

DÉCIO PACHECO

*Este exemplar corresponde à redação final de
Tese defendida por Décio Pacheco e aprovada pela
Comissão Julgadora em 25/07/85
Campinas 25/07/85
Ferreira*

EXPERIMENTAÇÃO E CONHECIMENTO: DA INTERAÇÃO COM UM
FENÔMENO DINÂMICO AO ESTABELECIMENTO DE REGULARIDADES
- Uma introdução ao problema da iniciação à Física no 2º grau -

Tese apresentada à Faculdade de
Educação da Universidade Esta-
dual de Campinas como exigência
parcial para a obtenção do
título de doutor em Educação na
Área de Metodologia de Ensino,
sob a orientação do Professor
Dr. Fermino Fernandes Sisto

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1985

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

COMISSÃO JULGADORA

Silvia M. L. L. da Silva
M. M. M. M. M.
M. M. M. M. M.
M. M. M. M. M.
M. M. M. M. M.

Aos alunos do "colegial" da EEPSSG
 "Dr. Elias Massud" da cidade de Monte Mor
 em 1983 - amigos que me conquistaram

Agostinho Cordeiro Filho Alcindo de Paula Ana Célia Giati
 Andréa Gimena Andrade Magnuson Aparecido José Giati
 Aparecido Malaquias Paes Ariovaldo Aparecido Soares
 Christiane Alves Teixeira Claudemir Zambonini Darci Aparecida Rezende
 Edson Luiz Bellini Eliana Nanci de Medeiros
 Geraldo Monteiro Moraes Junior Glaucia Maria Ferreira
 Ivair Antonio Betarelli Lúcia do Carmo Vieira Lúcia....
 Lucilene Ribeiro dos Santos Luiz Antonio de Souza Evangelista
 Márcia Alexandra Benatti Maria Ângela Ginefra Gonçalves
 Maria de Fátima do Nascimento Maria de Lourdes Arten
 Maria Inês de Andrade Marlene Pereira Mário Cezar de Almeida
 Marisa Doradioto Neusa Maria de Carvalho Odair Baptista Alves
 Roseli Valim Rangel Sandro Luiz Bruzon Silvana Aparecida Sant'Ana
 Silvana Wolhk Sueli Maria de Carvalho Vera Lúcia Duarte de Medeiros
 Wainer Augusto Plepis Wainer Stroh

A

Matê e aos meus filhos
 Valéria Daniel Natália

Aos meus pais

Joaquim (in memoriam)

Ignêz

Ângelo

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Fermino Fernandes Sisto cuja dedicação com que tem nos assistido superou em muito a orientação deste trabalho;

À professora Agnes Maria da Fonseca Fausto, responsável pela disciplina de Física na EEPSG "Dr. Elias Massud" e ao professor Jorge Megid Neto, que não têm poupado esforços para transformar o seu trabalho docente em pesquisa, o que nos favoreceu e possibilitou a realização deste trabalho;

As professoras Suely Inez Jalbut e Irma Ida Capra ro Wellendorf, responsáveis pela direção da EEPSG "Dr. Elias Massud", pelo apoio e interesse demonstrados durante as nossas atividades de pesquisa nessa escola;

As funcionárias da EEPSG "Dr. Elias Massud", Neusa Maria de Jesus Giolo, Ana Iorgaciot Siqueira, Marilena Rossi de Campos e Aparecida Donizeti de Lima pela espontaneidade com que nos acolheram nessa escola e pela criação de condições materiais para que nela pudéssemos trabalhar;

Aqueles alunos e ex-alunos de Didática e Prática de Ensino do Curso de Licenciatura em Física da UNICAMP, pelas suas discussões e interesse voltados à problemática do ensino experimental;

A Profa. Dra. Amélia Domingues de Castro e ao Prof. Dr. Joel Martins pelo apoio demonstrado ao plano inicial de trabalho que originou esta pesquisa e pela disposição permanente em colaborar no seu desenvolvimento;

Ao Prof. Dr. Augusto João Crema Novaski pelo incentivo às nossas idéias e iniciativas e pela disposição espontânea em colaborar na revisão dos originais;

Aos Profs. Hilário Fracalanza e Luiz Alberto de Lima Nassif, incentivadores e críticos da nossa proposta de trabalho, pela disponibilidade demonstrada em colaborar conosco

co no sentido de atenuar as diferentes dificuldades que encontramos durante o desenvolvimento desta pesquisa;

Aos colegas da Faculdade de Educação, em especial aos do Departamento de Metodologia de Ensino que, de uma ou de outra forma, criaram condições para a realização desta pesquisa;

Aos membros da banca de qualificação que analisaram nosso projeto de tese de doutoramento, pelas sugestões que só contribuíram para o aprimoramento desse trabalho: Profa.Dra. Amélia Domingues de Castro, Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, Prof. Dr. Joel Martins e Prof. Dr. Lafayette de Moraes;

Aos colegas da FE-UNICAMP Admir Canôas, Dagoberto Silva e Vera Lucia Gonçalves, pelos trabalhos de datilografia e composição necessários para organização geral deste trabalho desde o seu início.

ÍNDICE

	página
INTRODUÇÃO	1
PARTE I	
O PROBLEMA DA RELATIVIDADE DA MEDIDA DO FENÔMENO DINÂMICO	30
CAPÍTULO I - ACEITAÇÃO DA MEDIDA RELATIVA	30
a. "aceitação" da medida relativa e busca de dados iguais	33
b. "aceitação" da medida relativa e a rejeição de dados "incompatíveis"	58
c. "aceitação" da medida relativa, planejamento dos procedimentos e ausência de critérios para a definição de uma tendência	69
d. algumas considerações	88
CAPÍTULO II - ACEITAÇÃO DA MEDIDA ABSOLUTA	92
a. aceitação da medida absoluta, ausência de critérios para a definição de uma tendência e tentativa de burla para com os dados	92
b. aceitação da medida absoluta e critério de moda	107
c. algumas considerações	122
CAPÍTULO III - INDEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE MEDIDA	125
a. tentativa de burla	125
b. busca de uma medida invariável e negação do sistema integrado	134
c. algumas considerações	157

	página
PARTE II	
CONCEPÇÕES RELATIVAS A VARIÁVEL, REGULARIDADE E ERRO EXPERIMENTAL	159
CAPÍTULO IV - NOÇÃO DE VARIÁVEL	162
. algumas considerações	172
CAPÍTULO V - REGULARIDADE E ERRO EXPERIMENTAL	176
a. o problema da regularidade	177
b. a noção de erro experimental	182
. o aluno como fonte de erros	183
. o dinamismo do fenômeno	184
c. relação entre regularidade e erro experimental	189
d. métrica da regularidade	202
e. algumas considerações	204
PARTE III	
NATUREZA DA MEDIDA E QUESTÕES PEDAGÓGICAS	206
CAPÍTULO VI - A NATUREZA DA MEDIDA	208
CONSIDERAÇÕES FINAIS	236
BIBLIOGRAFIA	243
ANEXOS	246

RESUMO

Esta pesquisa caracteriza-se por um estudo de caso, que envolve uma classe de alunos regularmente matriculados na primeira série do 2º grau, numa escola da rede oficial de ensino. Foi desenvolvida sob o nosso acompanhamento e direção da professora responsável por um período escolar determinado, em sala de aula, com atividades experimentais propostas por nós. Durante essas atividades identificamos e interpretamos as manifestações, condutas e procedimentos dos alunos em diferentes situações, dentro do processo de estabelecimento de regularidades físicas, previstas ou não, advindas do estudo do movimento de um pêndulo convencionalmente classificado no item de mecânica, conforme as propostas curriculares de física vigentes.

Em cada uma dessas atividades os alunos foram convidados a avaliar experimentalmente a relação entre o período do pêndulo e um de seus fatores : a amplitude, a massa e o comprimento.

Trabalhando em grupos, discutindo seus resultados com a classe como um todo e realizando relatórios dessas atividades, os alunos demonstraram que suas principais decisões relativas aos seus procedimentos experimentais foram circunstanciadas pela tentativa de solucionar um problema de medida por eles concebido de diferentes formas.

Isto porque as características dinâmicas do fenômeno em questão, a identificação do fator variação da amplitude e a pressuposição da sua interferência sobre o período, solicitavam que os alunos concebessem um valor relativo para esse período e não absoluto como pretendiam inicialmente.

Nesses termos, pudemos identificar os aspectos em que os grupos de alunos se diferenciavam e se assemelhavam, abrindo-nos algumas perspectivas metodológicas para o tratamento do problema da medida no ensino de Física do 2º grau.

INTRODUÇÃO

Um problema que se nos tem consubstanciado ao longo do nosso trabalho, direta ou indiretamente voltado ao Ensino de Física no 2º grau, em situações de sala de aula, refere-se às condutas que os alunos podem apresentar na passagem das suas interações com os fenômenos físicos ao estabelecimento de regularidades acerca dos mesmos, nos termos em que essa ciência tem sido veiculada, organizada e concebida nas propostas curriculares vigentes.

A capacidade de abstrações própria de adolescentes, na faixa etária correspondente a esse nível de escolarização, ou a capacidade de teoria, a que se refere Jean Piaget⁽¹⁾, favorece a organização desse corpo de conhecimentos e de propostas para que o acesso a ele, por parte desses jovens, possa se dar via o seu produto formalizado matematicamente, portanto, já teorizado. No entanto, tais circunstâncias não implicam, obrigatoriamente, na solicitação das condições necessárias para que os alunos compreendam essa teoria, como propõe esse autor. Isto porque esse produto não é senão um conjunto de respostas ou soluções a perguntas ou problemas, associados aos fenômenos a que eles se referem, próprios do processo da sua formalização condicionado pelas abstrações necessárias para tanto. Mas, o que temos constatado é que nessas propostas o processo correspondente, previamente organizado, determina os procedimentos necessários para a obtenção do produto desejado, o que dispensa as referidas abstrações. A esse processo corresponde "interpretar as matemáticas como uma simples linguagem... e a própria ciência

(1) PIAGET, J. *A Tomada de Consciência*. Melhoramentos, Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977, p. 210.

se reduz a uma pura descrição"⁽²⁾. Por intermédio desse, diremos ainda que os alunos podem ter acesso a um conjunto de respostas, sem saber das perguntas que as engendraram, ou, a um conjunto de soluções, ignorando os problemas que as solicitaram.

Por outro lado, a organização supradita seleciona e restringe os elementos pertinentes ao conteúdo a ser estudado, limitando-os às relações de possível acesso, visto que o objetivo fundamental, dentro dessa concepção, é a incidência no produto formalizado. Em conseqüência, tais elementos são ordenados, via de regra, na forma pressuposta do "mais fácil ao mais difícil", numa seqüência que permita as combinações suficientes para o estabelecimento dessas relações.

Esses aspectos configuram, implicitamente, uma proposta de ensino coerente com ela mesma e preparada para atingir seus próprios objetivos, que, pelas considerações feitas, recaem numa concepção linear e "finalista" quanto à formação do conhecimento, quando não, diríamos tão somente cumulativa, por se tratar de uma pressuposição metodológica.

Nesse sentido, o conhecimento como produto formalizado torna-se o alvo para o qual todos objetivos educacionais se dirigem. Como decorrência disso, o processo para que tais objetivos sejam atingidos é predeterminado por esquemas e procedimentos normativos nem sempre ao alcance da compreensão dos alunos a eles submetidos. Trata-se ainda de um processo que subentende a forma como esses alunos pensam para chegarem ao alvo desejado sem envolver as reais noções, limitações e situações problemáticas que eles apresentariam desde a constatação dos fatos à formalização dos mesmos.

A esse processo, nada temos a acrescentar e dele pouco extrair, uma vez que, pela sua predeterminação organizacional, do conteúdo a ser apreendido, o aluno passa a assumir papel secundário, restando-lhe reproduzir as informações adquiridas e desenvolver apenas "hábitos relativos ao manejo de símbolos", como são definidos por Hans Aebli⁽³⁾, próprios da algebr

(2) PIAGET, J. *O Estruturalismo*. DIFEL, São Paulo, 1968, p. 34.

(3) AEBLI, H. *Didática Psicológica: aplicação à didática psicológica de Jean Piaget*. 2a. ed., Ed. Nacional, São Paulo 1973, p. 62.

zação através da qual é veiculada a formalização desse conhecimento.

Quanto às atividades práticas inseridas nesse processo, concordamos em classificá-las dentro do "método dogmático" como o fez Lucie Leboutet⁽⁴⁾.

Nesses termos, pouco teríamos para aproveitar das manifestações dos alunos, no sentido de podermos subsidiar nosso trabalho junto a eles, a não ser na avaliação da eficácia da repetição e fixação dessas condutas.

Todavia, se sairmos de uma postura pré-organizacional passando a uma concepção em que o conhecimento pode ser produzido a partir das interações, diretas ou indiretas, com a multiplicidade de manifestações dos fenômenos, ou seja, com o próprio objeto do conhecimento, veremos que o nosso centro de trabalho e atenção se permite voltar ao processo segundo o qual concebem, espontaneamente ou não, suas regularidades, elaborando suas próprias noções, onde o produto tradicionalmente formalizado tende a se caracterizar, quando possível e necessário, como um elemento de prova, senão como uma fonte de conflitos para as suas convicções.

Conforme essa postura, passa a se tornar de capital relevância que nos concentremos na análise das condutas dos alunos, tanto do ponto de vista da ação como da palavra oral e/ou escrita, sejam elas espontâneas ou facilitadas, durante esse processo, já que entendemos ser por intermédio delas que poderemos estabelecer pressupostos metodológicos necessários, a fim de favorecer e ampliar o campo de ação de suas elaborações.

É, pois, nesse contexto que situamos o presente trabalho.

(4) "Le dogmatisme peut se manifester de diverses manières dans les travaux pratiques. Il y a dogmatisme si les élèves sont des exécutants, reçoivent consignes et instructions sans avoir à déployer d'initiative dans la réalisation d'une expérience. Le dogmatisme est plus dommageable si on prive les élèves de comprendre ce qu'ils font, du fait que la manipulation à l'étude illustre une leçon qui n'a pas encore été faite. Les difficultés matérielles d'organisation des séances de travaux pratiques ne sont pas une excuse à cette mauvaise pédagogie." *LEBOUTET, L. L'enseignement de la Physique.* Presses Universitaires de France, 1973, p. 60.

No sentido de viabilizá-lo, providenciamos, em primeiro lugar, partir de situações de sala de aula, sem sairmos do cotidiano escolar dos alunos, dentro, portanto, da proposta de conteúdo programático vigente, pelo menos ao nível temático, e, em segundo lugar, partir da proposta do estudo de fenômenos físicos, por intermédio da realização de atividades experimentais.

Dentre as diversas manifestações inerentes às condições em que o trabalho se desenvolveu, procuramos nos ater, aqui, basicamente àquelas relativas aos principais procedimentos que envolveram o estabelecimento de regularidades físicas por parte dos alunos. Desses procedimentos destacamos a mensuração e identificação dos fatores que porventura viessem a intervir nas suas concepções acerca do fenômeno em estudo, com vistas ou não à tentativa de extrair dessas, conclusões definitivas.

A princípio, nos situamos, portanto, na identificação das condutas e manifestações dos alunos voltadas ao interrelacionamento de três aspectos. A saber: (a) as concepções do fenômeno físico proposto a ser estudado, exibidas de diferentes formas; (b) a mensuração do mesmo, viabilizada pela identificação dos fatores que o compõem, de acordo com suas concepções e outras determinações; (c) o processo de estabelecimento de regularidades tendo-se em vista as relações, possíveis ou expressas, com os demais aspectos.

Nos moldes dos procedimentos chamados científicos convencionalmente propostos para a elaboração de atividades experimentais, em situações escolares, tende-se a fazer com que esses três aspectos se harmonizem seqüencialmente de maneira que a cada um deles se faça corresponder as características dos demais. Embora não possamos deles depreender outro objetivo se não o de submeter os alunos a um ritual de instruções predeterminadas — com a delimitação prévia das condições de operacionalização experimental e com vistas aos produtos formalizados, já estabelecidos — trata-se, no entanto, de um modelo disponível, coerente a propósito dos seus objetivos. Como tal, consideramos que deva ser relativizado em termos daquilo que nos propomos identificar no enfoque do processo ao qual pertencem os três aspectos citados.

Assim, é necessário que verifiquemos como os alunos tendem a relacionar e combinar, entre si, esses aspectos, para que possamos admitir, ou não, como inoperante este ou qualquer outro modelo com características previamente determinadas, se se pretende dar ao processo a posição central de fonte de informações norteadoras de conclusões possíveis sobre este estudo.

