construtivista. In: COLL, César et al. **O construtivismo na sala de aula**. Traduzido por Cláudia Schilling. 6. ed. 3. reimpressão. São Paulo: Ática, 2001.

TEIXEIRA, Luciana Martins. **Oficina de ensino de Matemática: uma proposta**, 2001. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 3.ed. São Paulo: Cortez, 1986.

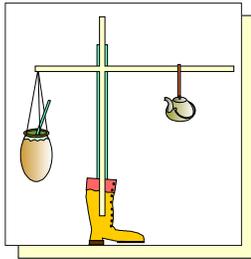
VIENNOT, Laurence. **Raisonner en physique: la part du sens commun**. Bruxelas: De Boeck & Larcier S.A., 1996.

VOCABULAIRE International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie. Métrologie International Organisation for Standardization, 1984.

ANEXOS

ANEXO I – EXEMPLO DE ROTEIRO DOS PROJETOS IPE E RIPE

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul



PROJETO IPE *PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA ENSINO PÓLO DO PROJETO RIPE-USP*

3.2 Centro de gravidade de figuras regulares

3.2.1 Método geométrico

Traçam-se as duas diagonais do retângulo, conforme figura 3.

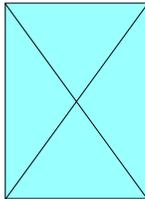


Fig3

Tenta-se apoiar a figura retangular sobre o suporte construído com o prego, de modo que a mesma fique em equilíbrio, conforme figura 4.

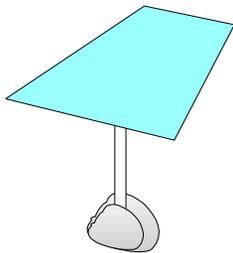


Fig4

Em que lugar deve-se apoiar a figura para que ela fique em equilíbrio?

Tenta-se fazer o mesmo para o quadrado, para o triângulo e para o círculo. No caso do triângulo, convém buscar o centro de gravidade testando:

c) o ponto de intersecção das bissetrizes (segmento de reta que divide o ângulo em duas partes iguais). No caso de uma figura circular, determina-se, com o auxílio do compasso, o centro do círculo. Desta forma, é possível ter-se, numa primeira aproximação, uma idéia do que seja o centro de gravidade, aplicando-se algumas noções de geometria e utilizando o suporte com o prego.

3.2.2 Método do fio de prumo

Agora, com o auxílio de um prego, faz-se um furo num ponto qualquer da figura retangular e depois suspende-se a mesma por este furo (ponto de suspensão) no alfinete do suporte com o fio de prumo, conforme a figura 5.

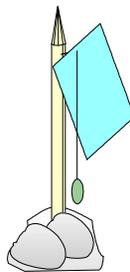


Fig.5

O fio de prumo marca a direção vertical. Traça-se esta linha na figura retangular.

Repete-se o procedimento escolhendo um segundo ponto de suspensão.

O que se observa?

a) o ponto de intersecção das *alturas* (segmento de reta traçado perpendicularmente desde o vértice até a base);

b) o ponto de intersecção das *medianas* (segmento de reta traçado desde o vértice até a metade da base);

3.3 Centro de gravidade de figuras irregulares

Recorta-se uma figura irregular qualquer de cartolina. Utilizando o suporte com o fio de prumo, determina-se o centro de gravidade da figura que foi recortada.

Sugestões de questões a serem exploradas com os alunos:

1. É possível determinar o centro de gravidade de figuras regulares de cartão usando noções de geometria? Explique como.
2. É possível determinar o centro de gravidade de figuras irregulares? Como?
3. Qual é a força que “puxa” o fio de prumo e faz com que ele fique na vertical?
4. Qual é a força que faz o cartão girar quando ele não está suspenso pelo centro de gravidade?
5. E quando ele está suspenso pelo centro de gravidade, onde esta força atua? Qual seu ponto de aplicação?

Tais perguntas visam levar à formulação do conceito de centro de gravidade (ponto onde atua a força peso).

Bibliografia de apoio:

Ribeiro, Verenice Leite. O sapo equilibrista, Revista de Ensino de Ciências, 14, setembro, 1985.

Gaspar, Antônio. (4ª ed). Experiências de Ciências para o primeiro grau. São Paulo: Editora Ática, 1996.

ANEXO II – TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA MOMENTO DE UMA FORÇA REALIZADA EM 04 DE ABRIL DE 2003

Legendas: B: Bruna; M: Marcela; G: Gabriela; Z: Zenar (entrevistador)

Z: Hoje é dia 4 de abril, nós vamos começar a entrevista com nosso disco, tendo a Bruna, a Gabriela e a Marcela. Nós temos algumas arruelas e vamos ter que deixar este disco não girar. Então eu vou pedir pra Bruna colocar uma ou duas arruelas em qualquer lado, em qualquer parafuso. **B:** Aqui no meio também pode. **Z:** Sim, qualquer lugar. Bom, exatamente aqui no eixo a gente pede pra não colocar. Então a Bruna colocou uma arruela no primeiro parafuso do lado direito. **B:** E girou. **Z:** E girou. Como é que a gente pode fazer agora para ele não girar? **G:** Colocar outra arruela no outro parafuso, no primeiro no lado esquerdo. **Z:** Então vamos colocar ali, a Gabriela disse, uma arruela no primeiro parafuso do lado esquerdo. Ele não girou, vamos mudar a possibilidade? Vamos tirar as arruelas. Marcela, onde tu colocaria? **M:** Aqui. **Z:** A Marcela colocou no quinto parafuso não na linha horizontal do eixo, mas no quinto parafuso que está abaixo dessa linha horizontal. Onde é que a gente pode colocar agora pra ele não girar? **M:** No lado oposto, aqui. **Z:** Aqui em cima? **M:** É. **Z:** Ele não girou, e se eu tirar? **M:** Ele gira. **Z:** Ele vai girar, então a Bruna deu a idéia de colocarmos no quinto parafuso do lado esquerdo só que no quinto parafuso acima da linha horizontal. Vamos ver, Gabriela, uma opção que tu diria? Onde é que tu colocaria? A Gabriela colocou no parafuso que está na linha vertical com o eixo e ele não girou. Porque será que ele não girou? **G:** Porque o disco fez pressão pra baixo. **Z:** Que pressão seria essa? **B:** A pressão atmosférica que sempre vai pra baixo, não seria? Que é de cima pra baixo, tudo. **Z:** Pressão atmosférica? O que vocês acham? **G:** A pressão do negocinho é maior que o peso por isso não girou, sei lá. **M:** Vocês não entenderam. **G:** Então é por causa da massa do prego com a argola ficou maior do que o prego sem argola. **B:** É que não tem como isso subir, sabe, só se tiver uma força aqui em cima que emperre para baixo, não tem como essa força, assim aí também não mexeria, ficaria igual de qualquer jeito. **Z:** O disco está com a arruela como nós descrevemos agora mesmo, então nós colocamos uma arruela exatamente no lado oposto e ele ficou parado, a gente gira com a mão ele fica parado, ele não gira porque será que ele não gira? **M:** Tá e porque quando a gente colocou uma arruela aqui e uma arruela lá não fica assim? **Z:** Assim como? **M:** Assim. **G:** Isso depende porque ta sempre assim no mesmo nível. **B:** Se tu deixar assim ele fica, não importa. **G:** É mas... **B:** Outra coisa, deixa eu ver, se tu deixar assim, tirar isso daqui, é, também fica. **G:** É porque pegou bem no meio, assim deu o equilíbrio no meio. **Z:** E o que se entende por equilíbrio? O que seria o equilíbrio? **M:** Mas olha só. **G:** Não mexe lá. (não estavam com interesse em responder essa pergunta; desconversaram). **Z:** Vamos voltar depois pra isso. Mas eu quero voltar na pergunta pra Bruna: tu falou sobre pressão atmosférica. O que seria essa pressão atmosférica? **B:** É que eu acho assim, tudo que ta em cima da pressão é pra cair, tudo então tu coloca aqui, desce, eu acho que é porque tá numa linha, há não sei sor. **Z:** E o que vocês acham? **M:** Eu acho que está um pouco certo. **Z:** Porque? **M:** Ah, não sei explicar porque, mas eu acho que está certo, assim, em termos. **Z:** E o que a Gabriela acha? Acha que tem alguma coisa a ver sobre pressão atmosférica ou não? **G:** Acho que tem. **Z:** Vamos trocar as arruelas. **B:** Vamos. **Z:** Quando eu pedi pra vocês colocarem as arruelas, vocês sempre foram pegando uma, e se eu agora trocar e colocar duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo, como é que a gente poderia fazer para o disco não girar? **B:** Colocando duas no quinto parafuso do lado direito, pra equilibrar o peso, tipo uma balança, né. **Z:** Tipo uma