No entanto, para chegarmos a isso necessitamos, primeiramente, verificar quais as razões implícitas ou explícitas nas manifestações e condutas dos alunos, referentes não só aos problemas por eles identificados — próprios das suas interações com o fenômeno a ser estudado e da perspectiva de suas regularidades — como também aos seus procedimentos adotados nas medidas concernentes aos fatores envolvidos nas atividades experimentais sugeridas. Para proceder a tal análise baseamo-nos na proposta de identificar, em cada um dos três aspectos considerados, diretrizes que deverão nos levar às concepções dos demais, de onde extraímos nossos critérios.

Por intermédio dos procedimentos adotados pelos alunos, primeiramente, deveremos averiguar como o fenômeno em estudo (o movimento do pêndulo) é concebido por eles, visto que este pode ser decomposto nos fatores identificados possíveis de medição. Reciprocamente, a concepção desse fenômeno exibida pelos alunos nos permitirá depreender as razões que os levaram a adotar tal e qual procedimento.

Da mesma forma, deveremos compreender como as regularidades afeitas ao movimento do pêndulo são estabelecidas em função dos procedimentos adotados e como estes são concebidos e organizados a partir da perspectiva do estabelecimento de tais regularidades.

Conseqüentemente, as regularidades estabelecidas pelos alunos a partir das relações entre os fatores em jogo nos orientarão para a compreensão das concepções acerca do fenômeno em questão. Por outro lado, poderemos compreender como essas concepções delimitam ou ampliam as possibilidades para o estabelecimento dessas regularidades.

Como vemos, esses critérios se circunscrevem dentro das possíveis relações entre os elementos que participam do processo em que os alunos são inseridos no decorrer de atividades experimentais, de onde derivamos o problema a que inicialmente

nos referimos. Por um lado, a proposta convencional de um modelo predeterminado para esse processo, nos termos expostos e, por outro lado, a possibilidade de combinações diversas entre os elementos em questão que podem se diferenciar de aluno para aluno, ou grupos de alunos, que evidenciariam não um padrão único, mas tendências de condutas na passagem das interações com o fenômeno do movimento do pêndulo para o estabelecimento de regularidades acerca do mesmo.

Como alternativa para o problema, objetivamos, nesta pesquisa, a identificação de tais condutas ao longo do processo, ainda que a nível de estudo de caso, em situações de sala de aula. Isto para que, por intermédio das razões que as justificam, possamos depreender tendências ou padrões que nos auxiliam no tratamento desse problema, com vistas a indicar pressupostos metodológicos que visem a orientação, direta ou indireta, do trabalho experimental junto aos alunos de Física, envolvidos nesse grau de escolaridade.

* * *

Antes de passarmos à apresentação das condições e dos procedimentos que adotamos para atingir esses objetivos é necessário que tenhamos alguns comentários sobre a possibilidade da descrição ou decomposição dos fenômenos físicos em seus fatores, relacionada à concepção dos mesmos. Isto porque se trata, aqui, de dois aspectos da nossa análise que, por sua vez, pretendemos, centralize-se no processo por intermédio do qual os alunos podem vir a consubstanciar as regularidades físicas e não se limite a avaliar se os alunos teriam atingido aqueles objetivos voltados à aquisição dos produtos formalizados, previamente organizados e estruturados para esse fim.

A antecipação dessa possibilidade associada à expectativa do estabelecimento de regularidades, pode nos levar a pensar que o nosso objetivo, ao trabalharmos junto aos alunos, não foi outro senão o de favorecer a redução dos fenômenos à formalização das relações entre os seus fatores correspondentes. Relações essas exaustivamente apresentadas em qualquer livro didático de fácil acesso. Seria o mesmo que subtrair dos alunos uma das prerrogativas que lhes cabe, qual seja, a de fazerem

suas próprias identificações acerca desses fenômenos e, com isso, dirigí-los, também, a um produto de conhecimento constituído, como tem sido o caso, já dissemos, dos modelos disponíveis voltados ao ensino experimental dessa ciência.

Contudo, é necessário esclarecer, em primeiro lugar, que apesar de salientarmos, de início, alguns fatores que virtualmente pudessem vir a constituir uma concepção acerca do fenômeno em estudo, esses fatores não esgotam a lista de possibilidades nem de combinações entre eles, ficando estas a cargo dos alunos, caso haja necessidade disso. Sendo assim, não há razão para pensarmos que estamos nos limitando a um produto pré determinado, muito embora esse produto nos sirva de elemento de prova e referência para nossas análises.

Em segundo lugar, não nos circunscrevemos às regularidades ou relações preestabelecidas, mas, principalmente, às que las concebidas pelos alunos em processo de desenvolvimento das atividades experimentais que propusemos. Não se trata, portanto, de um processamento da "redescoberta" das relações instituídas, visto que estas, repetimos, têm um lugar definido dentro deste trabalho.

Em terceiro lugar, a autonomia de que os alunos dispuseram para a organização e constituição dos seus próprios procedimentos e técnicas de medidas, relativos aos fatores indicados por nós ou identificados por eles, por si só nos impossibilita de estabelecermos, previamente, um padrão de composição e de decomposição do fenômeno abordado, não obstante nos tenhamos servido dessa reciprocidade para depreendermos suas concepções.

Dessa forma, não atribuímos ao nosso trabalho com os alunos, o cunho do "método solução de problemas", a não ser que se entenda que os problemas, para eles, só se constituam como tais a partir da sua identificação e com características próprias das suas indagações, no processo de realização das experiências oriundas das atividades propostas. Dentro disso, cabe a nós verificar a constituição dos mesmos, permeando-nos pelos procedimentos, manifestações e condutas dos alunos, de onde emergem as tentativas de soluções, a fim de que tenhamos condições de cumprir os propósitos aqui apresentados. Não é, pois, o nosso caso, o de propor "problemas" para que averiguemos, posteriormente, os procedimentos adotados pelos alunos na busca de

suas "soluções", uma vez que deles não temos um conhecimento prévio.

Por último, resta-nos diferenciar os propósitos e condições desta pesquisa daqueles que levaram B. Inhelder e Jean Piaget a estudar o comportamento de crianças e adolescentes frente ao fenômeno do movimento do pêndulo, conforme consta na obra "De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent", visto que nos dois casos aparece a decomposição desse fenômeno em seus fatores.

"Il s'agit maintenant d'étudier les reactions de l'enfant et de l'adolescent ... dans lequel un seul des facteurs possibles se trouve être causal, les autres étant inopérants e devant donc donner lieu à une exclusion après leur dissociation. Tel est le cas du pendule, das lequel les facteurs possibles, au vu du dispositif, sont la longueur de la tige, le poids, la hauteur de chute (= l'amplitude de l'oscillation) et l'élan imprimé par le sujet lui-même. Seul le premier de ces facteurs étant effectif, le problème est donc de le dissocier des trois autres et d'exclure ces derniers, lorsqu'il s'agit, comme on le demande aux sujets, de faire varier et d'expliquer la fréquence des oscillations d'un pendule". (5)

A primeira diferença reside no fato de que admitimos como fatores intervenientes ou potencialmente intervenientes na frequência, ou período do pêndulo, todos os apontados por Inhelder e Piaget, além de outros como a variação da amplitude, mais aqueles espontaneamente concebidos pelos alunos, como veremos. Disso resulta a possibilidade de conjunção e disjunção de fatores, relativos ao movimento do pêndulo, onde a interferência do processo de medição sistemática, a um certo nível de precisão, é decisiva. E essa não foi a preocupação desses autores, mesmo ao estudar essas operações em separado⁽⁶⁾. Ademais, podemos depreender desse texto que a delimitação dos fatores possíveis como assinala, parece estar condicionada à situação de experimentação, — "...les facteurs possibles, au

(5) INHELDER, B. et PIAGET, J. *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Presses Universitaires de France. Paris, 1955, p. 62.

(6) *Ib. Ibidem*, p. 73.

vu du dispositif..." — o que, ao que tudo indica, era suficiente para os seus propósitos.

As outras diferenças se situam no âmbito metodológico como decorrência dos objetivos desse estudo.

Enquanto Inhelder e Piaget, e seus colaboradores⁽⁷⁾, visavam identificar nos sujeitos as operações de dissociação e exclusão de fatores, como condicionantes que levam à explicação da frequência das oscilações do pêndulo, solicitando apenas avaliações qualitativas da velocidade do mesmo em movimento, no nosso caso, pretendemos identificar os procedimentos de medição, propriamente ditos, que possibilitem ou não aos alunos, aqui envolvidos, estabelecer regularidades acerca do fenômeno em questão, embora admitamos que tais procedimentos possam ser permeados por essas operações, e disso faremos uso nas nossas interpretações.

Por outro lado, a busca de identificação dessas operações foi favorecida, por parte desses pesquisadores, pelo providenciamento de entrevistas individuais, na expectativa de manifestações primordialmente espontâneas das crianças e dos adolescentes. O que não coincide com os novos propósitos, já que o trabalho junto aos alunos foi desenvolvido em situação de sala de aula, portanto, "didática", onde participam sugestões dos professores e interações entre eles que, por vezes, interferem nas suas condutas, logo, nem sempre espontâneas, embora, para efeito da construção do conhecimento, sempre dependentes, em termos estruturais de pensamento, das "operações sobre as operações"⁽⁸⁾ ou da compreensão das ações daqueles fatores apontados, uns sobre os outros⁽⁹⁾.

Quanto à mensuração⁽¹⁰⁾ propriamente dita, seja de tempo, deslocamento ou velocidade, Jean Piaget trabalhou com situações experimentais que se referiam essencialmente a movimentos uniformes onde a relação entre esses fatores era invariável, qualquer que fosse o intervalo de tempo ou de distância a

(7) A. MORF, F. MAIRE e C. LÉVY.

(8) PIAGET, J. *A Tomada de Consciência*. Melhoramentos, Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 211.

(9) PIAGET, J. *O Estruturalismo*. DIFEL, São Paulo, 1968, p. 35 e seg.

(10) PIAGET, J. *A Noção de Tempo na Criança*. Editora Record, Rio de Janeiro, s.d.

ser tomado. No caso dos movimentos relativos, as velocidades envolvidas no seu estudo também eram constantes e a solução dos problemas decorrentes exigia tão somente operações de adição e subtração entre essas velocidades.

Piaget estudou ainda a compreensão do movimento uniformemente acelerado, mas aí limitou-se a verificar se as crianças reconheceriam que os objetos em movimento percorreriam distâncias cada vez maiores devido ao aumento de velocidade. Não buscava, portanto, uma métrica dessas distâncias ou velocidades.

No que se refere à distância, como consta do seu livro "La géométrie spontanée de l'enfant"⁽¹¹⁾, Piaget procurou estudar a gênese da conservação e da mensuração do comprimento, área e volume. Na mensuração, em particular, Piaget procurou averiguar em que condições a criança buscava uma unidade de medida para atender aos problemas decorrentes das situações experimentais por ele apresentadas. Contudo, em todas essas situações a unidade virtualmente escolhida pela criança deveria ser sempre um submúltiplo dos comprimentos, áreas ou volumes envolvidos no experimento. A solução dos problemas apresentados por ele requeria, pois, que a escolha da unidade, mesmo arbitraria, representasse a divisão do todo a ser medido em partes que, pela igualdade entre elas, permitiam que fossem intercambiáveis entre si. Garantidas essas condições, a medida se converte numa razão entre a grandeza que se está medindo e a unidade escolhida, ou seja, o comprimento, a área e o volume, se permitem ser divididos em partes iguais para serem tomadas como unidades. O mesmo acontece com outras grandezas como o tempo, o deslocamento e a velocidade referidas a movimentos uniformes.

Por outro lado, a justaposição dessas unidades sem superposição permite uma ordenação das medidas efetuadas — uma unidade menor que duas, duas menor que três e assim por diante.

(11) PIAGET, J., INHELDER, B. et SZEMINSKA, A. *La Géométrie Spontanée de l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris, 1948.

Além disso, a ausência da grandeza deve corresponder também à ausência de unidades, isto é, o zero (absoluto ou relativo) que a medida deve garantir. Assim, é o caso do tempo, deslocamento, velocidade, distância, comprimento, área ou volume nulos.

Nesses termos, o zero absoluto, a ordem e a admissão de intervalos iguais intercambiáveis configuram a escala por intermédio da qual se efetuam as medidas de grandezas que, por sua vez, se permitem valores nulos, ordenação e divisão em partes iguais.

Portanto, as condições de mensuração afeitas às situações experimentais estudadas por Piaget implicam numa escala de razão. Em outras palavras, trata-se de uma escala que obedece às propriedades de intervalos regulares, ordenação e possibilidade de um ponto de nulidade da grandeza a ser medida. Diremos, então, que a medida assim efetuada é absoluta ou traduz um valor dentro do sistema dos números como produto, possibilitando portanto, que se trabalhe, com esse valor, com todas as operações possíveis aos números.

Existem, porém, grandezas que em certas condições não permitem valores absolutos em escala de razão, ainda que se disponha de uma escala de razão para efetuar suas medidas. Este é o caso do período do pêndulo, ou tempo relativo a cada uma de suas oscilações.

Duas condições impostas pelo movimento do pêndulo quando estudado em situações reais não nos permitem admitir a medida do seu período como absoluta. Em primeiro lugar, porque o período varia com a amplitude e, em segundo lugar, porque a amplitude diminui a cada oscilação do pêndulo de maneira não uniforme, ou seja, à medida que a amplitude diminui ao longo das sucessivas oscilações, essa variação se torna cada vez menor, sem que haja entre tais variações uma relação de proporcionalidade direta. Acrescentamos a isso que o valor dessa variação depende não só da amplitude na qual o pêndulo encontra-se oscilando, num determinado instante, como também do seu comprimento, da sua massa e do seu volume.

Ora, se se pretende o valor do período para uma determinada amplitude é de se esperar que cada oscilação completa, por ele executada ocorra sempre dentro dessa amplitude. Isto,

porque a alteração da amplitude viria afetar, também, o valor do período.

Em contrapartida, sendo a variação da amplitude um fator variável com a própria amplitude, na qual o pêndulo encontra-se oscilando a cada instante, não podemos extrair desse fator uma unidade intercambiável que nos servisse de submúltiplo de sua medida e, por decorrência, da medida de tempo.

Dessa forma, o período, embora admita a nulidade e a ordenação — pois podemos medir períodos maiores e menores — essa grandeza, no entanto, não nos permite a partição em intervalos regulares e simétricos, dada a sua dependência da amplitude e da impossibilidade de se extrair da variação desse fator, a cada oscilação, intervalos iguais em regularidade e simetria e intercambiáveis.

Por estes motivos, não se pode pretender uma medida em número absoluto para o período, restando-nos tão somente a possibilidade de avaliá-lo em número relativo dentro de faixas de variação da amplitude.

De acordo com o exposto, a medida em um número relativizado pelo contexto físico não parece ter sido um assunto cuja gênese Piaget procurou investigar nos seus trabalhos. Se a escolha da unidade de medida pela criança caracteriza-se como uma conquista por intermédio da qual a mensuração de uma dimensão (e mesmo para duas e três dimensões) passa a ter uma base operacional — de onde se depreende a sua gênese, segundo Piaget — por ora nada podemos afirmar quanto à gênese da medida relativa, onde a grandeza a ser medida não goza da propriedade de partição intercambiável.

Em termos de propostas para o ensino experimental, falta ainda citar os trabalhos de M.A. Moreira e C.E. Levandowski⁽¹²⁾ relativos ao ensino de Física por intermédio de laboratório.

Nas propostas contidas nessa obra, que vão da "identificação do experimento" à "análise da estrutura de um experimento", à qual é conferido o qualificativo de uma "extensão"

(12) MOREIRA, M.A. e LEVANDOWSKI, C.E., *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983.

da primeira, que, por sua vez, consta simplesmente da sua identificação, depreendemos sempre uma tentativa de ensinar um corpo de conhecimentos, estruturado na sua forma e conteúdo, em dois diferentes níveis, por intermédio de um processo organizativo do qual participam modelos e mecanismos facilitadores para isso.

Não adotamos essas abordagens para o desenvolvimento do nosso trabalho junto aos alunos, visto que não intencionávamos fazer com que os alunos identificassem "estrutura do experimento" a ser feito, uma vez que essa "estruturação" deveria ser própria dos seus procedimentos. Quanto à análise das estruturas emergentes, pretendemos nos circunscrever na busca de regularidades que não as "do ponto de vista epistemológico", conforme a referência dos autores, na qual, entendemos, participa efetivamente o fator conhecimento acumulado, tendo em vista o modelo proposto para tanto. Aliás cabe sublinhar que suas propostas, como afirmam, visam o "ensino de laboratório em nível universitário básico", enquanto nos situamos nos primeiros meses de escolarização ao nível de 2º grau.

Explicitando melhor, esta pesquisa se limita a um estudo de caso, que envolve uma classe de alunos regularmente matriculados na primeira série do 2º grau, numa escola da rede oficial de ensino. Foi desenvolvida sob o nosso acompanhamento e direção da professora responsável, por um período escolar determinado, em sala de aula com atividades experimentais propostas por nós. Com essas, pretendemos identificar e interpretar as manifestações, condutas e procedimentos dos alunos em diferentes situações, dentro do processo de estabelecimento de regularidades físicas, previstas ou não, advindas do estudo de um fenômeno convencionalmente classificado no item de mecânica, conforme as propostas curriculares de Física vigentes.

* * *

Feitas essas considerações iniciais, passamos agora a detalhar as características de cada um dos elementos e aspectos que envolvem esta pesquisa, para, em seguida, podermos tratar dos seus objetivos e se possível traçar algumas conclusões a respeito.

OS ALUNOS

Como já tivemos oportunidade de adiantar, em parte, nossa pesquisa se desenvolveu durante as aulas de Física, no turno da manhã, correspondentes a cinco semanas do período letivo, regularmente programadas dentro do horário escolar de uma classe de primeira série do 2º grau, sendo, esta classe, a única desta série, possível de ser composta, dentro da escola onde trabalhamos; a E.E.P.S.G. "Dr. Elias Massud", da mesma forma, a única escola da cidade de Monte Mor, disponível a oferecer esse nível de escolarização, nessa modalidade de ensino.

No início desta pesquisa a classe com que trabalhamos contava com 5 alunos e 17 alunas perfazendo um total de 22.

Passamos a relatar em seguida seus nomes de acordo com os quais serão referidos, bem como as idades que tinham na ocasião, em anos e meses, respectivamente, assinaladas entre parêntesis.

Alunos	Alunas
JÚNIOR, (20; 6)	ARIÊ, (15; 2)
	CATE, (16; 3)
	CIRA, (15; 2)
LUASE, (16; 7)	GINA, (15; 11)
	LUCI, (16; 0)
	LURI, (16; 0)
RAZEM, (15; 5)	MAIDE, (16; 7)
	MARA, (17; 3)
	MARGOM, (18; 7)
RÊNIO, (15; 5)	MENA, (16; 10)
	MILA, (16; 6)
	NATÁLIA, (19; 1)
SIDO, (15; 5)	NATI, (15; 3)
	NETA, (15; 5)
	SILA, (14; 11)
	SISA, (15; 6)
	SULA, (15; 6)

Estavam cursando a primeira série pela segunda vez, nessa mesma escola, as alunas MARGOM e NATÁLIA. O aluno JÚNIOR, por sua vez, havia tentado desenvolver o 2º grau no Curso Supletivo da cidade, no ano anterior. Todavia, foi obrigado a desistir, por motivos pessoais, transferindo-se então para essa escola no ano seguinte.

A aluna GINA, que cursava a Escola Normal de uma cidade vizinha, também pediu transferência para essa escola, mas somente no segundo semestre letivo, quando começamos especificamente este trabalho. Em contrapartida, as alunas MARA e MILA, por motivos próprios de cada uma delas, saíram da escola antes que este trabalho chegasse ao seu termo. Mesmo assim, a aluna MILA teve oportunidade de participar intensamente, enquanto pôde permanecer.

Desta maneira, ao final de nossa pesquisa contávamos com os 5 alunos já referidos e apenas 15 alunas, num total de 20.

A PROFESSORA

Esta pesquisa é um estudo sistemático de uma das atividades que temos desenvolvido com professores que se encontram lecionando Física no 2º grau, com vistas a um aprimoramento metodológico voltado ao trabalho junto aos seus alunos.

Têm-nos facilitado formar grupos, com esses propósitos, aqueles professores oriundos do nosso Curso de Licenciatura em Física, durante o qual temos oportunidade de aprofundar as discussões acerca das idéias veiculadas nas considerações iniciais que aqui fizemos.

A um desses grupos pertence, há alguns anos, a professora responsável por lecionar Física aos alunos que apresentamos.

Esses aspectos nos favoreceram no sentido de permitir que planejássemos, acompanhássemos e registrássemos criteriosamente todas as etapas do trabalho que desenvolvemos com os alunos. No seu transcorrer a professora assumiu as funções nor

mais que lhe competiam, e o autor deste estudo atuou junto aos alunos na qualidade de monitor, apesar de que, quando necessário, também desempenhou o papel de professor.

Esta última condição foi possível graças ao fato de estarmos acompanhando esses alunos desde o primeiro semestre letivo, durante a realização de outras atividades, que como aquelas de que trataremos aqui, foram, dentro do possível, minuciosamente registradas e analisadas de maneira sistemática, em conjunto com a professora.

A SALA DE AULAS

Todas as etapas do nosso trabalho com os alunos, exceção feita a um grupo, como veremos, foram desenvolvidas na própria sala de aulas destinada a essa classe, no período da manhã, visto que a sala do laboratório dessa escola apresentava as mesmas condições de trabalho, considerando-se o que pretendíamos.

Semelhante às demais, disponíveis na escola, essa sala de aulas continha não mais que 35 carteiras escolares individuais, dispostas em cinco fileiras, sendo que cada uma delas era composta por uma cadeira e uma mesa móveis, esta com tampo horizontal. Além das carteiras, uma escrivaninha com cadeira destinada aos professores e mais duas lousas situadas em paredes perpendiculares entre si, sendo que uma delas permanecia exposta frontalmente aos alunos, quando em seus lugares, enquanto a outra, situada à esquerda de cada um deles, nessa posição.

Para as condições de trabalho pretendidas, em primeiro lugar, a mobilidade possível das carteiras permitia aos alunos que se agrupassem conforme eram nossos propósitos, ao mesmo tempo que facilitava o posicionamento das cadeiras e mesas de acordo com suas necessidades. O fato do tampo das mesas ser horizontal possibilitava aos alunos disporem os materiais relativos às atividades sobre as mesmas, sem maiores inconvenientes.

As demais características dessa sala foram suficientes para atender às outras necessidades decorrentes do trabalho que levamos a cabo.

O FENÔMENO A SER ESTUDADO

O fenômeno proposto para que estudássemos juntamente com os alunos foi o do movimento de um pêndulo. Esse estudo, já dissemos, circunscreveu, em princípio, sua periodicidade, considerados os fatores que nela poderiam intervir.

De acordo com as propostas disponíveis para o ensino da Física no 2º grau, o pêndulo, via de regra, aparece como um caso particular dos movimentos oscilatórios ou, mais especificamente, dos movimentos harmônicos simples.

Todavia, para pertencer a essa categoria de fenômenos, seu estudo é restrito a certas condições que o contornam, delimitando assim, alguns fatores que o compõem.

Como tal, é denominado "pêndulo simples", cujo estudo visa estabelecer (geralmente por intermédio de demonstrações algébricas, portanto, "teoricamente") uma forma de avaliação quantitativa da sua frequência, ou periodicidade, em função apenas do seu comprimento, ainda assim, reservada a um determinado local. Para tanto, primeiramente seu movimento é delimitado a amplitudes pequenas onde esse fator e o seu peso tornam-se metricamente desprezíveis para o valor do seu período. Da mesma forma, os fatores volume e atrito com o ar, deixam de figurar nessa avaliação, dada a condição de que toda a sua massa deve ser considerada concentrada na extremidade do fio ou haste que o suspende, incluindo a consideração de que o movimento do pêndulo ocorra no vácuo.

Apesar dessas condições serem convenientes e desejáveis para os propósitos desse estudo com vistas a essa classe de objetivos, resta saber até que ponto elas são realmente compreendidas dessa forma por parte dos alunos, já que a elas devem corresponder, igualmente, a compreensão dos efeitos provenientes da não delimitação desses fatores que, espera-se, resulte de necessidades que as levem a ser concebidas. Temos conhecimento, no entanto - e isso pode ser constatado a partir da consulta dos manuais que contêm tais propostas - de que essas condições tendem a aparecer impostas aos alunos, mais do que advindas das necessidades por eles identificadas, que as condicionam ou não.

No nosso estudo não caracterizamos, para os alunos, o movimento do pêndulo como um caso particular de outros tipos de movimentos, mas como um fenômeno a ser estudado tendo em vista sua observação, inicialmente orientada por atividades a eles propostas.

Assim, as condições delimitativas desse estudo que se permitem ser de fácil acesso aos alunos, referem-se basicamente aos materiais e instrumentos de medidas a eles disponíveis, e não aos fatores que possivelmente poderiam compor o movimento do pêndulo quando necessário.

AS ATIVIDADES

O estudo do movimento do pêndulo junto aos alunos foi viabilizado por um conjunto de solicitações iniciais, feitas a eles, de procedimentos e medidas, a que convencionamos chamar de atividades. Essas foram em número de três e apareciam impressas numa Folha de Atividades, conforme ANEXO 1 deste trabalho, distribuída a todos os alunos.

Assim, tivemos:

ATIVIDADE 1: Escolha um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Solte-o de uma determinada posição e meça o seu período de oscilação. Varie a amplitude de oscilação, repetindo a medição do período.

ATIVIDADE 2: Escolha uma posição de largada e um comprimento do pêndulo. Varie a massa do pêndulo, medindo para cada uma o período de oscilação. Mantenha sempre o mesmo comprimento e a mesma posição de largada.

ATIVIDADE 3: Escolha uma posição de largada e uma massa para o pêndulo. Varie o comprimento do pêndulo, medindo para cada um o período de oscilação. Mantenha sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.

A princípio, essas solicitações procuravam relacionar o fator período a três outros fatores envolvidos no movimento do pêndulo: o fator amplitude (ATIVIDADE 1); o fator massa, ou o fator peso (ATIVIDADE 2) e o fator comprimento (ATIVIDADE 3).

Embora se solicitasse, em cada uma dessas atividades, que se mantivessem constantes os demais fatores, além daquele cuja relação com o período tencionava-se verificar, os

alunos, até então, não haviam recebido de nós instruções explícitas relativas aos procedimentos necessários para o controle das variáveis associadas ao fenômeno em questão, nem dos problemas e limitações deles decorrentes.

Por outro lado, nenhuma outra instrução foi veiculada acerca de se estabelecer ou não regularidades que envolviam os fatores em jogo, e isso mesmo durante a realização dessas atividades.

OS MATERIAIS E INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

Para o desenvolvimento das três atividades os alunos contavam com dois tipos de materiais além dos instrumentos de medidas: os suportes para os pêndulos e os pêndulos propriamente ditos.

Os suportes para os pêndulos consistiam de uma haste de madeira, com aproximadamente 80cm de comprimento, apresentando fendas nas suas extremidades e de um transferidor acoplado a uma delas conforme ilustra a FIGURA 1.

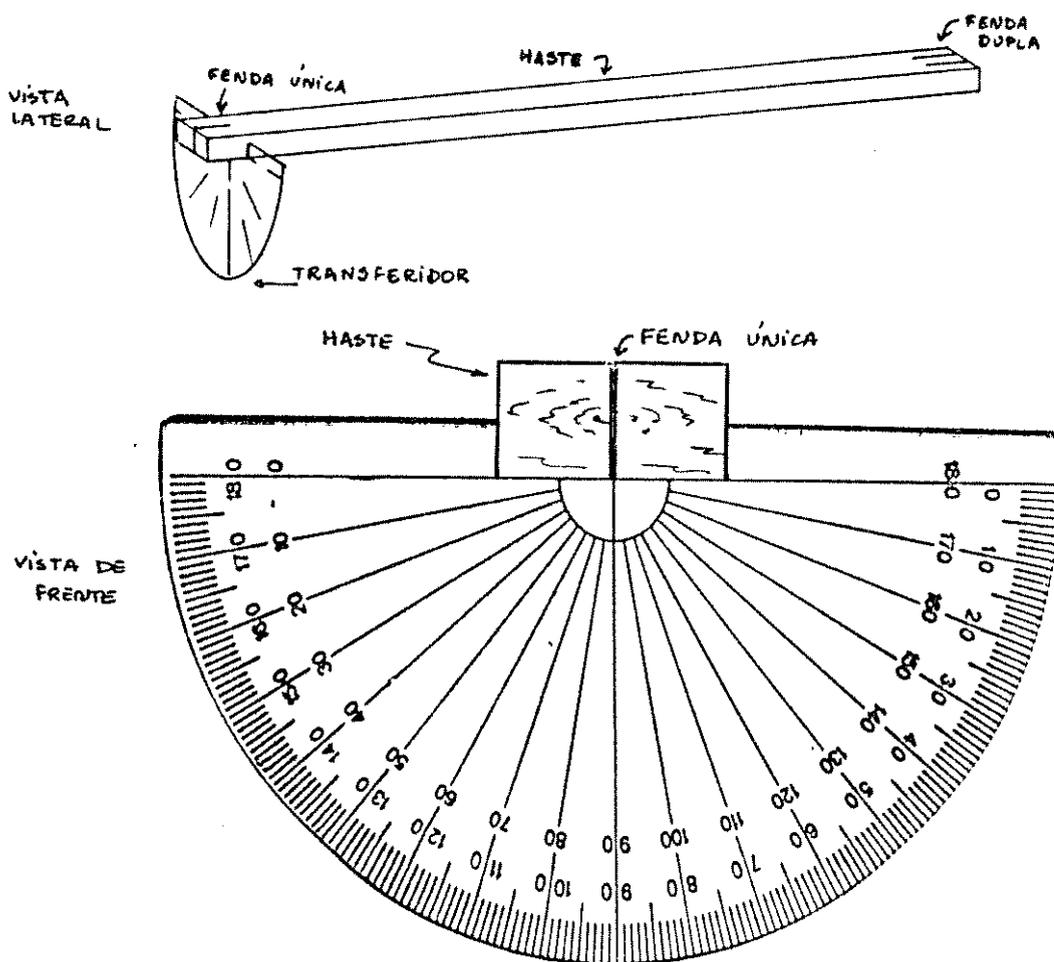


FIGURA 1: SUPORTE PARA O PÊNDULO

Para os pêndulos utilizamos frascos de vidro, cilíndricos, com tampas de plástico, caracterizados como pequenos e grandes, com capacidades aproximadas de 25ml e 65ml, respectivamente. Os pequenos contavam com um diâmetro relativo às suas circunferências externas próximo de 3,0cm e com uma altura de 5,0cm. Quanto aos grandes esses valores respectivos eram em torno de 4,5cm e 6,0cm.

Em suas tampas foram acopladas fios de cordonê cuja finalidade era de prendê-los aos suportes. Ver FIGURA 2

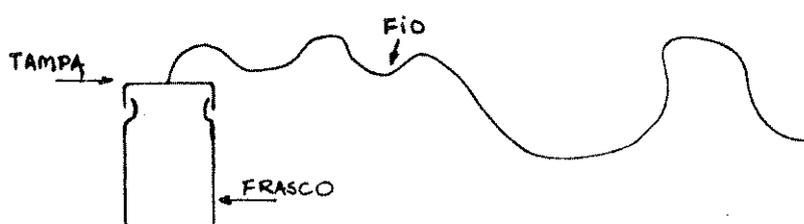


FIGURA 2: FRASCOS PARA PÊNDULOS

Esses pêndulos foram previamente preparados e suas massas diferiam entre si, devido principalmente ao fato dos diferentes frascos conterem diferentes substâncias, tais como: areia, chumbo granulado, pregos, palitos de dentes, arruelas, etc..., sendo que um dos pequenos e um dos grandes permaneceram vazios.

Contávamos assim com 17 pêndulos: 14 provenientes de frascos pequenos e 3 de frascos grandes.

A massa de cada um dos frascos incluía a respectiva tampa e seus valores apareciam anotados em seus rótulos. Para os frascos pequenos dispúnhamos dos seguintes valores, assim anotados:

22,0g	51,45g	88,3g
25,1g	60 g	89,25g
26,5g	62,2 g	104,9g
30 g	62,2 g	121,7g
31,2g	82,2 g	

Quanto aos frascos grandes, dispúnhamos dos seguintes valores para suas massas:

82,2 g

172,75g

163,55g

Além desses materiais, dispúnhamos de alguns instrumentos de medidas: os transferidores já acoplados às hastes suporte; réguas de 20, 30 e 40cm, fitas métricas (1,5 metros) e os relógios de pulso dos alunos e alunas, geralmente de ponteiros, para as medidas de tempo.

OS GRUPOS

As atividades propostas foram realizadas, cada uma delas, por um grupo de alunos e/ou alunas, grupos esses já formados durante o primeiro semestre por ocasião do desenvolvimento de outras atividades. O critério por nós adotado para a composição desses grupos foi o da proximidade dos lugares onde se sentavam.

Devido à saída de alguns alunos dessa classe durante o primeiro semestre, os grupos originais sofreram certas alterações. Foram transferências de um para outro grupo ou mesmo redução do número inicial de alunos deste ou daquele.