balança. Será que não existe outras possibilidades de fazer isso? **B:** Equilibrando? **Z:** Tirando as duas arruelas agora do quinto parafuso do lado direito. **B:** Equilibrar? **Z:** É pra ele não girar. **M:** coloca, distribui as duas. **Z:** A Marcela deu a opção de colocar uma arruela no quinto parafuso do lado direito, no parafuso superior, e outra no parafuso inferior, e ela não girou. Será que não tem outras possibilidades ainda? **M:** Tem. **Z:** A Marcela tentou colocar agora tudo nos parafusos do lado direito: uma no segundo e uma no quarto, porque tu escolheu essas? **M:** Não se, porque eu queria escolher uma dali pra ver. **B:** E girou. **Z:** E deu um giro. Vamos ver uma outra possibilidade? **M:** Tá, mas só me explica uma coisa: porque não ficou equilibrado e aqui tá equilibrado? **G:** Não ficou equilibrado porque tem... **B:** Onde tu coloca, assim, externo e interno. **M:** Mas acho.. **Z:** Mais interno e mais externo, do lado mais interno e do lado mais externo? **B:** Aqui equilibrou porque ele ficou mais perto do lado de cá, daí o peso foi mais pro lado daquele lado, lado esquerdo, se coloca pra cá fica mais ou menos... **Z:** Colocar uma no quarto e uma no quinto parafusos. **B:** Gira. **Z:** Gira também. Então... **G:** Se colocar uma ali e uma aqui. Ficou. **Z:** A Gabriela colocou uma arruela no quinto parafuso no lado direito na linha do eixo e outra arruela no parafuso acima. Mas será que não há outra possibilidade? **M:** Coloca esse pra baixo. **Z:** Colocar ele no quinto parafuso abaixo e deixar o outro no meio. **M:** Ele quer que a gente encontre outra possibilidade. **B:** Assim não dá, né, vai virar. **Z:** A Bruna colocou uma arruela em cada parafuso do eixo central, nos extremos do disco, e ele gira. **G:** E se colocar... **Z:** Gabriela vamos ver: uma no primeiro parafuso do lado direito e uma no quinto parafuso do lado direito e ele gira. **B:** É que... **G:** Coloca aqui, não vai girar em cima. **Z:** Aqui vocês já fizeram nos quintos parafusos. **M:** aqui também. **Z:** Já fizeram também. **M:** Lá em cima eu acho que não. **Z:** Este foi feito agora. **G:** E pode mexer naquele outro ali? **Z:** Pode mexer nesse outro aqui. **B:** Há então... **Z:** A Gabriela quis comentar que pode mexer no quinto parafuso do lado esquerdo que foram colocadas duas arruelas. A Gabriela pediu pra tirar as duas arruelas do quinto parafuso do lado esquerdo e deixou uma arruela no quinto parafuso esquerdo e uma arruela no quinto parafuso direito e ainda uma arruela no parafuso que dá do eixo vertical. Vamos ver outra possibilidade? Eu vou dar uma opção agora: eu vou tirar essa arruela do meio e vou colocar uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo. Eu peço que vocês utilizem uma ou mais arruelas do lado direito para que o disco não gire, só que não pode ter agora arruela lá no quinto parafuso do lado direito. **M:** Pra ficar equilibrado. **Z:** Pra ficar equilibrado. Não pode usar no quinto. **G:** No quinto são todos esses. **Z:** Todos aqueles três. **M:** E pode usar aqui. **Z:** Pode. **B:** Vai virar. **M:** Põe uma. **B:** Vai girar **Z:** A Bruna colocou uma arruela no quarto parafuso do lado direito e girou. **G:** Põe uma ali no quarto. **Z:** Uma no quarto parafuso do lado direito. **G:** isto **Z:** é que estava no quinto, e ela colocou uma arruela em cada parafuso que dá na linha vertical do eixo e ele gira. **B:** então não tem como. **Z:** então temos que ter outra opção, uma outra possibilidade. **B:** se colocar uma aqui, não **Z:** A Bruna colocou uma arruela no quarto parafuso e uma no quinto parafuso do lado esquerdo e pra não girar a Marcela colocou duas arruelas no quarto parafuso do lado direito e ele gira. Vamos ver outra possibilidade. **G:** já estou me estressando. **M:** não pode colocar ali. **Z:** não é que não pode. Peço que não repitam as mesmas possibilidades de antes porque nós já vimos. Então vamos ver. **M:** Sabe porque vai girar? Porque este está pra cá, ó. **Z:** Porque tu não colocou no que ia fazer. **M:** porque se colocar aqui, este peso vai pra cá, daí vai girar. **Z:** Se tu colocar duas arruelas no segundo parafuso do lado direito, o peso vai pra onde? Que tu disse? **M:** Por lado esquerdo. **Z:** Por lado esquerdo? Porque? **B:** porque está mais, sei lá, vai fazer mais força, mais perto do lado inclinado. **M:** porque a força, ah, não sei te

explicar **Z**: faz, vamos ver o que vai acontecer. **G**: se der certo... **Z**: girou. **M**: não pode deixar aquele ali embaixo pra dar um peso.... **Z**: Nós ainda estamos com... A Bruna está trocando. **B**: É possível equilibrar? **Z**: é possível equilibrar. **B**: então, botar uma aqui e botar mais outra aqui, daí nesse lado tenho a certeza, não vai **M**: deixa assim **Z**: vamos ver o que tem **G**: faz assim, coloca aí, ó parou. **Z**: temos o seguinte: a Bruna colocou do lado esquerdo, duas arruelas no parafuso primeiro e uma arruela no quinto parafuso, aí a Marcela colocou do lado direito uma arruela no quarto parafuso e ele gira. **M**: Calma, deixa eu ver pra que lado ele gira, tira a ta e se colocar mais uma **Z**: pra qual lado girou então? **M**: pro lado esquerdo **Z**: Pro lado esquerdo. A Marcela quer colocar mais arruelas, duas arruelas no quarto parafuso do lado direito **B**: e girou. **Z**: e girou **M**: girou pro lado direito **Z**: para o lado direito **G**: então coloca mais uma aqui, ó **M**: não **Z**: Deixou como estava antes e colocou uma arruela no primeiro parafuso do lado direito e girou **B**: e girou. **M**: uma aqui, uma aqui e girou de novo. **Z**: Agora tem o seguinte: do lado esquerdo tem duas arruelas no primeiro parafuso e uma arruela no terceiro. **M**: do lado direito **Z**: do lado direito tem uma no primeiro, uma no segundo e duas no quarto e ele gira pro lado direito **G**: Ta, mas coloca **B**: ficou **Z**: Agora, do lado esquerdo, no primeiro parafuso, duas arruelas no terceiro e no quinto parafuso uma arruela. Do lado direito, tem uma arruela no primeiro, uma no segundo, uma no terceiro, uma no quarto e ele não girou. O que eu vou pedir agora... **G**: Deixa eu perguntar uma coisa. **Z**: pode perguntar. **G**: Ele não girou porque, tipo assim ó, aqui ta o negócio, vou apagar, daí aqui assim tem o centro, daí não tem que vir as forças assim? Tipo... **B**: daí se anulam e ficam iguais **G**: pra se anular e ficar iguais... **Z**: e como é que essas forças se anulariam? **B**: tendo o peso de cada lado. **Z**: tendo o mesmo peso de cada lado... **M**: mas tem que ser distribuído igualmente. **Z**: tem que ser distribuído igualmente, proporcionalmente. **M**: igualmente já foi **G**: proporcional porque que nem aqui não tem no primeiro, mas aqui tem ó. **B**: daí a força daqui é mais ... é complicado **G**: é porque aqui ó, aqui tem um, ta, tem esses quatro, só que não tem aqui, mas aqui tem aqui então ficou tipo proporcional, assim, porque tem mais na extremidade **Z**: Vou pedir pra vocês fazerem esse desenho. Vamos tentar outras possibilidades, sempre lembrando pra vocês que a quantidade de arruelas que nós vamos colocar no lado direito podem ser em quantidades variadas e parafusos diversos. Até então vocês ficaram escolhendo, eu vou colocar uma agora. Eu vou colocar uma arruela no segundo parafuso do lado esquerdo. **B**: segundo parafuso do lado direito, não rodou. **Z**: Então nós vamos anotar isso. Agora, depois de termos colocado uma arruela no segundo parafuso do lado direito, o disco não girou, eu vou pedir pra vocês verem outra possibilidade, deixando uma arruela ainda no segundo parafuso do lado esquerdo. Que outra possibilidade poderiam achar pro disco não girar? Lá no lado direito não precisa ter a mesma quantidade de arruelas. **B**: aqui pode colocar outra, então? **M**: deixa só assim, quero ver uma coisa, **Z**: a Marcela colocou uma arruela no segundo parafuso do lado esquerdo e uma arruela no primeiro parafuso do lado direito e uma no terceiro parafuso do lado direito e o disco girou. **G**: então coloca lá onde a Bruna queria colocar. **Z**: E a Bruna queria colocar ...? **B**: no quarto **Z**: então agora nós temos, no lado esquerdo, uma arruela no segundo e quarto parafusos, e no lado direito, uma arruela no primeiro e terceiro parafusos e o disco gira **B**: é não acho que tem que por esse ... **Z**: O que nós temos agora: do lado esquerdo, uma arruela no segundo e quarto parafusos, do lado direito, uma arruela no segundo e quarto parafusos e não girou. Vamos anotar isso. Agora, sem querer, espontaneamente a Bruna colocou duas arruelas no segundo parafuso do lado esquerdo e uma arruela no quarto parafuso do lado direito e não