Dessa maneira, quando iniciamos este estudo, contávamos com sete grupos com número de alunos variando de dois a quatro.

Relacionamos, a seguir, os sete grupos bem como seus componentes.

GRUPO 1 - CATE, MARGOM e SILA

GRUPO 2 - RAZEM, LURI e MILA

GRUPO 3 - LUASE, CIRA, NETA e GINA

GRUPO 4 - RÊNIO, ARIÊ e NATI

GRUPO 5 - JUNIOR e NATÁLIA

GRUPO 6 - SIDO, MAIDE e SISA

GRUPO 7 - MENA, SULA, LUCI e MARA

AS FASES DO TRABALHO

Com os elementos e considerações precedentes, podemos, agora, descrever as fases do nosso trabalho junto aos alunos, bem como caracterizar seus objetivos. Afinal, nossas análises se prendem às manifestações e condutas dos alunos, por nós registradas no decorrer de cada uma delas.

A primeira fase compreendeu o desenvolvimento das três atividades propostas aos alunos, que transcorreu durante as duas primeiras semanas desse trabalho, no horário das aulas de Física, ou seja, durante duas aulas duplas em duas semanas sucessivas. A cada uma dessas aulas duplas chamaremos, DIA DE ATIVIDADES. Assim, o 1º DIA DE ATIVIDADES deverá corresponder à primeira semana de trabalhos e o 2º DIA DE ATIVIDADES, à segunda semana.

Como já tivemos oportunidade de adiantar parcialmente, durante essa fase pretendíamos identificar: quais os procedimentos dos alunos, a partir das solicitações iniciais contidas nas atividades; quais as limitações e problemas por eles apontados durante seus procedimentos e como passavam a estabelecer regularidades sobre os fatores em jogo.

Quanto a nós, acompanhávamos seus trabalhos, objetivando, em primeiro lugar, registrar todas as manifestações durante esse processo e, em segundo lugar, atender às suas solicitações com vistas a fazer sugestões se necessário fosse.

Após o desenvolvimento das atividades, já nas terceira e quarta semanas de trabalho, portanto, 3º e 4º DIAS DE ATIVIDADES, passamos à discussão dos dados obtidos pelos respectivos grupos, além dos problemas e limitações identificados pelos alunos, na tentativa de se estabelecer dentro do possível, conclusões gerais sobre o fenômeno do movimento do pêndulo. Essas discussões ocorreram com a classe como um todo, sem a formação dos grupos originais, numa situação a que denominamos com os alunos de PAINEL, por se tentar abranger, ao mesmo tempo, todos os resultados a que haviam chegado na realização de suas atividades.

Na tentativa de atingir os objetivos desse PAINEL, buscamos abordar com os alunos os problemas e limitações por eles identificados durante o desenvolvimento das atividades.

Entretanto, não definimos de início temas específicos para es as discussões, deixando isso, na medida do possível, a cargo dos alunos.

Depois de cada aula dupla destinada ao PAINEL, pro curávamos registrar as passagens, temas e manifestações dos alunos para posterior análise.

A terceira fase do nosso trabalho não ocorreu obri gatoriamente em sala de aula. Entre a quarta e quinta semanas a que nos referimos, cada um dos alunos foi incumbido de nos apresentar um Relatório de Atividades referente àquelas já de senvolvidas, incumbência essa aceita por todos.

A fim de orientar os alunos na realização desses relatórios, apresentamos a eles uma relação de itens que pode riam participar da sua composição. Acrescentamos que essa re lação não era um questionário a ser respondido, ou esquema obri gatório a ser seguido, mas, tão somente, um ROTEIRO PARA O RE LATÓRIO (ANEXO 2) que poderia orientá-los nesse trabalho. En tretanto, solicitamos que cada um procurasse ser o mais comple to e espontâneo possível na sua realização.

Esses Relatórios de Atividades serão, co mo veremos, a terceira fonte de informações para nossas análises.

A PROPOSTA DAS ATIVIDADES AOS ALUNOS

Antes de passarmos às descrições e análises dos conteúdos de cada uma das fases referidas, registraremos aqui, como é que propusemos e demos início aos trabalhos junto aos alunos.

Começamos por entregar a cada um uma Folha de Ati vidades, à qual já nos referimos, apresentando em seguida o ma terial disponível para o seu desenvolvimento.

De posse da Folha de Atividade, os alunos foram so licitados a ler o texto correspondente, mas não conseguiram fa zê-lo, uma vez que dividiam suas atenções com o material dis posto sobre a escrivaninha dos professores, guardando, portan to, uma certa expectativa com o que estaria por vir.

Em vista disso, resolvemos passar à apresentação desses materiais e instrumentos de medidas de que dispúnhamos, ficando assim, para um momento mais adequado, a leitura solicitada. Para tanto, iniciamos por entregar a cada um dos grupos constituídos uma haste suporte com transferidor acoplado.

Enquanto os alunos entravam em contato com esses materiais, montamos, para que todos vissem, um pêndulo com suporte, a fim de ilustrar suas características, quando necessário, além de apresentar nossa sugestão de montagem.

Nesse sentido, sugerimos o que havíamos previsto na preparação desse material. Primeiro, para que a haste de madeira servisse, realmente, de suporte (fixo) para o pêndulo, ela deveria ser apoiada sobre a mesa da carteira deixando sem apoio apenas o segmento que contivesse o transferidor e a fenda única. Segundo, sobre a parte apoiada na superfície da mesa, poder-se-ia colocar livros, cadernos ou outros materiais semelhantes, para impedir que a haste se movimentasse durante o movimento do pêndulo. Terceiro, pela fenda única, à frente do transferidor, dever-se-ia passar o fio do pêndulo, permitindo assim que esse pudesse oscilar livremente dependurado ao lado da mesa da carteira. Finalmente, a extremidade livre desse fio poderia ser firmada na fenda dupla, na outra extremidade da haste, deixando o pêndulo com o comprimento desejado.

Na FIGURA 3, a seguir, apresentamos esquematicamente a haste e o pêndulo dependurado, conforme nossa sugestão.

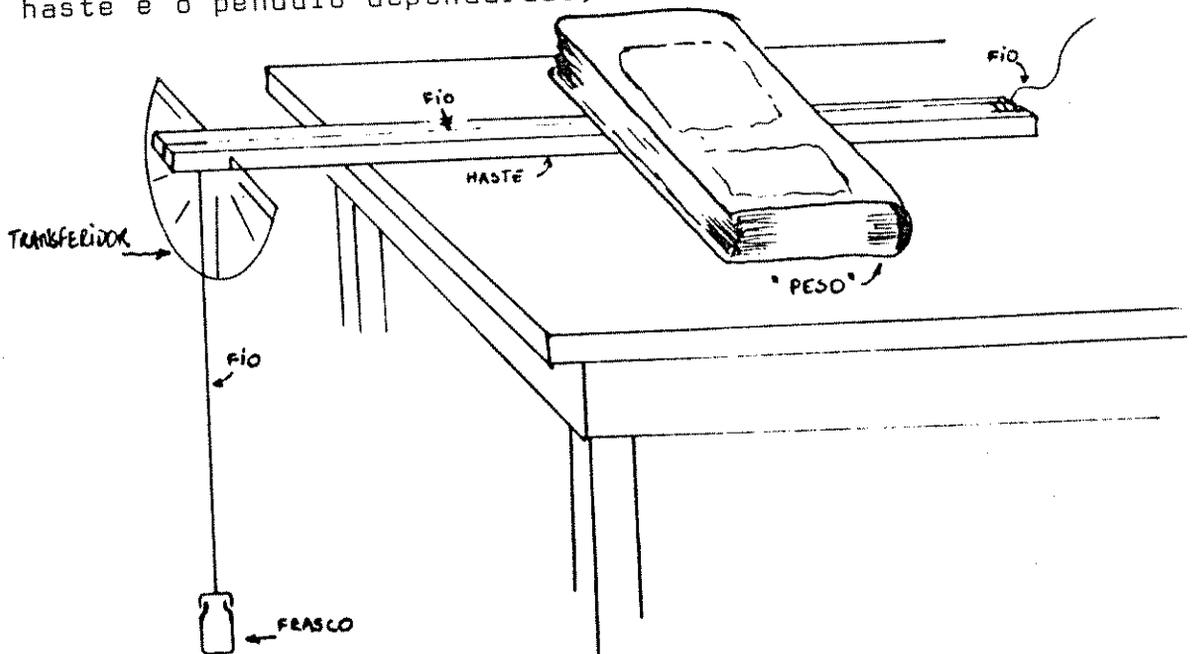


FIGURA 3: MONTAGEM DO PÊNDULO

O pêndulo que montamos, ficou exposto sobre uma mesa de carteira colocada sobre a escrivaninha dos professores para que todos pudessem observá-lo.

Uma vez montado o pêndulo para exposição e apresentados os materiais disponíveis para o trabalho a ser realizado, voltamos a solicitar que os alunos lessem a Folha de Atividades para, em seguida, apresentarem suas dúvidas a respeito. Assim o fizeram, por alguns momentos, e logo começaram a aparecer as primeiras perguntas sobre o significado de alguns termos específicos. As perguntas que se seguiram tiveram o mesmo teor; queriam saber o significado de peso, período, oscilação, amplitude, massa, posição de largada e da combinação de alguns deles, como: período de oscilação, amplitude de oscilação e ângulo de largada. Eram os termos que apareciam no texto que estavam lendo e à medida que iam aparecendo, perguntavam o seu significado.

Tendo em vista que as dúvidas dos alunos incidiram apenas no significado desses termos, passamos a fazer uma breve exposição tentando esclarecê-las. Com auxílio de desenhos que fazíamos na lousa e do pêndulo em exposição, fomos abordando cada um dos termos em separado.

Período - Inicialmente, retomamos o significado do termo período associado aos movimentos dos planetas, tema já envolvido em atividades anteriores, apresentado juntamente com dois específicos: período de rotação e período de revolução.

Com relação ao pêndulo, assinalamos que o período apresentava um significado semelhante. Tratava-se de um termo referente ao movimento repetitivo que ele apresentava quando posto a oscilar.

Deixando o pêndulo em exposição oscilando, e auxiliados por um desenho feito na lousa, que procurava ilustrar a trajetória do mesmo em movimento, procuramos caracterizar o seu período como sendo o intervalo de tempo transcorrido durante "uma ida" e "uma volta", a partir de uma posição que deveria corresponder ao seu maior afastamento em relação à vertical incidente com sua posição de repouso.

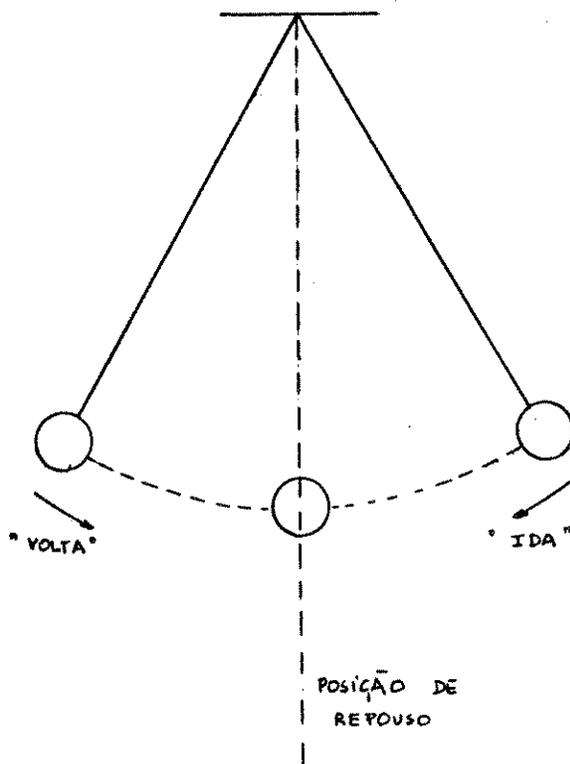


FIGURA 4

Oscilação - No contexto do nosso trabalho, oscilação era até então um termo novo.

Novamente, com auxílio do desenho na lousa e do pêndulo exposto, em movimento, descrevemos o seu percurso de "uma ida" e "uma volta" correspondente a uma oscilação completa. Referimo-nos, também, à meia-oscilação como sendo o percurso de "uma ida" ou "uma volta", bem como ao meio-período, como sendo o intervalo de tempo transcorrido num desses percursos.

Amplitude - Embora se tratasse também de um termo novo, depois dos comentários sobre período e oscilação, a amplitude do pêndulo já estava praticamente caracterizada. Estabelecemos que ela deveria ser a medida da posição de maior afastamento, atingido pelo pêndulo em movimento, em relação à vertical coincidente com a sua posição de repouso.

Período de Oscilação e Amplitude de Oscilação - Os termos período de oscilação e amplitude de oscilação, a partir de suas caracterizações originais de período e amplitude, passariam a englobar e a se referir ao que havia de essencial no movimento do pêndulo.

dulo, ou seja, ao seu movimento oscilatório ou, ainda, a cada um dos seus movimentos repetitivos.

Dessa maneira, caracterizamos que o período de oscilação deveria se referir ao tempo transcorrido durante uma oscilação completa do pêndulo, enquanto que a amplitude de oscilação deveria se referir ao maior afastamento por ele atingido, em relação à vertical coincidente com sua posição de repouso, também, em cada oscilação.

Posição de Largada e Ângulo de Largada - Estabelecemos que a posição de largada seria a medida da posição da qual o pêndulo seria solto para entrar em movimento. O ângulo de largada, então, seria essa medida ou, pelo menos, uma delas, sugerida implicitamente pela presença do transferidor acoplado à haste su^uporte.

Peso e Massa - Os termos peso e massa foram tratados conjuntamente, quando então, tentamos estabelecer para os alunos uma distinção entre os dois.

Procuramos caracterizar a massa de um objeto como sendo a medida associada à sua quantidade de matéria enquanto que o seu peso seria a medida da intensidade da força com que a Terra "puxa" esse objeto para o seu centro. Para determinarmos a intensidade dessa força poderíamos usar um dispositivo semelhante a uma mola, na qual penduramos o objeto.

Acrescentamos que dois objetos que se equilibram numa balança de braços iguais (esquema feito na lousa) apresentam a mesma quantidade de matéria, ou seja, têm a mesma massa.

Sublinhamos, ainda, que quanto maior fosse a quantidade de matéria do objeto em questão, portanto, quanto maior fosse a sua massa, maior seria a intensidade da força com que a Terra o "puxaria" para "baixo", isto é, maior seria o seu peso.

As explanações aqui descritas, não seguiram obrigatoriamente essa ordem de apresentação. Cada uma delas foi entremeada por perguntas e pedidos de esclarecimentos por parte dos alunos. Além disso, fazíamos freqüentes solicitações a eles no sentido não só de avaliar as dificuldades presentes, como também de não particularizar as eventuais explicações para certos alunos ou grupos de alunos. Apesar dessa intenção,

houve casos em que assistimos a uma dificuldade dos alunos em acompanhar mesmo as perguntas de seus colegas. Uma dessas perguntas foi feita pela aluna MAIDE, a propósito das explicações sobre oscilação, meia-oscilação e meio-período. Ela perguntou como faríamos para medir meia-oscilação a partir de uma posição que não correspondesse ao maior afastamento do pêndulo, em relação à sua posição de repouso, durante o seu movimento. Os próprios alunos solicitaram que a MAIDE repetisse sua pergunta procurando explicá-la melhor. Como isso não foi suficiente, solicitaram-nos esclarecimentos a respeito. Durante nossos comentários, na tentativa de responder à pergunta da MAIDE, apenas a aluna CATE participou, promovendo uma discussão e, ao mesmo tempo uma dúvida acerca da suposta simetria da trajetória do pêndulo diretamente envolvida nas explicações.

Para cada novo termo abordado, procurávamos também, juntamente com os alunos, nos remeter, tanto quanto possível, ao texto da Folha de Atividades, com o objetivo de tentar dar a esses termos o significado que adquiririam quando relacionados a outros e ao contexto das solicitações de cada atividade.

À medida que isso foi ocorrendo os alunos demonstraram um interesse crescente em saber como deveriam proceder para atender àquelas solicitações. De maneira que, essa fase de explicações foi sendo gradativamente substituída por esse interesse e pela curiosidade dos alunos em manipular o material disponível, o que nos levou a dar início às atividades.

Quanto ao desenvolvimento das atividades, a partir da composição dos grupos, solicitamos que cada um deles desenvolvesse apenas uma das três atividades propostas. Para tanto, sugerimos a seguinte distribuição das atividades pelos grupos:

GRUPO 1 - ATIVIDADE 1	GRUPO 5 - ATIVIDADE 2
GRUPO 2 - ATIVIDADE 2	GRUPO 6 - ATIVIDADE 3
GRUPO 3 - ATIVIDADE 3	GRUPO 7 - ATIVIDADE 1
GRUPO 4 - ATIVIDADE 1	

Com essa orientação pretendíamos fazer com que todas as atividades fossem desenvolvidas. Acrescentamos, no entanto, à nossa sugestão, que, em caso de preferência essa ordem poderia ser alterada, de maneira que cada grupo poderia escolher a atividade que lhe aprouvesse.

Além disso, esperávamos que o fato de uma mesma atividade ser desenvolvida por diferentes grupos - e de diferentes grupos desenvolverem atividades diferentes, porém relativas ao mesmo fenômeno - nos facilitasse futuramente, averiguar como os alunos interpretam e combinam os dados relativos aos fatores advindos de diversas fontes e procedimentos, com vistas, se fosse o caso, ao estabelecimento de regularidades ou relações acerca dos mesmos, de conformidade com os propósitos do PAINEL.

A partir dessas apresentações, explanações e manifestações iniciais dos alunos nos termos descritos, passamos a dar início à primeira fase dos trabalhos, ou seja, ao desenvolvimento propriamente dito das atividades pelos grupos.

Nos capítulos que se seguem, teremos oportunidade de descrever e interpretar as manifestações, procedimentos e demais condutas dos alunos, no transcorrer de cada uma das fases referidas, de acordo com os objetivos desta pesquisa, como já tivemos oportunidade de explicitar.

Devido à emergência de problemas específicos relativos ao atendimento desses objetivos, resolvemos dividir este trabalho em três partes. Na primeira parte trataremos do problema da relatividade da medida que incide basicamente nos procedimentos adotados durante a realização das atividades por parte dos diferentes grupos, isto é, durante a primeira fase dos trabalhos junto aos alunos. A segunda parte reservamos ao estudo das concepções manifestas pelos alunos, durante o PAINEL e nos seus Relatórios de Atividades, acerca de variável, erro experimental e de regularidades possíveis.

Essas duas partes nos deverão levar à terceira, na qual, de forma conclusiva, procuraremos estabelecer alguns parâmetros sobre a natureza da medida, tendo em vista os termos em que a pesquisa foi desenvolvida. Além disso, apresentaremos, nessa parte, certas implicações pertinentes ao trabalho de professores junto aos alunos, circunstanciado pela experimentação em Física no 2º grau.

PARTE I

O PROBLEMA DA RELATIVIDADE DA MEDIDA DO FENÔMENO DINÂMICO

O fenômeno do movimento do pêndulo, dada a forma de tratamento que demos a ele, se classifica entre aqueles que apresentam uma peculiaridade quanto à relação entre os seus fatores, particularmente quando é o caso de se estudar sua periodicidade, como se depreende das orientações iniciais contidas nas atividades propostas aos alunos. Referimo-nos à diminuição contínua da sua amplitude, quando observado em condições reais, no decorrer das suas sucessivas oscilações. Isto significa que dois fatores interdependentes variam conjuntamente durante o movimento do pêndulo, o período e a amplitude, sendo que, em princípio, se pretende o valor de apenas um deles, o do período.

Não se trata, portanto, de se avaliar, por exemplo, a distensão de uma mola sujeita a uma força constante, de intensidade conhecida, onde os fatores em jogo são facilmente discriminados e nem um, nem outro, varia dinamicamente em função de um terceiro presente, o que seria o caso, imaginemos, da variação contínua da temperatura da mola devido tão somente a essa solicitação, fator esse que viria conjuntamente afetar sua alongação.

Quanto aos fatores envolvidos no nosso estudo do pêndulo todos eles podem, direta ou indiretamente, como veremos, interferir na sua periodicidade. No entanto, uns são passíveis de serem determinados independentemente do movimento, sujeitos, pois, apenas a um valor absoluto de suas medidas, ao passo que outros, como o próprio tempo e a variação da amplitude, dependentes daqueles, podem vir a solicitar uma concepção relativa de suas medidas, de acordo com a forma como essas se processam, já que o segundo interfere no primeiro.

Considerando-se que na ATIVIDADE 1, de forma explícita, pretende-se, em princípio, averiguar a interferência do fator amplitude sobre o período do pêndulo, e que, nas duas outras, esse fator aparece implicitamente como supostamente invariável, fato facilmente contestável pela observação do seu mo

vimento, o primeiro problema que se apresenta aos alunos é o da sua medida, conforme a situação que atribuímos anteriormente aos fatores em jogo.

Nosso objetivo aqui, é o de averiguar como esse problema se consubstanciou para os diferentes grupos de alunos, quer de forma espontânea, quer estimulados por nossas sugestões, e que procedimentos adotaram na tentativa de solucioná-lo. Esses procedimentos, além de suas diversas manifestações e condutas, serão objeto de nossas análises e interpretações. Isto porque, através deles, poderemos extrair seus critérios de medidas que nos levarão não só às suas concepções acerca dessa característica dinâmica do fenômeno, como também aos seus propósitos relativos ou não ao estabelecimento de regularidades, dentro de suas limitações.

No sentido de facilitar o tratamento e apresentação do problema em questão dividimos esta parte em três capítulos de acordo como se diferenciaram os grupos na realização das atividades propostas. Assim, no primeiro capítulo estudaremos aqueles grupos que tenderam a uma medida relativa do período e, no segundo, aqueles grupos que procuraram sua medida absoluta. Em ambos os casos nos referiremos à integração do fator variação da amplitude ao sistema dos demais fatores que compõem o movimento do pêndulo. Ao terceiro capítulo reservamos o estudo daqueles grupos que negaram essa integração ou revelavam incompreensão quanto às características das atividades.

Assim se compõe esta primeira parte, essencialmente referente à primeira fase do nosso trabalho junto aos alunos.

CAPÍTULO I

ACEITAÇÃO DA MEDIDA RELATIVA

Neste capítulo apresentaremos os três grupos que, independentemente da atividade desenvolvida, demonstraram a aceitar, ainda que parcialmente, a medida relativa do período do pêndulo, tendo em vista o problema que apontamos associado à variação da sua amplitude. O primeiro aspecto que revela essa aceitação, é a integração desse fator ao movimento do pêndulo, ou seja, o fato de admitir a variação da amplitude como uma das manifestações inerentes a esse fenômeno, como mostraram as condutas desses grupos. O segundo aspecto refere-se à concepção de um valor "médio" para a medida do período, guardadas as condições em que o mesmo é avaliado e a organização atribuída ao experimento pelos alunos.

Nesse sentido, a presença ou traços desses aspectos nos levaram a tratar esses grupos com tendências à aceitação da medida relativa, embora, veremos, eles se diferenciam quanto a outros aspectos, como nos procedimentos e nas suposições acerca de regularidades, específicas ou não, da atividade por eles desenvolvida. Isso justifica os três itens nos quais se divide este capítulo e em cada um deles a abordagem de um dos três grupos.

a) - "aceitação" da medida relativa e busca de dados iguais

Estudaremos neste item o GRUPO 1, composto pelas alunas CATE, MARGOM e SILA, que realizaram a ATIVIDADE 1 - Escolha um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Solte-o de uma determinada posição e meça o período de oscilação. Varie a amplitude de oscilação, repetindo a medição do período.

Adiantamos que, dessas três componentes, as principais decisões do grupo foram tomadas pela aluna CATE, enquanto as demais se limitaram a acompanhar os trabalhos, auxiliando-a na tomada de medidas e registro dos dados obtidos.

O tempo empregado por elas no desenvolvimento dessa atividade foi de 150 minutos, sendo 50 minutos referentes ao 1º DIA DE ATIVIDADES e 100 minutos ao 2º DIA DE ATIVIDADES.

Neste caso, veremos como a CATE, embora tendendo a aceitar a medida relativa do período, predeterminou uma relação entre esse fator e a amplitude do pêndulo, buscando um valor absoluto para a sua medida.

Podemos assinalar que a participação da aluna CATE, do GRUPO 1, no estudo do movimento do pêndulo, teve início, já na etapa da PROPOSTA DAS ATIVIDADES, quando ainda tentávamos esclarecer os termos duvidosos contidos na Folha de Atividades distribuída aos alunos. Na oportunidade, procurávamos esclarecer a diferença entre oscilação-completa e meia-oscilação.

Durante as explanações, a aluna MAIDE, do GRUPO 6, perguntou como seria medido o tempo relativo à meia-oscilação do pêndulo, considerando, no entanto, que esse percurso não ocorresse a partir de uma posição de maior elongação durante o seu movimento, mas de uma outra posição qualquer.

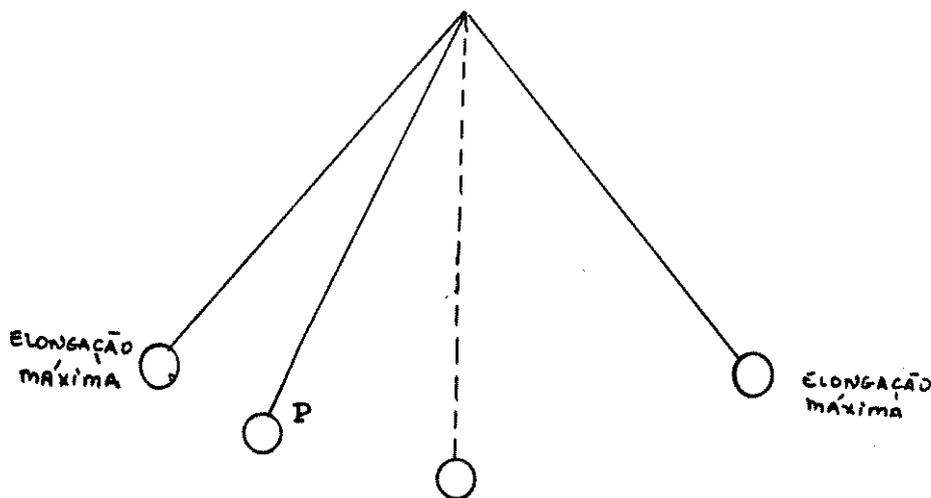


FIGURA 5

De acordo com a FIGURA 5, a aluna MAIDE queria saber como de veríamos fazer para contar e medir o tempo correspondente a meia-oscilação a partir, por exemplo, do ponto P.

Com auxílio de um desenho semelhante ao da FIGURA 6 na lousa fazendo perguntas e conversando com os alunos, fomos aos poucos caracterizando a situação problemática que envolvia a pergunta.

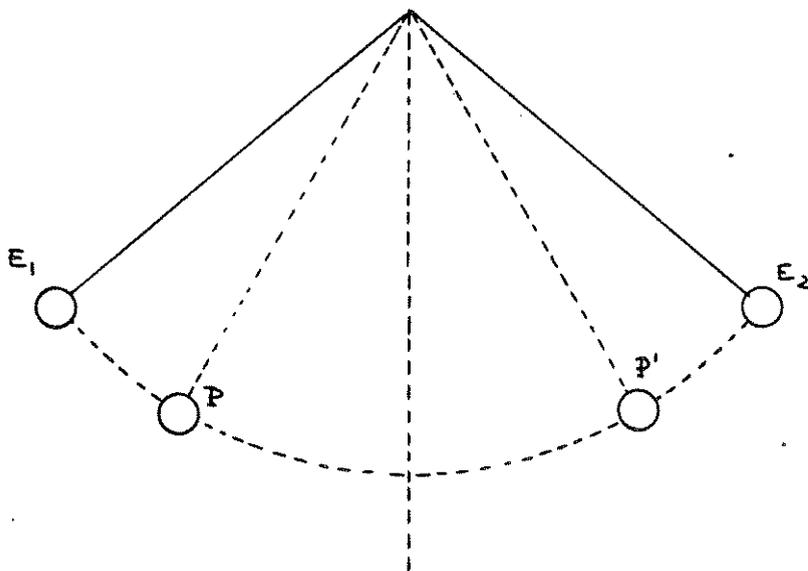


FIGURA 6

Havíamos, até então, chegado ao seguinte: o tempo correspondente à meia-oscilação deveria estar associado ao percurso E_1E_2 . Se começássemos a contar o tempo a partir da posição P, meia-oscilação deveria corresponder a um percurso equivalente a E_1E_2 , mas, agora, partindo de P e não de E_1 . A situação problemática se caracteriza, pois, em descobrir qual deveria ser esse percurso.

Não havendo manifestações dos alunos que indicassem alguma solução, continuamos dizendo que o tempo correspondente à meia-oscilação, a partir de P, deveria envolver o percurso PE_2 mais um percurso equivalente a E_1P , já que de P até E_2 o pêndulo executaria apenas uma parte de E_1E_2 . Assim, deveríamos identificar a partir de E_2 um percurso equivalente a E_1P . Supondo, então, a simetria da trajetória do pêndulo em relação ao "eixo" 0, segundo a FIGURA 6, o percurso E_2P' (arco côngruo a E_1P) deveria compensar o percurso inicial E_1P . Portanto, o tempo relativo à meia-oscilação, a partir de P, deveria corresponder ao percurso PE_2P' .

Todavia, foi exatamente em relação à nossa suposta simetria que incidiu a maior objeção da aluna CATE do GRUPO 1. Não se tratava da congruência entre os arcos E_1P e E_2P' , mas da equivalência de tempo transcorrido durante esses percursos. Segundo ela, o tempo correspondente ao percurso E_1P era menor do que o do percurso E_2P' , porque, na "volta", ou seja, a partir de E_2 , o pêndulo *perdia força e vinha mais devagar*. Logo, o tempo relativo ao percurso PE_2P' não poderia ser equivalente ao tempo transcorrido durante o percurso E_1E_2 .

Conforme a aluna CATE, essa afirmação provinha do fato de ter observado que o pêndulo *ia parando* durante o seu movimento. Daí ter considerado que na "volta", e nas sucessivas oscilações, o pêndulo *perdia força*, razão pela qual o pêndulo pararia.

Esta seria, portanto, a primeira participação relevante da aluna CATE nos trabalhos voltados ao estudo do pêndulo, que antecedeu o que convencionamos chamar de 1º DIA DE ATIVIDADES.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

Logo após a escolha da ATIVIDADE 1 a ser desenvolvida pelo seu grupo e já de posse de uma das hastes suporte distribuídas a todos os grupos, a aluna CATE mostrava-se muito empenhada na obtenção de um frasco específico para ser adotado como pêndulo, chegando inclusive a disputá-lo entre os colegas. Tratava-se de um frasco, dos pequenos, com massa de 121,7g. Dos frascos pequenos disponíveis, esse era o de maior massa e o único que continha chumbo granulado.

Solicitada por nós a justificar a sua escolha a CATE afirmou que, com o *peso maior*, o pêndulo não iria *parar com tanta facilidade*. Apesar de sugerirmos que trabalhasse com frascos de massas inferiores àquela correspondente ao pretendido no sentido de verificar se a sua afirmação procedia, manteve sua escolha inicial e não atendeu à nossa sugestão.

Quanto a essa escolha não assistimos nenhuma participação das suas colegas de grupo, MARGOM e SILA.

Ainda com relação ao frasco escolhido, a aluna CATE nos procurou insistentemente fazendo-nos a seguinte pergunta: *se a massa (do frasco) é essa que está escrita no vidro (121,7g), como a gente faz para saber o peso?*

Frente a essa pergunta, retomamos as explicações acerca de peso e massa, tal como havíamos feito anteriormente por ocasião dos esclarecimentos dos termos duvidosos. Acrescentamos que o valor do peso do tal frasco poderia ser determinado com auxílio de uma mola calibrada ou de um dinamômetro, instrumentos esses não disponíveis no momento.

Demonstrando pouco interesse pelas nossas explicações, recidiu na pergunta solicitando-nos, especificamente, o valor do peso, não o processo em determiná-lo.

Alegamos não ser possível atender a essa solicitação com precisão visto que não dispúnhamos, no momento, do instrumento adequado à medida dessa grandeza. No entanto, para atender à sua pergunta, dissemos que o valor aproximado do peso desse frasco, numa certa unidade de medida chamada newton (N), seria obtido (teoricamente) dividindo-se o valor da sua massa por 100. O mesmo poderia ser feito com relação à de terminação do peso dos demais frascos.

A partir de então, a aluna CATE não mais voltou a esse assunto.

Mesmo antes de nos perguntar sobre o peso do frasco escolhido, a aluna CATE e suas colegas de grupo já haviam passado às primeiras tentativas experimentais com o pêndulo.

Montaram o pêndulo de acordo com as instruções que havíamos dado quando da apresentação do material que fizemos a todos os alunos. Dispuseram a haste suporte sobre uma mesa da carteira de uma das alunas e tentaram as primeiras medidas de tempo.

O comprimento adotado para o fio do pêndulo, até então, não chegou a sofrer uma avaliação métrica. Era o comprimento suficiente para que pudessem alcançar o frasco enquanto permaneciam sentadas nas cadeiras de suas carterias: 15 a 20 centímetros.