girou. Porque será que não girou agora? **M:** Será porque tem uma... tem um número... **B:** e quanto mais pro lado externo e pro lado de fora, maior acho que é o peso, maior, assim pode mudar **G:** maior é a força tipo que... **M:** maior o peso influenciar no giro, assim, quanto mais dentro, assim menos influencia. **Z:** o que seria o dentro? **B:** Perto do eixo. **Z:** Uma coisa que eu já consegui entender e que vocês disseram antes, é que o que vai auxiliar o disco girar ou não girar é realmente essa força peso, vocês estão falando desde o início. **M:** tinha só uma... do lado... **G:** eu também **Z:** do lado esquerdo? **M:** é **Z:** não são... **M:** não, antes agora é os dois lados tem duas. **G:** não **Z:** Está confuso. Vamos verificar: nós temos uma arruela no quarto parafuso do lado direito. Como é que poderia fazer para o disco não girar do lado esquerdo? Quais as possibilidades? **G:** botava mais aqui **Z:** Mas isso já tinha. **B:** estou colocando uma aqui, deu. Esse a gente sabe que não vai. **Z:** Colocou uma arruela no quarto parafuso do lado esquerdo, mas há outra possibilidade? Bruna colocou uma arruela no terceiro parafuso e o disco gira. **B:** Acho que é no quinto, não. Tá e no quinto gira? **Z:** vamos ver? No quinto, girou. Vamos anotar isso? Outras possibilidades. Agora o disco não girou: uma arruela no quarto parafuso do lado direito e uma arruela no primeiro e uma no terceiro parafusos do lado esquerdo. Por que será que nesta situação o disco não girou? **M:** porque a arruela do lado direito, ela com o peso dela, pode ser maior por causa ela está mais externamente, ficou equivalente às duas arruelas do lado esquerdo porque elas estão mais próximas do eixo. **Z:** E esse peso que tu fala, que ele modifica, será que o peso modifica de um lugar para outro? **M:** não.... **G:** tipo assim ó, não tem tipo assim, uma fórmula, alguma coisa que tipo, força, porque o eixo, porque quanto mais próximo do eixo menor a força, mais distante, maior a força, tipo inversamente proporcional. **Z:** Olha só o que a Marcela disse: quanto mais perto ou mais afastado do eixo tem uma distância... **M:** não, uma força, a força que é exercida diferente. **Z:** a força é exercida diferente se está mais perto do eixo ou mais afastado do eixo? **M:** é **Z:** é isso? Interessante o que tu comentou. Esse tipo de trabalho que nós estamos fazendo não lembra nada vocês assim do dia-a-dia? Assim que a gente encontra pela rua? **B:** tipo uma bicicleta. **Z:** uma bicicleta? **B:** é, se tu colocar uma sacola mais peso de um lado da bicicleta e menos peso de outro, vai cair pra um lado. **G:** é tu vai ter que ficar... **B:** tu vai fazer força pro lado que tá mais leve pra não cair **Z:** Pro lado contrário? **M:** É. **Z:** E não teria outra comparação? **G:** A balança. **Z:** A balança. **B:** uma gangorra, que é a mesma coisa. **Z:** Vocês acham que uma gangorra estaria comparada... **B:** Sim, porque tem um eixo onde fica... **M:** Se colocar uma pessoa gorda do lado direito e duas pessoas magrinhas do lado esquerdo, vai equilibrar. **Z:** Vai equilibrar a gangorra? Se colocar uma gorda do lado direito e duas magras do lado esquerdo, e a distância que elas vão sentar será que não influencia? **M:** É elas tem que sentar mais... **B:** Depende do peso delas, mas eu acho que elas têm que sentar mais perto do eixo. **G:** Uma mais perto, uma mais distante. **B:** Eu acho que mais próximo do lado externo, porque elas têm menos peso já que a outra, daí a outra tem tipo o dobro do peso delas. **Z:** Vamos supor que uma pessoa, vamos representar isso com as arruelas. **B:** Botar aqui, bem ... **G:** Se elas têm, as duas magras têm cada uma 50kg e agora tem 100kg, né. E não importa o lugar que colocar as duas sentadas desde que elas sentem no mesmo, entendeu que vai ficar equilibrado. **Z:** Interessante isso que tu comenta, e se nós tivermos uma pessoa de 100kg e uma de 50 kg? **G:** A de 100kg tem que sentar mais perto do eixo e a de 50kg mais pro lado externo, mais na ponta, vai equilibrar. **B:** Talvez equilibra. **Z:** Essa é a idéia? **TODAS:** Sim. **Z:** Então agora eu quero perguntar o seguinte para vocês: o que faz o disco não girar? **M:** O equilíbrio do peso. **Z:** O equilíbrio dos

pesos. Agora a Gabriela fez espontaneamente uma situação: a Gabriela colocou uma arruela bem no parafuso que dá no eixo vertical ao eixo e o disco não gira. Bom, mas se eu colocar, isso foi feito logo lá no início, uma arruela no quinto parafuso do lado direito e uma arruela no quinto parafuso do esquerdo, também não gira. Se eu colocar essa arruela no quinto parafuso abaixo, ele também não gira. Para onde é que está dirigida a força, para onde está direcionada a força do peso? **M:** Pro centro. **Z:** Como que é Marcela? **M:** Pro centro. **Z:** Pro centro, centro do quê? **M:** pro eixo, pro centro do disco. **Z:** Centro do disco então, por exemplo, se eu tenho aqui no quinto o peso está direcionado para o centro do disco, numa linha horizontal? **M:** É. **Z:** É isso? **G:** Eu penso assim é, não pode ser pra baixo porque as alturas são diferentes, então... **Z:** Só um pouquinho, estou perguntando do peso, não estou perguntando agora do equilíbrio, do disco girar ou não girar, só estou perguntando do peso onde aponta a força peso? **B:** Pro centro, eu acho. **Z:** Pro meio do disco. **B:** É. **Z:** E o que tu acha Gabriela? **G:** Eu acho que não tem como ele apontar para o meio do disco. **Z:** Porque? **G:** Porque não tem nenhuma força pressionando. **Z:** Então pra onde tu acha que aponta a força peso? **G:** Pra baixo. **Z:** Pra baixo? **G:** Que o peso faz pressão pra baixo. **Z:** Pra baixo. **B:** Mas então, porque? Há, eu estava pensando, se eu coloco aqui essa pra cá e essa pra cá, as duas se anulam. **Z:** A Bruna pensou assim: colocando uma arruela no quinto parafuso do lado direito e uma no quinto parafuso do lado esquerdo, a força peso, isto é, as duas forças peso estariam no eixo horizontal em direção para o centro do disco? **B:** É. **Z:** E elas se anulariam, só que a direção força peso... **B:** É pra baixo. **Z:** É pra baixo. **B:** Então, tendo um peso igual do lado direito e esquerdo, vai ficar igual. **M:** Só não entendi uma coisa. **Z:** Marcela, o que tu não entendeu? **M:** Por que então se a gente coloca aqui em baixo, tá, a força aqui que este está exercendo é maior ou menor, não sei, e como equilibra, porque a questão... a distância é diferente. **Z:** que distância diferente? **M:** Do chão, assim. **Z:** É que acontece o seguinte: a força peso é igual, ela aponta para o centro da Terra. Se eu colocar uma arruela no quinto parafuso, no quarto, terceiro etc., a força peso vai apontar para o centro da Terra, para baixo, o que vai determinar o disco girar ou não é a distância em linha horizontal em relação ao centro do disco a que está o parafuso. Por exemplo, a arruela está no quinto parafuso do lado esquerdo, a arruela está no quinto parafuso do lado direito, a distância horizontal é a mesma. Agora, quando nós colocamos uma arruela apenas no parafuso que dá exatamente no eixo... **M:** É como na gangorra, como se sentasse no meio da gangorra. **Z:** Porque em relação a distância horizontal, não tem distância? **G:** Não entendi, como aqui e aqui, não é a mesma distância horizontal? **B:** É 10 aqui e 10 lá. **Z:** A Gabriela disse assim: se eu colocar uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo e uma arruela no quinto parafuso do lado direito, só que o quinto parafuso ele está abaixo daquele que está dá linha horizontal do eixo do disco, porque ele não vai girar? **M:** É que a distância horizontal é a mesma. *Agora, após terminarmos as discussões sobre quais as possibilidades do disco girar ou não, nós vamos começar a entrevista com a balança T.*

Z: Eu vou pedir inicialmente pra vocês fazerem o desenho de uma balança que é um T, como esta que estou mostrando aqui. **B:** Isso não é uma balança? **Z:** Por que tu acha que não é uma balança? **G:** É que ... dividi olha ... metade de cada. **B:** Tá, até aqui tudo bem, mas porque isso aqui verdade, isso é uma gangorra com uma parte bem grande. **Z:** Então vou pedir pra vocês construírem uma balança como esta aqui. Nós temos agora a balança T que vocês desenharam e recortaram. Eu vou pedir pra vocês fazerem, em cada extremidade, a mais ou menos 1 centímetro de

cada extremidade, um furo e escreverem o número 1 e o número 2. Eu vou pedir pra vocês agora encontrarem o centro de gravidade dela, vocês lembram como podem fazer isso? **B:** Gravidade, pronto, acho que pra mim seria aqui.**Z:** No ano passado vocês discutiram como achar o centro de gravidade. **G:** A gente pendura um fio, não é? **Z:** Eu tenho o material pra vocês. **B:** É que o meio seria aqui mais ou menos... **G:** Tá, mas isto daqui é só o suporte da balança, né. **Z:** É. **M:** Aqui né. **Z:** Não sei, eu quero que vocês achem o centro de gravidade, então vamos ver pelo método do fio de prumo? Temos o fio de prumo aqui, como é que vocês fariam para achar o centro de gravidade? **B:** Eu não me lembro. **G:** Ah, é aqui, assim. **Z:** Então vamos ver: coloca-se o fio no... **B:** No centro. **M:** Temos que riscar. **Z:** Isso Marcela, temos que riscar. **G:** Riscar aqui, onde é que passa o fio. **Z:** Onde é que passa o fio. **M:** Aqui, né. **Z:** Está desenhando com o fio de prumo novamente. Bom, esse lugar de encontro das duas retas é para ser o centro de gravidade, aqui onde as duas linhas se encontraram. Agora eu vou pedir para fazer o seguinte: pegar e traçar uma reta vertical que passe bem pelo centro de gravidade, de ponta a ponta na balança. Onde é o centro de gravidade, nós vamos chamar de número 5, um pouco abaixo vai ser o número 6, e em dois lugares acima serão o número 4 e o número 3, e depois nós vamos furar. **M:** Faz um furo no centro e coloca o número 5 e os outros acima e abaixo? **Z:** É. Agora então, nós temos a balança furada nesse eixo vertical que passa pelo seu centro de gravidade. Eu vou pedir para vocês suspenderem a balança pelo furo número 3 e vamos ver o que acontece. A Bruna está suspendendo pelo número 3. **B:** vira.**Z:** Vamos ver o que acontece, o que aconteceu? **B:** Virou.**Z:** E eu dando um toque nela. **B:** balançando.**Z:** Isso é desequilíbrio? **B:** Acho que não. **Z:** O que é isso? **B:** Isso é movimento. **M:** Acho que é uma força. **G:** É que tu colocou um peso. **Z:** É, eu coloquei meu dedo numa das extremidades do T e soltei. **M:** Balançou, mas voltou pro mesmo ponto. **Z:** Ela balançou e ficou no mesmo ponto. Vamos trocar para o número 4 pra ver se tem uma diferença? No número 4, vou dar um toque também. **G:** Girou um pouco mais... **B:** É demorou mais pra equilibrar, mas voltou. **Z:** Vamos tentar no centro de gravidade, no número 5? **G:** É pra ficar assim ou ... ah, ficou. **Z:** Vamos tentar agora no furo número 6. Vamos ver o que acontece, o que aconteceu no número 6? **G:** A mesma coisa que aconteceu no número 5. **Z:** E o que aconteceu? **G:** Ficou equilibrada, mas a balança, o T no caso ficou pra baixo. **Z:** O T ficou pra baixo, vamos voltar pro número 5? **B:** tipo ... lado mais pesado? **M:** Não. **Z:** Observa que no 5 o T virou pra baixo. Vamos colocar de novo no número 4? **B:** O T fica T. **Z:** O T fica T, e no número 3? **B:** Fica T também. **Z:** A balança tem esse formato de T, o T pra cima e não T pra baixo. Se vocês fossem construir uma balança, em qual dos furos desses números vocês suspenderiam a balança: no número 3, 4, 5 ou 6? **M:** No 4, eu acho. **B:** Como assim, eu não entendi? **Z:** eu vou suspender uma balança... **M:** Tipo pendurar ela na parede ou em algum lugar que nem a balança dos signos de Libra, que ela tem um negócio pendurado. **B:** Certo. **Z:** Tu suspenderia a balança pelo número 6, pelo 5, pelo 4 ou pelo 3, a Marcela acha pelo 4, porque? **M:** Porque pelo que a gente viu se suspender pelo 5, pelo 6 ia ficar de cabeça pra baixo. **Z:** Gabriela. **G:** Também acho que é pelo 4. **Z:** Por que? **G:** Porque ia ficar de cabeça pra baixo se fosse no 5 e 6, mas dá no e, porque no 3 também ficou certo. **B:** Eu acho que é no 3 porque parece o nível mais equilibrado, ficou mais equilibrado, no 4 também ficou em formato de T mas ele ficou, mas depois que tu colocou o dedo nele pra balançar ele demorou um pouco pra voltar ao equilíbrio, ficar o T retinho assim. **Z:** Eu vou pedir pra vocês fazerem mais uma etapa que é a seguinte, eu vou pedir pra vocês fazerem um pequeno retângulo agora, como este que estou mostrando, para nós adicionarmos à balança. Agora vocês