Quanto ao período, estavam tentando medir o tempo correspondente a uma única oscilação do pêndulo. Para tanto, procediam da seguinte maneira: enquanto a aluna MARGOM ou a aluna SILA largavam o pêndulo de uma posição, ainda não fixada, ao mesmo tempo que emitiam um sinal para a aluna CATE, esta procurava medir o tempo relativo a uma oscilação do pêndulo com auxílio do relógio de pulso da aluna NATÁLIA do GRUPO 5, que contava com o ponteiro de segundos.

Enquanto tentavam essas medidas, a aluna CATE voltou a nos procurar alegando que não seria possível medir o período do pêndulo visto que seu movimento era *muito rápido*. Sugerimos então que em primeiro lugar procurassem uma posição mais favorável para a observação do pêndulo.

lo, de preferência sentadas no chão, ao invés de sentarem-se nas cadeiras. Em segundo lugar, que adotassem comprimentos maiores para o pêndulo. Com comprimentos relativamente pequenos (15 a 20cm), se considerarmos as dimensões dos frascos, o pêndulo apresentava movimentos secundários indesejáveis aos propósitos iniciais das atividades.

As componentes do GRUPO I atenderam à nossa sugestão, aumentando como consequência o comprimento do fio do pêndulo para, aproximadamente, 60cm, mantendo-se ainda numa avaliação qualitativa do mesmo. Mas, logo em seguida, viriam a se defrontar com outra limitação. Quando colocavam o pêndulo em movimento observavam que o mesmo se chocava contra os pés da mesa da carteira onde estava apoiada a haste suporte. Isto era devido a irregularidades da fenda única onde o fio articulava-se com a haste, ocasionando a mudança do plano de oscilação do pêndulo durante as suas sucessivas oscilações.

Sem procurar maiores explicações para o observado, a CATE decidiu utilizar-se da escrivaninha dos professores para superar a limitação encontrada. Fez com que o pêndulo pendesse de um dos cantos da escrivaninha, dispondo a haste sobre a superfície do seu tampo, de maneira que ela quase coincidissem com uma de suas diagonais. Assim, a extremidade da haste poderia ficar bem próxima do vértice desse tampo, o que evitaria o choque do pêndulo, quando em movimento, contra a escrivaninha.

Adotando, dessa forma, comprimentos maiores para o pêndulo, voltaram às medidas do período como haviam tentado anteriormente. Durante essas novas tentativas encerrava-se o 1º DIA DE ATIVIDADES.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

No início da aula desse dia, quando voltava a fazer novas tentativas para medir o período contando uma única oscilação, a aluna CATE nos procurou dizendo que não seria possível medir o tempo porque o movimento era *muito rápido*.

Perguntamos então a ela em que medida essa rapidez afetaria a medida de tempo. Respondeu-nos que, por ser muito rápido o movimento do pêndulo, seria difícil *medir certinho o tempo*. *O resultado (na medida) é muito errado* - como nos disse.

Como outros grupos já haviam nos apresentado limitações semelhantes a essa, procuramos contrapor o procedimento da contagem de uma única oscilação ao da contagem de várias para as medidas de tempo, por intermédio de uma situação análoga envolvendo erro de medidas, que expusemos a todos os alunos.

Tratava-se da estória de uma senhora que teria sido lograda na compra de um tecido pelo proprietário da loja. Tentamos comparar o logro e o "erro" de dois casos distintos.

Se uma senhora for comprar 1m de tecido numa loja e o seu proprietário lhe der 10cm a menos, esses 10cm representam 1/10 da medida pedida. Entretanto, se essa pessoa for comprar 10 metros desse mesmo tecido e o proprietário da loja lhe der 10cm a menos, esses mesmos 10cm representam, agora, 1/100 da nova medida pedida. Em termos de custos, o logro é o mesmo, 10cm, mas, em termos do "erro" relativo à metragem total do tecido, existe uma diferença. Enquanto no primeiro caso o "erro" foi de 10cm em 1 metro, no segundo, o "erro" foi bem menor: 1cm em cada metro.

Analogamente, se a medida de tempo de uma única oscilação resulta num certo "erro", podemos diminuí-lo, desde que, para isso, meçamos o tempo de várias oscilações. Estando o "erro" associado somente às limitações e técnicas de medidas, seu valor deverá ser o mesmo num caso e no outro. Todavia, no segundo caso, ele será dividido pelo número de oscilações contadas; portanto, deverá ser menor para cada uma dessas oscilações.

Assim, ao mesmo tempo que tentávamos atender à limitação a pontada pela CATE, sugeríamos que, ao invés de uma, contassem várias osci

lações (cinco, dez,...) para as medidas de tempo. Pretendíamos, com isso, verificar até que ponto nossa sugestão atenderia às diferentes solicitações.

A partir daí, as componentes do GRUPO 1 retomaram as medidas de tempo passando a contar cinco oscilações do pêndulo a cada medida.

A aluna CATE, como sempre, avaliava o tempo enquanto as suas colegas se revesavam ocasionalmente nos procedimentos relativos à manipulação do pêndulo e no registro de dados.

O primeiro registro assinala o período de oscilação para a posição (de largada) de 40° : 1,2 seg. O que corresponde ao tempo de 6,0s medidos durante cinco oscilações.

O comprimento do pêndulo era de 32,5cm, mas este valor refere-se ao comprimento do fio (da haste até a tampa do frasco) sendo avaliado com auxílio de uma fita métrica disponível somente após terem sido feitas todas as medidas de tempo.

A posição de largada de 40° equivale a uma amplitude inicial de 50° . Preferiram, no entanto, anotar o valor correspondente a essa posição, lido na escala do transferidor.

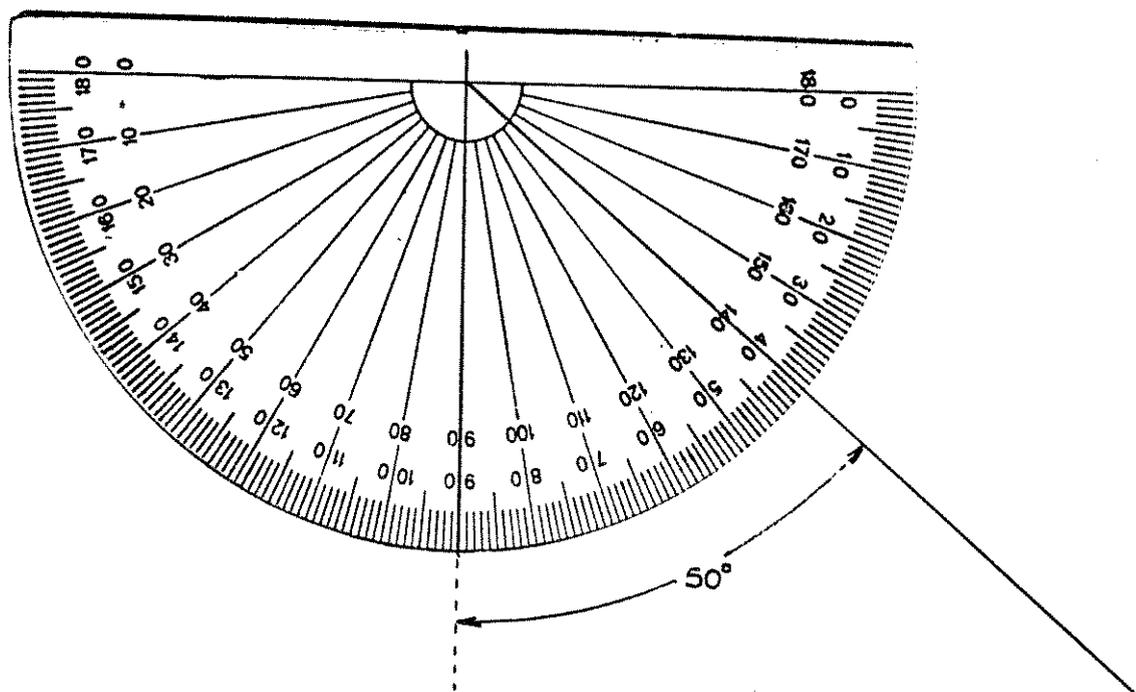


FIGURA 7: POSIÇÃO DE LARGADA 40°

Feito esse registro continuaram as medidas de tempo variando a posição de largada. Obtiveram mais quatro valores para o período do pêndulo, sendo que o primeiro deles foi conseguido novamente a partir da posição de largada de 40° ou amplitude inicial de 50° . Isto é, a aluna CATE decidiu-se por repetir a medida do período correspondente à posição de 40° para, em seguida, passar a medir os intervalos de tempo das cinco oscilações referentes às demais posições de largada adotadas (30° , 20° e 10°).

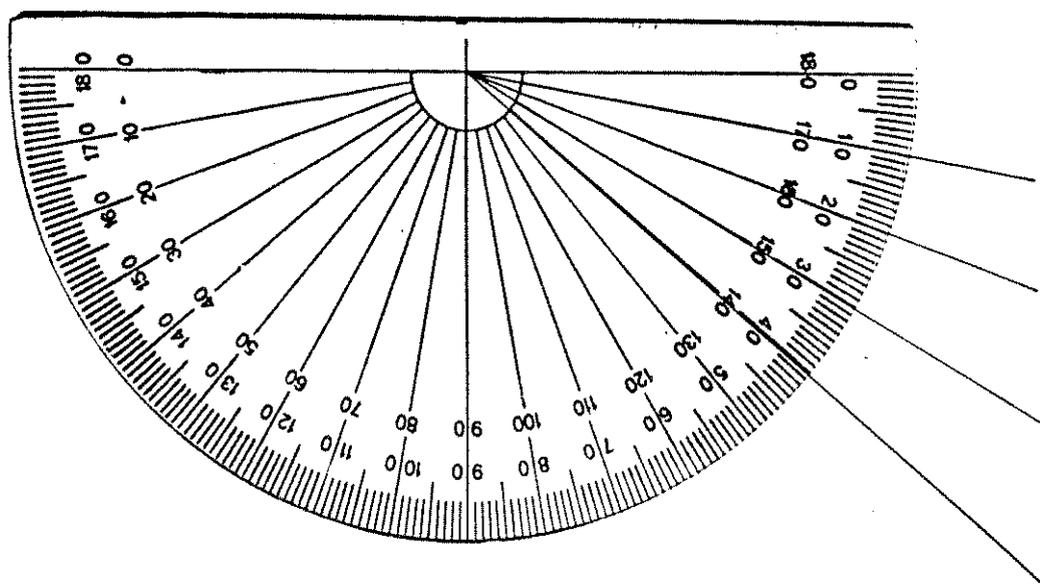


FIGURA 8: POSIÇÕES DE LARGADA DE 40°, 30°, 20° e 10°

No que se refere às medidas de tempo relativas a essas quatro posições, a aluna CATE introduziu um novo procedimento: repetia as medidas até conseguir 6,0s para as cinco oscilações, em cada um dos casos. Desta maneira, para todas as posições de largada o período encontrado foi de 1,2s, segundo os dados a seguir, conforme foram exibidos pelo GRUPO 1 durante o PAINEL.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 1

Comprimento do pêndulo	32,5	variação da amplitude			
Massa	121,7g				
Posição	40°	40°	30°	20°	10°
Período de Oscilação	1,2s	1,2s	1,2s	1,2s	1,2s

De posse desses dados a aluna CATE nos procurou para afirmar que ela havia chegado a uma conclusão: *o período não muda quando se muda o ângulo de oscilação.*

Sugerimos então que refizesse suas medidas adotando comprimentos maiores para o pêndulo; o dobro ou o triplo de 32,5cm. Pretendíamos a veriglar o quanto a variação desse fator afetaria sua conclusão.

A aluna CATE e as suas colegas voltaram às atividades atendendo nossa sugestão, mas não apresentaram nenhum dado referente ao novo comprimento adotado. Embora o tempo disponível fosse suficiente, o 2º DIA DE ATIVIDADES, para o GRUPO 1, terminou nessas condições.

Do conjunto de procedimentos adotados pelo GRUPO 1, no desenvolvimento da ATIVIDADE 1, interessa-nos, inicialmente, considerar aqueles propriamente relativos à medida do período de oscilação. Vimos que a aluna CATE preocupou-se em repetir as medidas de tempo para cada posição de largada, procurando encontrar em cada caso o mesmo valor que obteve com a de 40° , isto é, 6,0s em 5 oscilações para as quatro amplitudes iniciais consideradas (50° , 60° , 70° e 80° ; correspondentes às posições de largada de 40° , 30° , 20° e 10° , respectivamente).

Repetindo os procedimentos adotados por esse grupo, ou seja, tomando-se o pêndulo de massa 121,7g, com o comprimento do fio de 32,5cm, soltando-o das posições de 40° , 30° , 20° e 10° e medindo-se o tempo necessário para que ele executasse cinco oscilações, com um relógio de ponteiros dos de pulso, obtivemos valores próximos a 6,0s. Contudo, à medida que aumentávamos a amplitude de oscilação do pêndulo, ou seja, à medida que largávamos o pêndulo das posições mais altas, correspondente, na escala do transferidor, àquelas adotadas por esse grupo, observamos que o ponteiro dos segundos tendia a se afastar da marca dos 6,0s em direção à marca dos 7,0s, sendo que, em 10° , é possível, eventualmente, se obter este segundo valor.

Com o auxílio do relógio de pulso, para proceder a essas medidas, permitimo-nos fazer avaliações de até 0,5s. Alguns dos valores que conseguimos obter dentro dessas condições e limitações foram os seguintes:

	POSIÇÕES DE LARGADA			
	10°	20°	30°	40°
Valores obtidos de tempo (s)	+ de 6,0 6,5	6,0 - de 6,5	- de 6,0 6,0	- de 6,0 6,0
	+ de 6,5 7,0	6,5	+ de 6,5 - de 6,5	+ de 6,0 - de 6,5

Fazendo as mesmas medidas, agora com auxílio de um cronômetro cuja menor divisão da escala corresponde a 0,2s, nos foi possível obter os seguintes valores:

POSIÇÕES DE LARGADA				
	10°	20°	30°	40°
Valores	6,2	6,0	6,0	5,8
obtidos	6,4	6,2	6,2	6,0
de tempo	6,6	6,4	6,4	6,2
(s)	6,8	6,6		6,4
		6,8		

Em ambos os casos estamos apresentando apenas os valores possíveis de serem obtidos com os recursos disponíveis e não as frequências com que eles apareceram. Se considerássemos aqui os valores médios dos períodos para as diferentes posições de largada, notaríamos uma variação crescente dos mesmos das menores para as maiores amplitudes. Teoricamente, para um pêndulo simples, em condições ideais, espera-se que, da amplitude inicial de 50° (posição de largada de 40°) para a amplitude inicial de 80° (posição de largada de 10°), haja um aumento no período de até 1,0s, ou seja, uma variação nesse valor de aproximadamente 8%⁽¹³⁾.

Dos valores possíveis obtidos experimentalmente verificamos que a aluna CATE insistiu em conseguir os 6,0s para as cinco oscilações, a partir das quatro diferentes posições de largada.

Podemos pensar que talvez seja muito difícil para os alunos detectarem pequenas diferenças, como a esperada teoricamente para um pêndulo simples, dentro da faixa de variação de amplitude adotada, principalmente se considerarmos as condições oferecidas à realização das atividades.

Entretanto, pudemos verificar que a aluna CATE repetiu suas medidas justamente por ter encontrado diferenças nos seus valores em relação àquele tomado como verdadeiro. Ademais, pelos dados que obtivemos experimentalmente, guardadas as devidas limitações operacionais e experimentais, as diferenças entre uma e outra medida de tempo, para a mesma posição de larga-

(13) KITTEL, Charles & outros, *Mechanics, Berkeley Physics Course*, volume 1. New York, McGraw-Hill Book Company, 1965, cap. 7, pg. 185 e seg.

da, poderiam atingir até 1,0s; valor facilmente detectável com auxílio de um relógio de pulso convencional. Não se trata, pois, tão somente, de pequenas diferenças.

Nessas condições, resta-nos verificar quais as razões que a levariam desprezar os valores obtidos que não correspondiam aos 6,0s desejados.

Uma primeira possibilidade é a de que ela já houvesse estabelecido, antecipadamente às medidas, que o período deveria ser sempre o mesmo, qualquer que fosse a posição de largada do pêndulo. Nesse caso, bastaria verificar qual esse valor para satisfazer à solicitação da ATIVIDADE 1. Uma vez encontrado o valor de 6,0s correspondente às cinco oscilações da posição de largada de 40° (primeira medida), faltaria apenas demonstrar, daí por diante, que para as demais posições o período era sempre o mesmo. Disso resultaria a constante procura pelo primeiro valor tomado como verdadeiro.