colocaram esse retângulo na nossa balança. O que vocês observaram? **B**: Que ele pendeu pra um lado. **Z**: Que ele pendeu pra um lado. Eu vou dar um toque, vamos ver o que nós podemos observar. **M**: Ela balançou. **Z**: Ela oscila, isto está no número 4. **B**: Mas voltou pro ponto onde estava. **Z**: Trocando agora para o número 3, o que a gente observa? **G**: Que ficou um pouco mais equilibrado, mas ficou mais pro lado da esquerda. **Z**: então vou dar um toque, o que se observa agora? **M**: Que demorou mais pra equilibrar. **B**: Ele balançou mais. **Z**: Demorou mais pra equilibrar, então pra fazer uma balança vocês colocariam no 3 ou no 4? **G**: No 4. **M**: No 3. **Z**: Por que tu acha no 4 Gabriela? **G**: Porque eu acho que se demorou menos pra ele equilibrar, é porque está mais nítido. **Z**: E a Marcela, no número 3, por que? **M**: Ao contrário do que ela falou, porque... **Z**: tu sabe que poderia ser no 3 ou no 4 conforme é o teu objetivo, se tu queres uma balança mais precisa ou não, com maior ou menor sensibilidade. **B**: Eu acho que maior sensibilidade seria a 3, menor sensibilidade 4. **Z**: E se eu fizer isso aqui: como está agora com esse retângulo, se nós colocarmos no 5? **B**: Aí vai ficar toda... **M**: Ela vai girar totalmente e vai ficar no meio. **Z**: Por que tu acha que ia acontecer isso Marcela? **M**: Porque... **B**: Primeiro deixa ela ver. **M**: Esse é o 6? **Z**: Esse é o 6. **M**: Tá espera aí, calma aí. **B**: Bota do outro lado. Vai ver que o 6 fica 3. **M**: Ela girou. **Z**: No 6 aconteceu a mesma coisa que no 3? **B**: Sim, só que ele está para da baixo **Z**: Então é a mesma coisa? **B**: Não. **M**: Ela girou, deu uma volta de 90 graus, e demorou mais pra equilibrar quando a gente deu o toque porque ela é mais sensível e quando... **Z**: Só que o T ficou pra baixo. **M**: É, aconteceu a mesma coisa, só que ao contrário, o T inverso. **Z**: Então nós teríamos que voltar para o número 3 ou o número 4 para... **G**: O 4 é igual ao 5. **Z**: O 4 é igual ao 5? **B**: Inverso ao 5. **Z**: Foi igual ao 5? **M**: Foi o contrário. **B**: Coloca no 5 de novo. **M**: Foi o contrário. **Z**: contrário? **M**: Não, tipo foi a mesma coisa que aconteceu no 4, mas com o T de cabeça pra baixo. **Z**: Há, então não é a mesma coisa. **B**: é o 3 e o 6 são mais sensíveis e o 4 e o 5 menos, assim no toque. **Z**: Tu acha isso Gabriela? Ela disse que o 3 e o 6 são mais sensíveis. **G**: Eu acho que é, porque eles balançaram mais. **Z**: Mesmo que no 6 o T indo lá pra baixo? **G**: Sim. **Z**: Então tu utilizaria uma balança, tu teria uma balança assim? (com o T virado para baixo). **B**: Não, mas daí, ai sor, me confunde **M**: Não, não pode usar uma balança assim **B**: Não, ele tá falando o que aconteceu os lados mais sensíveis assim, mas não que... **G**: A gente não está se referindo aqui a balança ao contrário, a gente está tentando achar o ponto mais sensível, o 3 e o 6 calma aí, né **B**: e o lápis tá torto. **Z**: Pra finalizar então qual dos dois pontos vocês suspenderiam a balança: pelo 3 ou pelo 4? **M**: 3 **B**: 3 **Z**: E a Gabriela? **G**: Depende pra que seria a balança, se for pra ser mais sensível seria o pelo 3 se não precisasse ser tão sensível pelo o 4. **M**: Se fosse para achar mais bonito seria talvez pelo 4 se fosse pra... **B**:.. acha que no 3 uma balança tem ser mais exata, não ia pegar uma balança não fosse tão exata se tu podendo ter uma balança mais exata. **Z**: Tá ok, obrigado.

ANEXO III – TRANSCRIÇÃO DA OFICINA MOMENTO DE UMA FORÇA REALIZADA EM 06 DE JUNHO DE 2003

Grupo 1: Bruna, Tábata

Grupo 2: Natália, Fernanda, Renata

Grupo 3: Iana, Mateus

A oficina do Disco foi no grande grupo **Z:** Estamos começando a oficina do disco. Vou pedir para que cada aluno diga o seu nome: Bruna, Tábata, Mateus, Fernanda, Renata, Iana, Natália. **Z:** Eu vou começar essa oficina de hoje vendo fazendo uma retomada do que vocês fizeram na 6ª feira passada. Eu gostaria que vocês falassem rapidamente o que foi feito. **T:** Sobre o ponto de equilíbrio. **Z:** Sobre o ponto de equilíbrio, e o que foi feito? **M:** Montamos um suporte com prego, equilibramos algumas figuras enfim, para vermos se as figuras tinham um ponto de equilíbrio, como isso funcionava, um pouco sobre isso. **T:** Como achar o ponto de equilíbrio. **Z:** Como achar o ponto de equilíbrio. **M:** A gente concluiu também que algumas figuras têm o ponto de equilíbrio fora da área palpável das figuras, assim, que a gente não pode ver, mas que pode estar fora, de repente não. **B:** Nem sempre é no meio. **Z:** que o ponto de equilíbrio nem sempre é no meio. **M:** O fio de prumo, usamos o fio de prumo pra testar o que nós tínhamos feito anteriormente, assim como se realmente nossas teorias estavam certas, enfim, quase certas. **N:** também vimos que um corpo pode estar em equilíbrio na horizontal e na vertical. **Z:** O que tu disse, Natália? **N:** é que nem no fio de prumo, a figura estava equilibrada mesmo na vertical e quando estava sobre o prego, na horizontal, também estava equilibrada. **Z:** Mais alguém para comentar? Nós temos aqui um disco e esse disco gira. Podemos observar toda a composição dele, cheio de parafusos, etc. Bom, nós temos aqui também algumas arruelas que são do mesmo tamanho e mesma massa. Agora vou comentar o seguinte: se eu colocar essa arruela em um dos parafusos, num parafuso qualquer, o disco vai girar; o nosso objetivo é descobrir situações em que podemos colocar as arruelas de tal maneira que o disco não gire. Então vejam, eu tirei a arruela do disco e ele ficou parado. **M:** equilibrado. **Z:** como o Mateus disse, posso deixar ele assim que fica equilibrado, então o objetivo é descobrir situações que vão fazer com que o disco não gire, então eu vou fazer o seguinte: se eu colocar duas arruelas nesse primeiro parafuso aqui, que é o primeiro parafuso do lado esquerdo do eixo, o que eu posso fazer para que o disco não gire? **M:** Colocar mais duas do outro lado. **Z:** O Mateus fez um comentário. **M:** Por que eu acho que está relacionado com a distância também porque não adianta colocar as duas arruelas do outro lado, acho que tem que ser num lugar específico, a mesma distância entre os dois pontos, se eu colocasse na ponta eu acho que ele ia se mover, então tem que ter a mesma massa e a mesma distância pra entrar num equilíbrio. **Z:** O que o grupo acha disso? **F:** Concordo. E se colocasse duas na ponta de cá, tem que colocar duas na ponta de lá para dar equilíbrio. **Z:** Fernanda, podes repetir? **F:** estou dizendo para colocar duas numa ponta e duas na outra ponta. **Z:** E que outras possibilidades poderiam existir? **M:** De colocação das arruelas, tu diz? **Z:** Sim **M:** Poderia ter colocado em qualquer um dos pontos ali daquele lado só que pra tornar, deixar em equilíbrio, teria que ser nos pontos respectivos do outro lado. **Z:** Por exemplo. **M:** Se tu colocar bem na ponta, tem que ser na ponta do outro lado, se tu colocar. **Z:** Colocar o quê? **M:** As arruelas, quando tem a mesma massa e tem que ser o mesmo número. **Z:** quantas arruelas? **M:** duas arruelas na ponta, no quinto parafuso do outro lado. **Z:** Tem que ter duas arruelas no quinto parafuso do outro lado. **M:** exatamente isso, se quiser

depois bota na quarta de um lado na quarta do outro lado, a mesma quantidade, e assim por diante. **Z:** e se nós colocarmos uma arruela no primeiro parafuso? **R:** Coloca uma no outro lado, no primeiro parafuso. **Z:** E será que é só essa possibilidade que existe? **N:** Se equilibrar a massa, pode ser colocado uma no parafuso bem perto do meio e uma na beiradinha, só que eu acho vai ter que aumentar a massa do parafuso que tiver bem mais perto do meio. **Z:** Vamos ver de novo, como a Natália falou? Pode falar Natália. **N:** Eu acho que se colocar uma arruela perto do meio. **Z:** Uma arruela perto do meio, o que seria esse perto do meio? **N:** perto do ponto onde está ...**M:** perto do eixo. **Z:** Então se colocar uma arruela perto do eixo, onde seria o perto do eixo? **N:** No primeiro parafuso. **Z:** No primeiro parafuso perto do eixo, então se eu colocar uma arruela no primeiro parafuso próximo ao eixo, o que tem que fazer? **N:** acho que pode colocar no outro lado mais perto da beirada, só que uma massa menor do que do primeiro parafuso. **Z:** Como tu conseguiria uma massa menor? **N:** Eu acho que se as arruelas têm a mesma massa, é só modificar a quantidade de arruelas. **M:** é, eu concordo com a Natália. **Z:** Então do outro lado mais perto da extremidade. **N:** É. **Z:** Mais perto da extremidade, que parafuso seria? **N:** No penúltimo. **Z:** Uma arruela de menor massa? **N:** É. **Z:** E como as arruelas têm a mesma massa? **N:** Colocar duas arruelas mais perto do eixo e uma arruela mais perto da extremidade. **Z:** Então aqui em vez de colocar uma, colocar duas? **N:** Sim **Z:** E que outras possibilidades poderíamos ter? **M:** Tenho uma idéia, não sei se funcionaria, mas se por exemplo, colocássemos duas arruelas no primeiro parafuso desse lado ou no quinto parafuso, que seja, e colocássemos uma, no quinto do outro lado e uma no ponto seguinte do outro lado, não sei. **Z:** Vamos anotar isso? Então vamos falar de novo. **M:** Por exemplo, duas arruelas no quinto parafuso na linha do eixo. **Z:** No quinto parafuso. **M:** E daí, no outro lado, uma no quinto e uma no quarto. Não equilibrou. **Z:** Nós já temos quantas idéias aqui? Quatro idéias, a gente pode ter mais alguma idéia? Será que existem outras possibilidades? **R:** De colocar, deixar uma arruela do lado e botar uma mais em cima desse lado ... **Z:** Pode explicar de novo? **R:** Se tem duas arruelas ali, colocar mais duas em cima e mais duas em cima desse lado. **Z:** No mesmo parafuso? **M:** Ela disse no de cima. **Z:** Aqui em cima? **R:** É. **Z:** Então a Renata está dizendo o seguinte. **R:** colocar duas arruelas no quinto parafuso na linha horizontal que passa pelo eixo e mais duas arruelas no quinto parafuso acima. **M:** Não precisa ser no eixo pra se equilibrar ... se colocássemos no eixo, se eu botasse duas aqui e botar duas em cima vai equilibrar também. **Z:** Como é Mateus? **M:** Se colocar duas em baixo aqui e duas lá em cima também vai equilibrar. **I:** Não precisa ser exatamente no meio. **N:** Ou tirar desse lado da linha do eixo e colocar mais pra cima. **Z:** O que vocês estão falando é de não pegar somente pelos parafusos que passam pela linha horizontal do eixo, mas por aqueles que estão acima. Eu vou anotar isso. Vamos ver, seria o seguinte: duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo e duas arruelas no quinto parafuso do mesmo lado, mas no parafuso acima. Idem do outro lado. Nós temos várias situações, isso que vocês estão fazendo aqui são hipóteses, o nosso objetivo é testar isso, certo, porque vocês ficaram falando essas hipóteses e agora nós vamos pegar o material e vamos testar isso. A idéia agora é nós testarmos essas possibilidades que vocês apresentaram aqui e também outras possibilidades. Então eu vou convidar vocês pra chegarem aqui e irem testando as arruelas pra verificar as hipóteses de vocês e também podem testar outras possibilidades, só que nós vamos ir anotando. Então aqui está o disco e as arruelas, é só chegar e testar. Estou observando que os alunos estão com vergonha de chegar até o disco pra testar as arruelas e verificar se o disco vai girar ou não, temos

apenas o Mateus e a lana, por enquanto. Então vamos ver, ah, a Renata está chegando. **M:** A primeira confere, duas arruelas no primeiro parafuso do lado esquerdo e duas arruelas no primeiro parafuso do lado direito e ficou em equilíbrio. **Z:** Mateus, o que tu estás fazendo? **M:** duas arruelas no quinto parafuso e duas arruelas no quinto parafuso do outro lado e equilibrou. Agora, duas arruelas no quinto do outro lado, testando a primeira deu certo. Duas arruelas no primeiro, duas do lado esquerdo no primeiro parafuso e duas do lado direito no primeiro parafuso e deu certo, equilibrou. **N:** Agora colocamos duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo e duas no quinto parafuso do lado direito e deu certo. **M:** Nós quisemos colocar duas arruelas no primeiro parafuso do eixo e, no outro lado, mais perto da extremidade, no quarto parafuso, uma arruela e não deu certo. **Z:** Não deu certo. **M:** Aí, nós tentamos botar duas arruelas no quinto parafuso de um lado e uma no quinto e uma no quarto do outro lado pra tentar equilibrar, e também não funcionou. E a outra que deu certo foi a última lá das duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo e duas no quinto do mesmo lado, em cima no caso, e exatamente a mesma coisa no outro lado e funcionou. **Z:** Mateus, explique melhor. **M:** o quinto parafuso que tem em cada lado, não os parafusos que estão assim, na linha do eixo, mas o quinto parafuso que está acima e está abaixo dessa linha do eixo tem duas arruelas em cada um e o disco não está girando. Na verdade, estão anulados, como se fosse fazer uma igualdade por exemplo, como faz em matemática $5 = 5$, na verdade é zero, se tivesse quatro desse lado e quatro do outro lado, iguala o peso aqui, aqui, aqui, iguala nos dois lados. **Z:** E por que tu achas isso? **M:** Porque está em equilíbrio. **Z:** Porque ele está em equilíbrio. E o que é o equilíbrio? **M:** Aqui no caso é não girar, permanecer estável, nessa posição. **N:** Estabilidade entre um ou mais corpos. **Z:** Estabilidade entre um ou mais corpos. O grupo está mudando, então vamos ver o que vocês fizeram. Vocês colocaram uma arruela em cada um dos quintos parafusos da extremidade, menos daqueles que estão na linha horizontal em relação ao eixo e o disco ele não está girando. **M:** aqui está em equilíbrio, aqui está em equilíbrio, aqui está em equilíbrio. **Z:** Mateus ... **M:** se traçássemos uma reta imaginária em cima das, uma reta imaginária de cima para baixo, no caso daqui, dessa posição pra cá, que daria tipo um cruzamento, porque elas se neutralizam, assim no caso tem a mesma massa. **Z:** Tem algumas pessoas que ainda não falaram. Pensam em algumas possibilidades que a gente poderia testar pro disco não girar? Eu vou pedir pra Renata falar de novo e um pouco mais alto. **R:** se botar duas em cima e duas na linha horizontal também dá o equilíbrio. **Z:** Então vamos ver. **I:** Tipo uma cruz. **Z:** Tipo uma cruz. A lana dá mais uma idéia de colocar onde? Eu vou pedir pra Renata descrever como é que está o disco agora. **R:** Uma no eixo, uma arruela no eixo, duas em cada ponta e uma em cima e outra em baixo. **I:** É como eu falei, parece que ele forma uma cruz. **M:** Eu tenho uma explicação porque isso aconteceu. **Z:** Queremos escutar. **M:** eu acho que é mais ou menos o que eu estava dizendo antes, por exemplo, ficam três de cima a baixo e na linha horizontal também tem três, então sempre vão estar equilibrado. Por exemplo, aqui não tem nada pra fazer com que ele gire. **I:** é porque se coloca esse um aqui ó, acho que não daria o equilíbrio. **Z:** A lana disse se colocar uma no quinto acima ele vai girar. E agora da maneira que está, assim, vocês não queriam testar umas a mais pra ver como é que fica? Mudando de posição. Descrevam como está o disco agora, porque ele não está girando, olha só o que aconteceu, quem poderia descrever o disco. **I:** Eu acho que é a mesma questão que o Mateus disse antes porque aqui não tem nada e aqui também não e aqui é a mesma coisa se colocasse uma aqui daria o equilíbrio. **N:** Tem três arruelas na linha do eixo. **Z:** Três arruelas na linha do eixo **N:**