Duas manifestações da aluna CATE se associam a essa possibilidade. A primeira delas refere-se à escolha do frasco de maior massa para ser utilizado como pêndulo, dentre os disponíveis. Como ela justificou ao fazer a escolha, *com maior peso o pêndulo não para com tanta facilidade* enquanto oscila.

A propósito disso, devemos retomar aqui a sua insistência em nos perguntar sobre o valor do peso do frasco tendo em vista o valor da sua massa assinalada no seu rótulo. Até então, havíamos dito que a massa era uma grandeza associada à quantidade de matéria de um objeto enquanto que o peso era a força com que a Terra atrai esse objeto, mas não havíamos ainda estabelecido de forma explícita uma relação entre essas duas grandezas, do tipo: quanto maior a massa, maior o peso.

Na verdade, o que a fez supor inicialmente que o frasco escolhido era o *mais pesado*, como ela queria, foi o fato dele conter chumbo granulado e não o valor da sua massa, maior que a dos demais frascos pequenos, assinalado no seu rótulo. Nenhum outro frasco, mesmo dos grandes, continha esse material, o de maior densidade dentre os conteúdos apresentados. Se a sua escolha inicial tivesse sido pautada no valor da massa ela teria como opção dois outros frascos dos grandes, que não continham chumbo granulado, mas apresentavam maior peso. Contudo sua preferência incidiu no frasco com chumbo granulado. Restava, no entanto, se assegurar de que o valor 121,7g presente no rótulo não colocaria em dúvida o seu critério intuitivo de preferên

cia.

Desta forma, a sua insistente pergunta não estava endereçada à relação conceitual entre o peso e a massa, mas tão somente a um objetivo prático e imediato, qual seja, saber se o frasco escolhido, correspondia de fato ao de maior peso.

A segunda manifestação da aluna CATE, que pretendemos assinalar aqui, ocorreu por ocasião da pergunta da aluna MAIDE (GRUPO 6) a propósito da possibilidade da medida do tempo de meia-oscilação. Como vimos, a aluna CATE alegou não concordar com a suposta simetria do movimento de ida e volta do pêndulo, no que se refere ao tempo decorrido durante esses dois percursos. Na volta, segundo ela, o pêndulo *perderia força e viria mais devagar*, o que implicaria numa diferença de tempo entre a primeira e a segunda metade da oscilação.

Ora, essas duas manifestações da aluna CATE — por um lado, a justificativa dada para a escolha do frasco de maior peso (*...não para com tanta facilidade*), por outro lado, a discordância da simetria (de tempo) entre a ida e a volta do pêndulo — guardam entre si uma estreita relação. Se o pêndulo *mais pesado* leva mais tempo para parar, de acordo com a sua argumentação, é porque o seu peso (maior) impede que ele *perca força*, "perda" que, na "volta", o faria se deslocar mais lentamente. Assim, escolhendo o frasco "mais pesado", ela estaria garantindo que o seu pêndulo oscilaria sempre com o mesmo tempo uma vez que ele "não perderia força".

Note-se que, de maneira indireta, esse procedimento implica também numa tentativa de impedir que a amplitude varie durante o movimento do pêndulo, mas isso não nos parece ter sido sua preocupação mais evidente, embora seus comentários tivessem procedido da observação de um pêndulo exposto, em movimento, que apresentava uma diminuição contínua de amplitude durante as suas sucessivas oscilações, chegando a um movimento apenas perceptível.

Se a aluna CATE, ao admitir que o pêndulo, na volta, *vinha* mais devagar (com menor velocidade), por *perder for*ça, considerasse, também, que o mesmo diminui o seu percurso, portanto sua amplitude, ela poderia pressupor que esses dois eventos se compensassem. Na ida, por não ter ainda *perdido* força, o pêndulo se deslocaria de um percurso maior e mais ra

pidamente; na volta, ao *perder força* se deslocaria de um percurso menor, porém, mais vagorosamente. Admitindo essa compensação, ela poderia admitir igualmente a identidade dos tempos de ida e volta do pêndulo, em termos de uma relação velocidade - espaço percorrido. O que necessariamente revelaria que ela estava associando um movimento (o de ida) ao contexto do movimento pendular ("ida e volta"), não o considerando isoladamente, isto é, sem o contexto do seu movimento natural.

Outra alternativa seria admitir que ao *perder força*, na volta, o pêndulo se deslocasse mais vagorosamente num percurso menor, devido à diminuição de amplitude, de tal maneira que a relação entre a extensão desse percurso e a rapidez de deslocamento proporcionasse um intervalo de tempo menor do que o tempo transcorrido durante a primeira metade da oscilação. Dessa maneira, ela também estaria considerando uma relação de compensação entre os fatores em jogo, já que o simples fato do pêndulo *voltar mais devagar* não implicaria obrigatoriamente em inferir que o tempo, nesse caso, seria maior do que o tempo de ida, pois haveria necessidade de avaliar a extensão do percurso em que o fenômeno ocorreu. Assim, poderia admitir que à medida que a amplitude diminuísse, o tempo transcorrido em cada oscilação, ou período, também diminuiria. Essa conduta, segundo os elementos em disposição, deveria envolver três fatores: a *força*, uma propriedade atribuída pela CATE ao pêndulo em movimento (ou ao seu peso), o tempo, no caso, atribuído ao percurso de meia-oscilação, e esse percurso propriamente dito. Entretanto, como vimos, ela considerou apenas os fatores *força* e tempo, na sua argumentação, negando o fator percurso ou amplitude correspondente, apesar de observar a sua variação a partir do pêndulo exposto.

Levando em consideração apenas esses dois fatores ela só admitiu uma alternativa, que não coincide com nenhuma das anteriormente apontadas, ou seja, ao *perder força* o pêndulo vem mais devagar, portanto, na volta, o tempo transcorrido é maior, o que implicaria em admitir que o período aumenta à medida que diminui a amplitude.

Negando o fator amplitude, bastaria garantir que o pêndulo não "perdesse força" para que ele não "voltasse mais devagar". Para isso, foi suficiente a escolha do pêndulo *mais pesado* e, assim, estaria anulando o fator *perda de força*, responsável pela variação do tempo de oscilação.

Contudo, o que levaria a aluna CATE a pressupor que um pêndulo de maior massa (mais pesado) não "perderia força", o que corresponderia a não diminuir a amplitude de oscilação? E com respeito à relação entre *perder força* e *andar mais devagar*? Além disso, haveria alguma procedência de caráter físico nas suas considerações?

Com o propósito de verificar isso experimentalmente com o mesmo material que os alunos tinham à disposição, comparamos as variações de amplitudes de dois pêndulos constituídos por frascos de mesmo tamanho, sendo que o primeiro foi aquele utilizado pelo GRUPO 1, contendo chumbo granulado com massa de 121,7g e, o segundo, vazio, com massa de 22g. Para efetuar as medidas adotamos o mesmo comprimento para o fio do pêndulo constante nos dados desse grupo: 32,5cm. Soltamos os pêndulos das mesmas posições de largada escolhidas pela aluna CATE (40°, 30°, 20° e 10°), correspondentes às amplitudes de 50°, 60°, 70° e 80° (respectivamente) e contamos o número de oscilações aproximado a fim de que cada um deles, a partir dessas diferentes posições, apresentasse uma diminuição de amplitude de 10°. Com esses procedimentos, obtivemos os seguintes dados:

Variação de Altura (Aproximada) (cm)	Variação de Amplitude (10°)	Frasco contendo chumbo granulado (121,7)	Frasco vazio (22g)
		n° aproximado de oscilações	n° aproximado de oscilações
4,4	50° - 40°	28 a 30	6 a 7
5,1	60° - 50°	17 a 18	4 a 5
5,6	70° - 60°	13 a 15	3 a 4
6,0	80° - 70°	7 a 9	1 a 2

Esses dados nos revelam que para apresentar uma mesma variação de amplitude (ou altura), o frasco de maior massa necessita sempre de um número superior de oscilações. Inversamente, para cada oscilação, em média, a diminuição de amplitude (ou altura) é maior para o pêndulo de menor massa.

Como podemos ver, realmente, o valor do peso do pêndulo afeta a grandeza da variação da sua amplitude durante o seu movimento. Isto significa que a suposição da aluna CATE tem procedência, embora sempre exista uma variação na amplitude do pêndulo, nas condições em que as atividades se desenvolveram.

por menor que seja.

Foi, contudo, essa suposição, ainda que destituída de uma explicação física, que a conduziu à escolha do pêndulo "mais pesado", ou seja, aquele que não iria *parar com tanta facilidade*, ou, mais, que não iria *perder força* durante o seu movimento e, conseqüentemente, não *viria mais devagar*.

Admitindo, portanto, que o pêndulo não iria *perder força* a CATE estaria garantindo que o tempo transcorrido durante a "ida" de uma oscilação seria igual ao tempo correspondente durante a "volta". Nas sucessivas oscilações o processo se repetiria e o período seria constante em cada oscilação completa.

Tendo em vista que, nas suas suposições, ela considerou, como vimos, apenas os fatores "perda de força" (posteriormente anulado pela escolha do pêndulo de maior massa) e tempo, desprezando o fator percurso do pêndulo, durante o seu movimento, a constância do período não dependeria deste último fator.

Desta maneira, qualquer que fosse a posição de largada do pêndulo, sua "força" não iria ser "perdida", já que esta estaria assegurada pelo seu peso. Não havendo "perda de força", não haveria variação no tempo de oscilação. Logo, para qualquer amplitude, o período do pêndulo deveria ser o mesmo, e o fator amplitude (ou altura, associado às diferentes posições de largada) não entraria nas suas considerações. Se entrasse, a CATE deveria considerar igualmente que quando esta aumentasse, o pêndulo teria um período menor e não igual, dentro da primeira possibilidade aventada, qual seja, a de que ao buscar sistematicamente, nas suas medidas, o valor de 6,0s para as cinco oscilações, ela já houvesse estabelecido antecipadamente que o período independe da posição de largada.

Já vimos que a aluna CATE negou o fator percurso, em meia oscilação, ao considerar que a *perda de força* acarretaria um aumento de tempo no movimento do pêndulo pois, ao "perde-la", ele *viria mais devagar*. Para aceitarmos agora a possibilidade dela ter antecipado a relação encontrada, é necessário averigüar, no conjunto de seus procedimentos, se de fato ela negou também o fator amplitude associado às diferentes posições de largada, por ela adotada, e em que medida a negação desse fator, se for o caso, tem a ver com a escolha do pêndulo.

Por outro lado, devemos assinalar que a negação do fator amplitude provinha da sua possível antecipação, mas não poderemos garantir que a recíproca seja verdadeira, uma vez que,

tal negação poderia implicar noutra possibilidade.

Poderíamos pensar, ainda, que tal antecipação independesse dessas conjecturas e que ela a tivesse estabelecido por simples opinião. Nesse caso, como explicar seu empenho em escolher cuidadosamente um frasco que estivesse de acordo com a justificativa por ela apresentada? De alguma maneira, essa escolha teria se relacionado com essa opinião, já que ela não foi casual. Assim, não seria uma "simples opinião" mas uma suposição marcada por uma intenção, o que resultaria uma antecipação.

Confirmando-se a negação da amplitude, diríamos que a adoção do frasco *mais pesado*, tendo como objetivo impedir a perda da força e a variação de tempo, levaria a CATE a pressupor que o período seria sempre o mesmo, para qualquer altura da qual o pêndulo fosse largado.

Um procedimento adotado por ela, que concordaria com a negação do fator amplitude (ou da sua variação), seria o da contagem de cinco oscilações para a medida do período a partir de cada posição de largada.

Vimos, pelos dados obtidos experimentalmente, que mesmo para o pêndulo adotado pelo GRUPO 1, com chumbo granulado, existe sempre uma variação na sua amplitude durante o seu movimento e que tal variação será tanto maior quanto maior for a altura ou amplitude inicial, após um mesmo número de oscilações.

Se nos permitirmos estabelecer uma relação proporcional, apenas para efeito ilustrativo, entre a diminuição da amplitude, em cinco oscilações, e a posição de largada, teremos, aproximadamente, as seguintes variações:

2° a partir da amplitude de 50° (posição de largada de 40°)

3° a partir da amplitude de 60° (posição de largada de 30°)

4° a partir da amplitude de 70° (posição de largada de 20°)

6° a partir da amplitude de 80° (posição de largada de 10°)

É possível que a CATE não tenha detectado as variações de 2° e 3° durante as cinco oscilações a partir das posições de largada de 40° e 30°, respectivamente. O fio do pêndu

lo, pelas características da haste, guarda uma distância de a proximadamente 3,0cm da escala do transferidor. O seu olho, durante as medidas, poderia estar afastado desse fio de, no mínimo, 2 0cm. Assim, pequenos deslocamentos de sua cabeça poderiam ter ocasionado diferentes leituras da posição do fio em relação à escala pelo efeito de paralaxe. Esse efeito tende a diminuir à medida que o observador se afasta do fio, mas aumenta a dificuldade da leitura da escala devido à distância.

Por esses motivos, avaliações de 2° ou 3° são difíceis de serem percebidas. Entretanto, nas variações de 4° e 6°, mesmo considerando o efeito de paralaxe, ainda que não possamos medi-las com precisão, dadas as limitações do material, podemos perceber mudanças de posição do fio correspondentes a essas alterações, desde que estejamos intencionados em avaliá-las.

Desta forma, a partir das posições de largada de 20° e 10° a aluna CATE poderia ter detectado variações na amplitude após cinco oscilações do pêndulo. Contudo, uma vez tendo admitido que o pêndulo não seria retardado, unicamente pelo fato de ter escolhido o frasco "mais pesado", essas variações, ainda que detectadas, não interfeririam no seu período, o que confirmaria a negação do fator amplitude e a pressuposição de que a correlação entre essas variáveis é nula.

Contudo, essa nossa suposição seria contraditória na medida em que a "perda da força" já havia sido avaliada pela CATE a partir da diminuição da amplitude do pêndulo que expusemos a fim de ilustrar nossas explanações no início das atividades. Assim, se mesmo detectando a variação da amplitude durante as cinco oscilações contadas ela a estivesse negando, não seria por ter adotado o frasco "mais pesado", mas por outras razões.

Por outro lado, se admitimos que ela negou o fa-
tor amplitude ao perceber sua variação, por insistir em encontrar uma mesma medida (6,0s) para o tempo transcorrido durante as cinco oscilações, devemos averiguar até que ponto tal negação tem a ver com a antecipação aventada por nós. Se houve uma predeterminação de que o período independe da amplitude, não devemos ter dúvidas de que ela, como consequência, negou o fator amplitude. Se, no entanto, partirmos da proposição de que ela negou a amplitude, nada nos garante que ela tenha predeterminado tal relação.

Todavia, é possível que ela não tenha sequer se preocupado em averiguar se a amplitude do pêndulo variou ou não, durante as cinco oscilações adotadas. Apenas pressupôs que, uma vez tendo escolhido um frasco *pesado*, este não mudaria o seu período qualquer que fosse a posição (altura) de onde fosse largado, não havendo necessidade de se importar com a sua amplitude já que a invariância desta estaria igualmente garantida pelo peso do pêndulo.

Seguindo-se essa alternativa, dentro do procedimento da contagem de cinco oscilações, teríamos que convir que a aluna CATE negou, também por antecipação, o fator amplitude. De acordo com o que expusemos, essa negação implicaria em aceitar a primeira possibilidade aventada, isto é, que ela tenha estabelecido, antes das medidas, que o período do pêndulo não se altera com a variação da amplitude visto que o fator em questão nem estaria sendo considerado. Assim, a insistência em encontrar os 6,0s para as cinco oscilações, a partir das diferentes posições de largada, se justificaria pela certeza de que o período não variaria, uma vez que o tempo seria um fator controlado pelo fato de ter adotado o pêndulo "mais pesado".

Em contrapartida, aceitar essa alternativa significa aceitar também que a CATE admitia que o seu pêndulo jamais pararia, dadas as suas características advindas do critério de escolha. Se ela, de fato, estivesse pressupondo que durante as cinco oscilações o pêndulo não *perderia força*, isso deveria valer para dez, vinte, trinta ou quantas oscilações ela quisesse. Poderia então ter adotado o procedimento de contar mais oscilações ao invés de apenas cinco, já que, no seu relatório, tentou justificar que quanto maior o número de oscilações contadas menor seria o erro de medida. Por que não o fez?

Na verdade, era sabido por constatações experimentais, que o pêndulo não só variava sua amplitude, no decorrer de suas sucessivas oscilações, como também, num momento ou outro, ele parava. Talvez a CATE não assumisse esse fenômeno como uma tendência, admitindo que o seu pêndulo não variasse a amplitude nas cinco primeiras oscilações, mas passasse a fazê-lo a partir das oscilações seguintes. Em sendo assim, por que ela não adotou o procedimento da contagem de várias oscilações, ou das cinco, desde o início?