E daí deixa o equilíbrio ali, daí tem outras que fazem tipo um X assim. **B:** Uma linha imaginária sem a arruela. **I:** Mesma coisa, se duas aqui e duas aqui. **Z:** E se eu fizer agora uma troca, como é, a Bruna deu uma idéia. **B:** ... **Z:** Eu vou pedir pra Bruna colocar em prática a idéia que ela está dando, Bruna pode relatar pra nós como está o disco? **B:** três arruelas, uma arruela em cada parafuso, três arruelas em cima e três arruelas em baixo. **M:** Eu acho que tu pode colocar quantas arruelas quiser no eixo e não vai mudar nada, não vai fazer girar. **Z:** Por que? **M:** Porque eu acho que no eixo é sempre zero. **Z:** No eixo sempre zero, o que seria esse zero? **M:** Não é no zero, mas é um ponto neutro, não vai provocar nenhum tipo um movimento. **Z:** Por que? **M:** Porque é o ponto de equilíbrio. **I:** Vamos fazer um teste, vamos colocar mais de uma ali no meio. **Z:** Vamos ver. A lana deu a idéia de fazer um teste: colocar mais de uma arruela ali no meio. **N:** só no meio, não mexeu **M:** coloca mais, coloca umas três ou quatro, não vai mexer, deu zero. **Z:** a lana pode descrever pra nós como está o disco? **I:** Botei duas arruelas em cima e duas em baixo e quatro no meio e não mudou nada no eixo central. **Z:** Por que será que não mudou nada? O que é o "não mudou nada"? **F:** Não girou, não tirou do equilíbrio que estava. **Z:** não tirou do equilíbrio que estava. **N:** Acho que no meio ... nada. As arruelas, como estão em equilíbrio, fora do eixo, é, ficou em equilíbrio, e o eixo não modifica nada porque, assim, colocou só uma no eixo, não mudou nada, ficou ela parada. **Z:** Pois é, a Natália levantou a seguinte questão: foi colocada uma arruela no eixo e não mudou nada; agora, foram colocadas quatro arruelas no eixo e também não mudou nada. **M:** Porque o eixo não tem ... **I:** Não tem nada a ver com ... **M:** É o ponto de equilíbrio, mas não tem nada a ver pra fazer com que mude o equilíbrio **Z:** E se eu fizer uma outra opção agora, por exemplo, se eu colocar uma arruela no primeiro e uma no terceiro parafuso do lado esquerdo, como é que vocês podem fazer para este disco não girar? **I:** Botar igual. **M:** Exatamente igual do outro lado. **Z:** Mas se eu não quiser colocar igual? **N:** Colocar duas no terceiro. **M:** duas no terceiro. **Z:** Colocar duas aqui, no terceiro? **M:** Isso. **N:** Não, uma no segundo e uma no terceiro. **Z:** como que é? **N:** Uma no segundo e uma no quinto. **Z:** Aqui, então foi dada a idéia assim: no lado esquerdo uma arruela no quinto e uma no terceiro parafuso; no lado direito, uma arruela no segundo e uma no terceiro. O Mateus acha que vai girar? Por que? **M:** Não sei, porque eu faria diferente. **Z:** Como é que tu faria? **M:** Primeiro ... **I:** Uma no primeiro e uma no quarto, eu faria. **M:** eu faria diferente ainda. **Z:** Eu vou anotar isso aí: a lana deu a idéia de colocar uma no primeiro e uma no quarto, por que? **I:** Porque teria a mesma distância que tem o lado esquerdo. **Z:** Mateus, qual que é a idéia que tu deu? **M:** A mesma idéia que ela tinha levantado, tem que ser a mesma coisa. **Z:** Alguém tem outra idéia? Não, então nós temos agora no nosso disco o seguinte: uma arruela no quinto parafuso e uma no terceiro parafuso do lado esquerdo; uma arruela no segundo e uma arruela no terceiro parafuso do lado direito. A lana vai soltar, ele girou. Bom, vamos testar a opção que foi dada pelo Mateus e a lana, que é uma no primeiro e uma no quarto parafuso. Estamos testando, e ele também girou, por que será que ele girou agora? **M:** Mesmos lugares. **Z:** Mas nós colocamos em parafusos diferentes. **M:** Eu tentei colocar duas no terceiro, deixar exatamente como está do outro lado, uma no quinto e uma no segundo; e no outro lado, deixar no terceiro e ele se moveu. **Z:** A lana deu uma idéia agora, de colocar duas no quinto. **M:** Mais forte, está puxando também, vai girar, engraçado, quando eu coloquei ele girou assim, nesse sentido, e eu botei aqui e ele girou pra cá, como se ele tivesse mais pesado. **Z:** Por favor, Mateus, explique novamente. **M:** O que nós testamos: uma arruela no quinto e uma no terceiro parafuso do lado esquerdo e tem duas arruelas no primeiro parafuso do lado direito

e o disco girou no sentido anti-horário. **Z:** e aquele outro, por que será que ele girou no sentido anti-horário? **I:** Porque quanto mais longe do eixo, mais força ele faz. **Z:** Quanto mais longe do eixo mais força ele faz e o que seria essa força? **M:** Concordo com ela. **Z:** Mateus concorda com ela. O que seria essa força? **N:** De massa maior, o peso fica maior no caso, se é muito pertinho ali vai ficar mais parecido. **Z:** Tu estás dizendo isso porque o peso da arruela mudaria? **N:** Não, o peso da arruela, não. **T:** A quantidade de arruelas. **N:** A massa dela não. **M:** Isso não tem nenhuma relação com a situação da força gravitacional? **Z:** Não sei, eu estou perguntando pra vocês. **M:** Eu não sei porque ... **I:** Mesma massa, se eu colocar no primeiro parafuso uma arruela de mesma massa que eu colocar no quinto parafuso, vai descer. **Z:** Por que será que vai descer? **M:** Não sei se tem a ver com a força peso, com a situação da própria gravidade, mas eu tive pensando que se eu tiver uma aqui. **Z:** Aqui onde? **M:** Bem no quinto, de certa forma, a força vem direta aqui dessa forma, e aqui, não sei. **N:** Por isso que eu tinha dito ali, que eu achava que duas arruelas no primeiro e no último, não, uma no primeiro parafuso do eixo e uma no quinto, porque quando está no quinto normalmente fica, parece ser mais pesado. **Z:** E por que será que parece estar mais pesado? **M:** Equilibrou de novo. **Z:** O que tu fez Mateus? **M:** Botei no terceiro e terceiro. **Z:** Agora como tu estás organizando? **M:** Eu não sei nada de muito concreto, tentando achar pra equilibrar uma de um lado e duas do outro, é que eu não sei se tem alguma coisa a ver exatamente com a posição em que se encontram as arruelas e a distância entre eles. **Z:** Por que tu acha isso? **M:** Porque que se tu colocar aqui e aqui, deixar exatamente a mesma distância, se deixasse um espaço no mesmo lugar, a posição do outro lado também é exata, se eu trocar aqui, a distância não é a mesma. **N:** Primeiro e no quarto que a distância ficaria mais ou menos a mesma, e não deu certo. **Z:** E daí, o que será que foi que alterou? **N:** A posição, eu acho. **Z:** Natália, o que tu fizeste? **N:** coloquei uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo e duas arruelas no quarto parafuso do lado direito e ele girou. **M:** Por causa da posição e a distância das arruelas. **N:** Agora coloquei 1 arruela no quarto parafuso de lá e 2 arruelas aqui, no segundo parafuso e ele não girou. **Z:** A posição e a distância das arruelas. Então se eu colocar duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo, o que eu posso fazer para ele não girar? **I:** Colocar igual do outro lado. **Z:** E se eu não quiser no mesmo lugar. **M:** Não vai ficar nunca parado, eu acho. **T:** Bota no quinto. **Z:** Onde? **T:** no quinto parafuso que não está na linha horizontal do eixo, bota uma arruela no quinto parafuso acima e uma no quinto abaixo. Ah, ele não girou! **Z:** Por que não girou? **T:** Deve ser porque o peso é o mesmo. **B:** e se eu colocar no outro lugar, se acrescentar uma arruela bem no parafuso acima do eixo, naquele que dá na linha vertical do eixo ... ficou equilibrado. **M:** Por que no eixo é o equilíbrio. **Z:** Deixando ainda duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo, como a gente pode fazer para ele não girar? **I:** Várias arruelas. **Z:** Várias arruelas onde? **I:** primeiro parafuso. **Z:** E quantas arruelas seriam? **I:** 4 arruelas no primeiro, 4 ou 5. **N:** tem que colocar nesse primeiro parafuso, ele está girando pra lá. Eu acho, tipo assim, colocar assim, aqui teria que colocar assim, aqui. **Z:** Então tente fazer isso. **M:** Ela conseguiu concluir, diretamente proporcionalmente. **Z:** Olhem o que aconteceu. **M:** Uma pra cinco. **N:** Cinco. **Z:** A Natália vai repetir sobre a idéia que ela teve, por favor. **N:** É que porque aqui, pro lado direito, tem uma distância e pro lado esquerdo tem cinco, então a gente multiplica a massa pelo valor e coloca cinco vezes maior aqui. **I:** No caso, seria a mesma coisa se colocasse uma em cada parafuso e só colocou no primeiro. **M:** Divide ele e coloca um em cada do outro lado, vamos ver. **Z:** Pode falar Natália. **N:** Se colocasse 1 arruela no quarto parafuso de lá, eu acho que iria colocar 4

arruelas aqui, no primeiro parafuso. **Z:** Vamos testar isso? Então vocês vão testando. Vocês mudaram alguma coisa Natália, o que mudaram? **N:** Diminuímos o espaço do lado esquerdo e diminuímos uma arruela no lado direito. **Z:** Tu podes relatar para nós como é que está o disco agora? **N:** tem 4 arruelas primeiro parafuso do lado direito e uma arruela no parafuso número 4 do lado esquerdo. **Z:** E antes tu comentou porque o disco não estava girando, por que então? **N:** Porque tem relação com massa e distância, como tem lá no quarto parafuso tem quatro distâncias, aqui teria que ter quatro vezes mais massa para conferir. **M:** O número de espaço é o mesmo número de arruelas do outro lado exatamente, pode olhar, uma arruela no quarto parafuso e quatro arruelas no primeiro. **Z:** Eu quero ver com vocês o seguinte: poderíamos organizar estes dados, pois está muito confuso. Como é que vocês acham que a gente poderia organizar esses dados, por escrito? Como é que a gente poderia organizar esses dados, como vocês organizariam? **I:** Pegar os dados que a gente tem aqui no quadro e formar um conceito. **M:** Um conceito que englobe a relação entre massa e distância, eu acho que é por aí que a gente tudo isso forma um conceito, por exemplo, quando tiver duas arruelas de um lado a certa distância, do outro lado pode estar a uma distância menor, mas com a mesma quantidade de massa, sei lá. **N:** O que podemos fazer é levantar hipóteses, assim como colocando dois de um lado e dois no outro e colocar a posição. **T:** Poderíamos fazer um quadro, eu acho. **R:** Ah, poderia ser um quadro, nós já fizemos isso nas aulas de matemática. **T:** Essa é boa, Renata, um quadro. **Z:** O que os outros acham? E como poderíamos fazer esse quadro? **R:** Acho confuso. **M:** Acho que podemos separar um quadro em duas partes: lado esquerdo e lado direito; depois, separar em quatro partes com o número de arruelas e o número de parafusos. **Z:** Mateus, tu poderias ir ao quadro e fazer "o quadro"? **M:** Sim. **Z:** Então vou distribuir uma folha para cada grupo, pode ser o mesmo grupo de semana passada. Todos estão fazendo o quadro e as anotações. Todos concordam com o quadro? **VÁRIOS ALUNOS:** Sim. **Z:** Vejam novamente. **M:** Ah, olhem, vocês vão ter que arrumar.

n° arruelas	n° parafuso	n° arruelas	n° parafuso
2	1	2	1
2	5	2	5
1 / 1	5 / 3	2 / 1	2 / 4
1	5	5	1
1	4	4	1

Z: Mateus, porque tu achas que estava errado? **M:** É que do lado esquerdo eu escrevi 1 arruela no 5° parafuso e 1 arruela no 3°; no lado direito, 1 arruela no 1° parafuso e 1 arruela no 4° parafuso, mas assim o disco não gira. **Z:** Por que não? **M:** Por que não fica diretamente proporcional, não fica em equilíbrio. **Z:** E o que é diretamente proporcional? **M:** É que tem que ficar igual dos dois lados, não necessariamente com a mesma quantidade, mas com a mesma proporção. **Z:** por tudo o que o Mateus falou anteriormente, acho que agora o quadro está mais claro. Agora peço para vocês responderem as três perguntas abaixo desse quadro que vocês anotaram. Enquanto os grupos estão respondendo as perguntas, o Mateus levantou uma questão. **M:** É, antes foi feito o seguinte: duas arruelas no quinto parafuso do lado esquerdo e duas arruelas no quinto parafuso do lado direito, só que do lado direito as arruelas não estão no parafuso que dá na linha horizontal do eixo, e sim nos parafusos um acima e um abaixo e o disco ficou em equilíbrio, não girou o disco. **Z:** por que será que não girou? **M:** não sei, que lá é a mesma coisa, pelas distâncias, talvez porque aquela extremidade lá em cima tem a mesma distância, como são as mesmas massas, alguma coisa a ver com a distância ... a força da

gravidade, não sei. **Z:** Pois é, o que será que o grupo acha? Por que será que ele não está girando? **M:** Acho, talvez de uma extremidade a outra. **N:** Ou a posição. **Z:** A posição. **M:** Que forma um triângulo na realidade ... um traçado. **Z:** Forma um triângulo? O que teria a ver com a formação desse triângulo? **T:** Eu acho que cada arruela anula a outra arruela que está naquele eixo ... **M:** Como se tivesse dividido, entende. **N:** Ela está assim e daí essa arruela, a de cima, anula uma e a de baixo, anula outra. **Z:** O que o grupo acha? **M:** Eu concordo com ela, é a mesma coisa ... eu penso assim. **N:** Como poderia ter colocado em baixo. **M:** pelo certo, ... se dividisse por dois naquelas duas arruelas que estão nessa ponta, uma se divide ... pro outro lado da massa vão se equivaler mais, a distância ali entre uma arruela e outra que estão separadas elas ... pra dar esse equilíbrio do outro lado. **Z:** Mateus, explique melhor. **M:** Que as distâncias entre as duas arruelas, a de cima e a de baixo, que estão separadas, aquela distância vai suprir as duas arruelas que estão juntas no quinto ponto do outro lado pela distância, não sei. **T:** Eu acho que a mesma distância de cada arruela e do ponto do eixo até o quinto parafuso. **I:** Isso tem relação com a massa também. **Z:** O Mateus está medindo como se formasse um triângulo, agora a Natália está medindo do eixo até o quinto parafuso, na horizontal e na vertical, de um parafuso até o outro. Por que tu fez aquela medida como se formasse um triângulo antes, por que tu fez essa medida? **M:** Essa? **Z:** Isso. **M:** Eu queria ver, primeira coisa saber se as medidas eram iguais. **Z:** E são iguais? **M:** São exatamente iguais, 14 cm pra lá e 14 cm pra cá. **N:** ... no eixo **M:** Em qual parafuso. **N:** O que vai fazer o triângulo só que no parafuso de lá. **M:** Esse? **N:** Não, o outro, até o eixo. **M:** ... **N:** O outro dava 9 **M:** dá 9,5. Ah, não sei. Vamos terminar de responder. **Z:** Os grupos responderam três perguntas: O que faz o disco não girar? que conclusão vocês tiram desses resultados? E tem alguma coisa que se mantém constante? Sobre a primeira pergunta, o que faz o disco não girar? O que vocês responderam? **I:** É a relação entre a massa das arruelas e a distância. **Z:** a relação entre a massa das arruelas e a distância. **N:** A relação é diretamente proporcional entre a massa e a distância. **Z:** Grupo 1. **T:** A distância de uma arruela até o eixo e a quantidade de arruelas que se encontram em um determinado parafuso, uma arruela no quarto parafuso do lado esquerdo e quatro arruelas no primeiro parafuso do lado direito. **Z:** O que a gente pode dizer do que os grupos responderam, foi mais ou menos a mesma coisa? **M:** Praticamente foi respondido a mesma coisa, diretamente proporcional, massa e distância. **Z:** A pergunta dois: que conclusão vocês tiram desse resultado? **I:** Que a distância e a massa são diretamente proporcional, por isso há o equilíbrio. **N:** A massa deve ser multiplicada pela distância para haver equilíbrio quando estiver em posições diferentes. **Z:** Grupo 1. **B:** A distância diretamente proporcional a massa. **Z:** Sobre as respostas escritas, os procedimentos ditos aí, eles se assemelham ou são diferentes? **N:** Se assemelham. **Z:** Assemelham, e a terceira pergunta: tem alguma coisa que se mantém constante? Grupo 3. **I:** O eixo central. **Z:** O eixo central que se mantém constante. Grupo 2. **N:** A massa, distância e o eixo. **Z:** A massa, distância e o eixo. Grupo 1. **B:** O eixo, se colocarmos arruelas nele, o equilíbrio permanecerá. **Z:** E sobre essas respostas, tem algumas coisas que se assemelham ou são diferentes? **M:** Todos falaram do eixo. **Z:** Eu pergunto agora pra vocês o seguinte: este disco que nós tentamos não deixá-lo girar, às vezes girava, às vezes não girava, a gente pode relacionar isso com alguma situação prática do nosso dia-a-dia? **M:** Balança. **Z:** Balança **M:** Gangorra. **Z:** Gangorra. O Mateus disse balança, gangorra. **M:** O equilibrista no circo. **Z:** O equilibrista no circo. **M:** Carrega aquelas barras, assim, de ferro, naquelas cordas. **Z:** O Mateus falou numa balança, que poderia ser associado a uma balança. Então, já que vocês estão

separados em grupos, eu vou pedir para vocês construírem um protótipo de uma balança. Eu tenho aqui um modelo para mostrar para vocês. A gente tem uma balança de cartolina, parece um T, nós podemos chamar essa balança, tem o formato de T, a gente pode chamar de balança T. Temos todo o material sobre a mesa, peça para desenharem e recortarem.

No grupo 1 **Z:** Como vocês estão fazendo a balança T? **T:** Ah, estamos fazendo um retângulo horizontal e um vertical, no meio do horizontal, com régua, com medidas. **Z:** Tem alguma dificuldade? **T:** Ah, sor, é claro que não.

No grupo 2 **Z:** Como vocês fizeram a balança? **N:** nós pegamos o teu modelo de balança e traçamos esta balança por cima, esse T, e recortamos.

No grupo 3 **Z:** E vocês, como fizeram? **M:** Escutamos o que o grupo 1 falou. Fizemos como eles e não tivemos dificuldades.

No grande grupo **Z:** Agora que os grupos terminaram de desenhar e recortar a balança, eu vou pedir para vocês o seguinte: como é que nós podemos achar o centro de gravidade dessas balanças, como vocês acham que a gente pode achar o centro de gravidade? **I:** Traçando retas. **Z:** Traçando retas. **M:** Nós não temos o fio de prumo, então ... **Z:** Mas eu tenho o material para o fio de prumo aqui. Como é que a Natália está vendo ali, o centro de gravidade? **N:** Não quero o fio de prumo, é que eu me lembrei de fazer um quadrado grande e traçar as suas diagonais, estou colocando o T no meio do quadrado e onde as diagonais se cruzarem, vai ser o centro de gravidade. **M:** Tu tem o suporte para mim testar, Zenar? **Z:** Tem o suporte de ... **M:** De prego. **Z:** O grupo número 3 está testando com o suporte de prego onde que é o centro de gravidade, e o grupo número 2? **N:** Achamos pelo quadrado. **Z:** Grupo 1, como tu está fazendo? **B:** Fazendo a mesma coisa que o grupo 2. **Z:** E o que é que está fazendo? **B:** Está ligando as extremidades e quando elas se cruzarem é o ponto. **Z:** Bruna, explique isso. **B:** Fiz um quadrado estou traçando diagonais e onde se encontrarem, já achei o centro de gravidade. **M:** Já achamos também. **N:** Nós também. **Z:** Então, o grupo número 3 fez pelo método do prego, do suporte com prego, o grupo número 2 e 1 fizeram pelo método dos traçados das diagonais. O grupo 2 está me dizendo que quer usar o suporte de prego do grupo 3 para testar. **N:** Ah, ela não se equilibra! Não deu certo. **Z:** Agora eu quero ver o seguinte: como o grupo 2, o da Natália, ela tentou achar o centro de gravidade pelo método das diagonais e foi testar no suporte com prego e não deu o mesmo ponto, por que será que não deu o mesmo ponto? O mesmo centro de gravidade? **M:** A medição estava errada, porque primeiramente eu também tentei fazer pelo método dos traçados, até que foi marcado e não deu, aí tentando pelo método dissertativo, aí achei. **Z:** Dissertativo? **M:** Isso, o prego, equilibrando no suporte deu para achar. **Z:** Pois é, e por que será que aqui, no prego, não dá igual com os traçados das diagonais? **N:** É porque esse lado aqui tem mais peso do que o outro lado e por isso dá a diferença. **Z:** Natália, diga novamente. **N:** A balança não é um quadrado, é um T, no retângulo horizontal tem mais massa que no vertical, daí desequilibra. **M:** Mais massa de um lado do que do outro. **N:** que a parte do T tem mais peso em relação aquela vertical ali, então pelo método das diagonais não é tão interessante fazer. **M:** Acho que aqui é o ponto mais central. **Z:** Agora, continuando, eu vou pedir para vocês fazerem o seguinte: eu vou pedir para vocês pegarem a sua balança e fazerem um traçado vertical, na haste, que passe pelo centro de gravidade e,

enquanto isso, a Natália que é do grupo 2, veio para o suporte de prego tentar, novamente, achar o centro de gravidade de sua balança e a Bruna, do grupo 1, também. Agora que vocês fizeram esses traçados verticais, eu vou pedir para vocês fazerem o seguinte: vocês tem marcado onde é o centro de gravidade, eu vou pedir para vocês marcarem dois pontos acima do centro de gravidade e um ponto abaixo. **M:** Naquela linha? **Z:** Naquela linha. **M:** Tanto faz onde? **Z:** Tanto faz onde, dois acima e um abaixo e daí peço para vocês marcarem números 1, 2, 3, 4 para nós podermos identificar os furos. Estou observando que todos os 3 grupos estão utilizando a régua para fazer o traçado. Agora que vocês terminaram de marcar esses pontos, peço para vocês construírem de novo aquele suporte de fio de prumo e, também, eu vou pedir para vocês furarem esses pontos que vocês marcaram. Neste momento que vocês estão com sua balança T construída, eu vou pedir o seguinte: eu vou pedir para que vocês suspendam as suas balança em duas situações: a primeira situação eu vou chamar de situação A, que é pelos furos número 1 e número 2. Eu gostaria que vocês suspendessem a balança e desse um toque nela e daí, lá na folha que vocês tem, que vocês anotem as observações com possíveis explicações dessa situação que ocorre. Agora que vocês colocaram sua balança, suspenderam sua balança pelos furos número 1 e número 2, eu vou pedir para vocês fazerem a situação B que eu estou chamando ali, que é o furo número 3 e número 4, para vocês suspenderem por esses furos e também fazerem as anotações, depois nós vamos discutir. Nesse momento que vocês já escreveram, já testaram também a situação B, a gente vai falar, na situação A que era suspender a balança pelos pontos 1 e 2, o que aconteceu com a balança de vocês? **N:** ficou em equilíbrio. **Z:** a Natália disse que ficou em equilíbrio para o grupo 2. E para o grupo 1? **T:** Também, que nem o grupo 2. **Z:** Também, grupo 3? **I:** Também. **Z:** Também, vocês anotaram, ali na pergunta que dizia, anotar as observações e possíveis explicações da situação A? O grupo 1, a Tábata vai falar para nós referente a essa pergunta, o que vocês responderam? **T:** Balançou de um lado para outro e em distâncias iguais e no final ficou em equilíbrio, pois a massa é igual. **Z:** Em distâncias iguais, como? **T:** É, quando eu toquei nela ela balançou para lá e para cá na mesma distância, no mesmo caimento. **Z:** O que o grupo 2 respondeu? **N:** A balança ficou em equilíbrio porque dos dois lados tem a mesma massa. **Z:** E o grupo 3? **I:** se meche para um lado e para o outro, no mesmo tempo, porque a massa dos dois lados é a mesma. **Z:** Os grupos já responderam. As respostas que os grupos tiveram foram mais ou menos as mesmas? **I:** Acho que sim. **Z:** a outra pergunta diz assim: anotar as observações e possíveis explicações da situação B, que era suspender pelo centro de gravidade, número 3, e pelo número 4. O que vocês responderam? **B:** Balançou e foi para baixo, pois a massa é maior de um lado, ela não está em equilíbrio. **Z:** Tanto pelo furo 3 quanto furo 4 ela foi pra baixo? **B:** Não, no quarto furo, no 3 ele ficou... **Z:** Como ficou o 3? Por que será que o 3 ficou assim? **B:** Porque a massa ainda estava um pouco para ... mais ou menos. **N:** Porque ali é o ponto de equilíbrio. **Z:** Como é que é, Natália? **N:** Porque ali é o ponto de equilíbrio. **Z:** Porque ali é o ponto de equilíbrio. **N:** Daí tende a ficar metade da parte com maior massa para um lado e metade da parte de menor massa para o outro. **Z:** E como ficou o de vocês, Natália? **N:** Igual. **Z:** Assim também, e o que vocês responderam nessa pergunta? **N:** a balança ficou com sua parte maior para baixo porque a massa não está em equilíbrio e a parte de massa maior tende a ir para baixo. **Z:** Iana, e a de vocês? **I:** a gente colocou que a massa não está em equilíbrio, por isso onde tem mais massa, tende puxar para baixo. **Z:** Suspendendo pelo, olhem o grupo 2, como ficou suspendendo pelo número 3? **N:** ficou pra baixo. **Z:** no número

3 ficou para baixo, e o número 4? **N:** Também. **Z:** Eu vou pedir pra vocês deixarem a sua balança na posição 1 e 2 de novo, primeiro na posição 1, e eu vou pedir para vocês, agora que ela está parada ali, dêem um toque nela e observem o que acontece, e depois tentem pelo número 2. **N:** é a mesma coisa. **Z:** Ao dar o toque na balança, suspensa pelos pontos 1 e 2, no momento em que vocês deram o toque, ela teve um oscilação igual pelo número 1 e número 2? **B:** teve. **N:** não. **Z:** Grupo 1, a oscilação é a mesma? **B:** Sim. **Z:** suspendendo pelo número 1 e pelo número 2? **T:** Ah, então está errado? **Z:** Não é a questão de estar errada, Tábata, a questão é de dar uma olhada se a oscilação é a mesma. **N:** acho que é maior. **Z:** olha o 1 tocando, agora olha o 2, a distância, quando ela oscila, a distância no 1 ou no 2 é maior ou menor? **I:** no 2 **N:** no 2. **Z:** se vocês fossem construir uma balança e a utilizarem, utilizarem uma balança dessa maneira, vocês suspenderiam ela por qual número? **T:** pelo ponto de equilíbrio. **Z:** pelo ponto de equilíbrio? **T:** É, sim. **Z:** o que vocês acham? **N:** pelo ponto 1 que menos oscilou. **I:** o ponto 1 é que tem mais equilíbrio. **Z:** A Tábata está tentando ali pelo número 3. **T:** é pelo 3 ou pelo 1. **Z:** seria interessante ter uma balança assim, com o T virado para baixo? **T:** não **Z:** pelo número 3? **T:** não. **Z:** não, por qual seria então? **T:** pelo 1. **Z:** pelo 1, por que tu mudou de idéia? **T:** é, acho que é estranho ter uma balança virada. **Z:** eu peço para vocês fazerem um retângulo como este que eu estou mostrando, eu vou pedir para vocês colocarem esse retângulo, fixarem ele, vocês estão com a balança suspensa pelo número 1, então eu vou pedir pra vocês colocarem em uma das extremidades da balança esse pedacinho de retângulo e vamos ver o que acontece. Vocês colocaram os retângulos sobre a balança e o que aconteceu com a balança? **I:** Pendeu para o lado onde estava o retângulo. **Z:** Por quê? **M:** Ficou mais pesado para esse lado. **Z:** E o que seria necessário para deixá-la em equilíbrio, agora? **I:** colocar outro retângulo do outro lado. **N:** outro igual, de mesma massa. **Z:** Como que é Natália? **N:** não precisa ser de mesmo tamanho, importante que seja a mesma massa. **Z:** mesma massa. **N:** porque o material pode mudar, mesmo sendo o mesmo tamanho, vai ficar mais pendido para o lado que o material é mais pesado. **Z:** e se nós suspendermos ela pelo número 2 e dermos um toque, qual das duas situações ela vai ter uma maior distância? **I:** acho que na 2. **Z:** Por que será que no 2 tem uma maior distância? No 2 tem uma maior distância como vocês falaram, por que será que ela tem uma maior distância no 2? **I:** Porque está mais perto do centro de gravidade. **Z:** lana, fale novamente. **I:** ah, porque está mais perto do centro de gravidade. **Z:** Agora tem uma pergunta, na folha, para vocês responderem. Então agora que vocês já responderam, eu vou pedir para vocês lerem em voz alta o que vocês responderam. A lana vai responder para o grupo número 3. **I:** pelo ponto 1, porque teria mais equilíbrio, assim não derrubando nenhum dos braços. **Z:** o que o grupo 2 respondeu? **N:** suspenderiam no ponto 1 porque está mais estável, não mexendo tanto. **Z:** e o grupo 1? **T:** pelo furo 1, porque está mais estável, ela balança menos. **Z:** Agora vou distribuir uma outra folha com perguntas, mas gostaria que cada aluno a respondesse individualmente. Pessoal, mais uma vez muito obrigado pela participação de todos.

ANEXO III – ALGUNS CONCEITOS DE GEOMETRIA

- a) Baricentro: é o ponto de intersecção das medianas de um polígono ou poliedro regular.

- b) Circuncentro: é o ponto de definição (ou ponto de encontro ou ponto de concurso) das mediatrizes dos lados de um triângulo. O circuncentro é o centro de circunferência circunscrita ao triângulo.

- c) Mediatriz: é a perpendicular traçada pelo ponto médio de um dos lados do triângulo.

- d) Mediana: é o segmento de reta que une um vértice ao ponto médio do lado oposto.

- e) Polígono circunscrito: denomina-se polígono circunscrito ou de tangentes, aquele que possui os seus lados tangentes à circunferência.

- f) Ortocentro: é o ponto de intersecção das mediatrizes de um triângulo.