Lembremos que o procedimento da contagem de cinco oscilações para a medida do período partiu, como sugestão nossa, da limitação apresentada, principalmente pela CATE em medir o tempo de uma única oscilação do pêndulo. Como alegou, o tempo era *muito rápido* e não dava para medir. Isto quer dizer que o modelo de procedimento que as componentes do GRUPO 1 tinham em mente, para a medida do período, antes de dar início à ATIVIDADE 1, era o da contagem de uma única oscilação. Chamamos de modelo de procedimento por coincidir com o procedimento implícito nas nossas explanações, a propósito do termo duvidoso "período de oscilação": tempo correspondente a uma oscilação completa, ou seja, "uma ida" e "uma volta". Daí, a apresentação da dificuldade em contar uma única oscilação.

Realmente — considerando-se o comprimento do fio do pêndulo adotado por esse grupo (32,5cm) — a técnica utilizada para assinalar o início e término da marcação do tempo, envolvendo o movimento do ponteiro nesses instantes, associada ao procedimento da contagem de uma única oscilação, agrupa um conjunto de fatores que acabam por limitar nossa capacidade de avaliação dessa medida. No caso específico, seria difícil para a aluna CATE avaliar se o período do seu pêndulo era 1,0s, 1,5s, 2,0s ou até maior, dadas as condições disponíveis.

Deste modo, devemos associar a escolha do pêndulo *mais pesado* , não mais ao procedimento da contagem de cinco oscilações, mas, sim, ao da contagem de uma única, pois, no momento de tal escolha, prevalecia essa percepção do que era para ser feito.

Mesmo a mudança da posição de largada, para averiguar se o período do pêndulo variaria com a amplitude de oscilação, foi um procedimento distante dessa escolha. Somente depois de superar uma série de dificuldades relativas à técnica de medida do período, foi que a aluna CATE preocupou-se em variar a posição de largada. Aliás, podemos confirmar isso pela própria seqüência dos seus procedimentos. Inicialmente, determinou o período do pêndulo a partir da posição de largada de 40°, depois repetiu essa medida para, em seguida, tomar as de mais posições. No seu Relatório de Atividades, inclusive, ela distingue dois momentos dos seus procedimentos associando-os a duas conclusões tiradas, sendo que a primeira refere-se à "justificativa" da contagem de cinco oscilações ao invés de uma, e a segunda expressa a relação encontrada entre o período e a amplitude. A aluna SILA escreve de outra forma, mas querendo ex

pressar essa mesma separação. No item *Como fizemos*, do seu Relatório de Atividades, após descrever os procedimentos adotados para a medida do período, a partir da posição de largada de 40° , ela afirma: *Desta forma aumentamos a amplitude e resolvemos toda a questão.* O que corresponderia ao segundo momento dos seus procedimentos. Se observarmos as formas como foram apresentados os dados do GRUPO 1, podemos entender a razão da posição de largada de 40° comparecer em separado a um conjunto de outras posições que, inclusive, a contém.

Ora, se a escolha do frasco contendo chumbo granulado estava associada à contagem de uma única oscilação, seria possível admitirmos que, de fato, a CATE tivesse pressuposto que a tempo correspondente a essa oscilação fosse o mesmo para qualquer posição de largada, já que, como vimos, nas suas considerações acerca da pergunta da aluna MAIDE (GRUPO 6) ela negou o fator percurso, considerando apenas os fatores "força" (do pêndulo) e tempo. Isso tudo, desde que admitíssemos que no momento da escolha ela já tivesse em mente a necessidade ou a possibilidade de mudar a posição de largada para fazer a ATIVIDADE 1. Em outras palavras, desde que admitíssemos que nesse momento ela já tivesse incorporado a amplitude como uma variável dessa atividade. Fato pouco provável de ter ocorrido, não só por terem posteriormente dividido a ATIVIDADE 1 em duas partes, como também porque tal conduta implicaria em ter dela uma visão de totalidade. Essa visão, pelo encaminhamento que demos ao trabalho, só seria possível, nesse momento, por intermédio de uma interpretação correta do texto contido na Folha de Atividades, coisa que os alunos não fizeram por estarem ainda envolvidos na escolha do material ou nas primeiras tentativas experimentais.

Embora estejamos aceitando que a CATE tenha negado o fator percurso durante uma oscilação, não podemos aceitar, entretanto, que ela tinha negado o fator amplitude relativa às diferentes posições de largada por garantir que o pêndulo não perderia *força* devido ao seu peso, pelos motivos já apresentados.

A variação da amplitude não se passou para a CATE como um fenômeno despercebido a partir da contagem de cinco oscilações. Todavia, se ela a negou, como decorrência da negação do fator amplitude, não foi mais por acreditar ter garanti

do a invariância do período em função do peso do pêndulo. Já vimos que essa negação, associada à escolha do pêndulo, acarretaria contradições que envolveriam suas próprias pressuposições e a levaria a fazer novos ajustes às suas condutas, conduzindo a a reconsiderar ou transformar sua antecipação.

Mas se houve uma negação do fator amplitude ou da sua variação, a partir da contagem de cinco oscilações, podemos relacioná-la a uma certa antecipação ou predeterminação da relação que ela disse ter *descoberto*?

Antes de responder a essa pergunta, procuraremos verificar a possibilidade dela não ter negado o fator amplitude durante a contagem das cinco oscilações, por considerar que o período fosse um tempo médio entre os tempos dessas oscilações com amplitudes diferentes entre si. Assim, ela poderia estar admitindo, ao longo dos seus procedimentos, que com a variação da amplitude o período também varia, mas ao tomar o tempo de cinco oscilações e dividi-lo por cinco, ela estaria supondo encontrar o valor médio entre os tempos referentes a cada oscilação ou a cada meia-oscilação. Quando percebeu que, mesmo para diferentes posições de largada, conseguia valores próximos a 6,0s para as cinco oscilações, verificou também que, na média, os períodos eram iguais. Logo, o período não se alteraria com a posição de largada, o que a levaria à sua conclusão: *o período não muda quando se muda o ângulo de oscilação*.

Como decorrência dessa suposição por parte da CATE, considerar que a quinta parte do tempo transcorrido durante as cinco oscilações corresponde a um valor médio do período dentro de uma faixa de variação de amplitude do pêndulo, equivaleria para ela admitir uma certa compensação entre as diferenças de tempo relativo a cada uma dessas oscilações?

Na verdade, o procedimento da contagem de cinco oscilações não aparece como uma necessidade de compensar essas diferenças, mas como uma necessidade de superar a dificuldade de avaliar o tempo de uma única oscilação. Na oportunidade justificamos que o erro inevitável, associado à técnica de medida, seria distribuído pelas várias oscilações contadas. Isso equivale dizer que, ao aumentarmos o número de oscilações, diminuímos o erro relativo ao valor médio do tempo (período) correspondente a cada oscilação, dentro de uma faixa de amplitude.

Compreender essa compensação é o mesmo que compreender que a relação entre o erro inevitável e o número de oscilações contadas, seria tanto menor quanto maior o número dessas oscilações, dentro dos limites que comporta o fenômeno.

O mesmo deveria ocorrer com o caso da senhora lograda pelo proprietário da loja onde teria ido comprar uma certa metragem de tecido, guardadas as devidas diferenças e semelhanças com o caso do pêndulo. Quanto maior a metragem a comprar, para uma mesma diferença, o logro seria menor por metro.

Contudo não parece ter sido dessa forma que a CATE captou a justificativa para a contagem das cinco oscilações. Vejamos o que ela escreve sobre isso no seu Relatório de Atividades:

"Iniciamos, calculando uma oscilação, cronometrando no relógio, mas não dava um resultado concreto; aí partimos do seguinte exemplo: se uma senhora vai comprar 10cm de fazenda e o vendedor, conta 9cm, esse 1cm que falta não fará diferença; mas se uma Sra. comprar 10m de fazenda e se vier 9m esse 1 metro fará falta. Então calculamos as oscilações baseando-nos nesse exemplo. Ao invés de contar-mos uma oscilação, e marcar o tempo gasto, contamos 5 oscilações e o tempo que o pêndulo levou para dá-las dividimos por 5".

Podemos notar que nos dois casos envolvidos no exemplo relatado pela CATE, a relação entre o logro ("erro") e a metragem (número de oscilações) é a mesma (1 para 10), o que não justificaria a contagem de cinco oscilações.

Observa-se, ainda, que ela não procurou estabelecer uma relação de proporcionalidade entre o logro e a metragem comprada, mas, sim, entre o logro e a "diferença ou a falta" que este fazia, dependendo da sua dimensão. Mesmo que admitamos uma tematização para o assunto em questão, podemos concluir que 1cm faz tanta falta para quem vai comprar 10cm, quanto 1m para quem vai comprar 10m.

Justificando, portanto, da forma como justificou o procedimento de medir o tempo relativo a cinco oscilações, a CATE deu mostras não só de não ter buscado uma compensação para o erro inevitável nas medidas, como já comentamos, mas, também, de não conceber tal procedimento em termos de uma compensação entre as diferenças de período ocasionadas pela variação

da amplitude na suposta obtenção do valor médio. De maneira que esse procedimento adotado se assemelha mais a um fazer sugerido por nós do que a uma compensação das relações nele implícitas. Assim, não podemos tomá-lo como uma razão para que a CATE não tenha negado o fator amplitude.

Essas considerações, por outro lado, reforçam a idéia de que, durante os seus procedimentos, dada a conduta de insistir em encontrar um valor fixo para as cinco oscilações, ela tenha, de fato, negado o fator amplitude ou a sua variação.

Já nos perguntamos se essa negação poderia estar relacionada a uma certa antecipação da invariância do período. Entretanto, antes de retomar tal questão gostaríamos de aventar uma segunda possibilidade.

Iniciamos a análise procurando as razões que levariam a CATE a desprezar os valores das medidas de tempo que não correspondiam aos 6,0s, para as cinco oscilações contadas. Estabelecemos então uma primeira possibilidade, ou seja, de que ela tivesse estabelecido que o período não variava com a amplitude. Vimos, por outro lado, que temos elementos para acreditar que ela negou o fator amplitude durante a contagem de cinco oscilações, mas esse fato isolado não nos leva a concluir que ela tenha antecipado a relação em questão. Por esse motivo, achamos necessário, aqui, verificar essa segunda possibilidade, qual seja, a de que ela não tenha, realmente, estabelecido a relação entre o período e a amplitude apresentada na sua conclusão, mas, sim, a de que ela a tenha descoberto durante as suas medidas. Nesse caso, estaríamos tentando relacionar a negação do fator amplitude, ou da sua variação, a uma descoberta de que o período não depende desse fator.

Como se daria, então, essa descoberta?

Visto que ela não considerou valores médios para os tempos referentes a cada uma das cinco oscilações, negando, por tanto, a variação da amplitude, ela só poderia ter descoberto a invariância do período desde que obtivesse sempre o mesmo valor, para essa variável, nas diferentes posições de largada, sem que, para tanto, fizesse ajustes no processo de medidas. Todavia, sabemos que para cada posição de largada ela repetiu as medidas com o intuito de obter 6,0s, nas cinco oscilações contadas, isto é, ela promoveu ajustes para conseguir o valor desejado e o fez desde a posição de 40°. Promovendo ajustes,

estava, de alguma maneira, determinando a relação em questão, o que não nos leva a dar a esse procedimento o caráter de *descoberta*, mas o de intuí-la, já que os valores encontrados se situam próximos a ele.

Isso nos recoloca frente à possibilidade de relacionar a negação do fator amplitude com uma certa predeterminação da invariância do período, o que nos permite, agora, tentar responder à pergunta a propósito dessa relação. Para tanto, precisamos averiguar se nos demais procedimentos da aluna CATE podemos depreender uma negação do fator amplitude, ou da sua variação, e se, ainda, essa negação advém de uma certa antecipação ou predeterminação.

Confirmando-se essa possibilidade aumentam as chances da predeterminação em questão. Dessa forma, poderemos compreender melhor seu mecanismo e as razões que levaram a CATE a estabelecê-la.

Dos procedimentos analisados resta-nos considerar aqueles afeitos aos valores adotados por ela, para as diferentes posições de largada desde a de 40° .

Quanto ao procedimento em si nada podemos afirmar, mas se imaginarmos que ele foi antecedido por uma predeterminação da invariância do período, a CATE poderia estar se valendo do mesmo para compensar uma possível variação do tempo devido à diminuição de amplitude do pêndulo durante as cinco oscilações.

Podemos pensar que, ao adotar posições de largada acima de 40° a CATE poderia estar querendo compensar a *perda de força* do pêndulo devido à sua diminuição de amplitude ao longo das cinco oscilações. Fato bastante provável, uma vez que a variação da amplitude do pêndulo foi sempre atribuída pelos alunos à sua *perda de força*.

Mas, qual seria a razão dela querer compensar essa "perda de força"? Se a sua tarefa era a de medir o período do pêndulo, adotando o procedimento de contar cinco oscilações, sua medida deveria incluir também a variação da amplitude. Por querer compensá-la ela a estaria negando já que tentava medir um fenômeno sem admitir suas características inevitáveis.

Vemos pois que a negação do fator amplitude detectado por intermédio dos seus procedimentos, é sempre uma con

seqüência de uma predeterminação de que o período seria o mesmo para qualquer posição de largada.

Temos tentado explicar essa predeterminação considerando sempre uma possível compreensão da CATE sobre o fenômeno em estudo, compreensão essa que estivesse envolvida nos seus procedimentos, mas só conseguimos isso antes da introdução da contagem de cinco oscilações para a medida do período.

Contudo podemos pensar que sua antecipação não esteja relacionada com uma compreensão desse fenômeno, como temos pretendido. Isto é, as razões que levaram a CATE a desprezar os valores de tempo para as cinco oscilações, que não coincidissem com os 6,0s, talvez não advenham de outros motivos se não da própria insistência em obter esse valor. Por quê?

Ora, todas as medidas comportam erros e disso a CATE mostrou estar ciente. Mas, repetir as medidas para obter um valor desejado é o mesmo que negar esse erro.

Ao desprezar os valores que não coincidiam exatamente com 6,0s ela supunha ter errado. Daí repetir a medida para obter o valor desejado. Para ela o erro de medida não era inevitável como sendo um produto da interação entre o experimentador, os instrumentos de medida e o fenômeno a ser medido. Ao contrário disso, ela demonstrou ter admitido que o erro era somente do experimentador e que, através de algumas tentativas ele consegue obter o valor correto. E qual era esse valor correto para a CATE? O número inteiro de segundos mais próximo dos valores medidos e tomados como errados.

Por outro lado, se a sua antecipação de que o período independe da amplitude condicionasse suas medidas, ao obter valores próximos a 6,0s, a partir do instante em que passou a *variar a amplitude*, ela poderia supor que pequenas diferenças adviessem de erros fortuitos. Assim, pequenas diferenças nos valores encontrados não justificariam a negação da sua pressuposição. Não haveria, portanto, necessidade de repetir várias vezes as medidas até encontrar, eventualmente, aquele que foi tomado como verdadeiro. Insistindo no valor 6,0s, no entanto, ela demonstrou estar mais interessada em obter um valor absoluto para as suas medidas do que considerar tais erros.

Portanto, o que explica sua antecipação, a partir do segundo momento dos seus procedimentos, não é uma interpretação ou compreensão do fenômeno em estudo, tendo em vista o

controle da variável amplitude, mas um absolutismo no sentido de não admitir valores de tempo para as cinco oscilações que se diferenciavam de um valor inteiro, ou seja, 6,0s.

Dessa maneira, a CATE não só negou o erro inevitável das medidas, como também o fator amplitude, o qual não chegou a ser variável dentro dos seus procedimentos.

Adotando esse procedimento de insistir em obter um valor inteiro ela chegaria à conclusão de que o período independe da amplitude para qualquer comprimento do pêndulo. Por que, então, ela não teria apresentado os valores do período para um outro comprimento conforme havíamos solicitado ao GRUPO 1 após ela ter apresentado sua conclusão? Depois das suas primeiras medidas, a CATE se mostrou bastante empenhada em manifestar que ela estava correta. Novos dados apenas iriam reforçar a sua conclusão. Por que ela não os teria apresentado? Porque, na verdade, com o novo comprimento, que era praticamente o dobro do anterior, ela já não conseguia sequer valores próximos de 6,0s para as cinco oscilações, fato que ela não soube explicar por se conflitar com sua predeterminação. Assim, preferiu não apresentá-lo, pois pretendia manter a veracidade da sua conclusão anterior. Por esse motivo, ela negou, também, aí, o fator comprimento. Novamente se observa uma não tentativa de contextualização de informações e, conseqüentemente, a busca do relativismo.

* * *

Em resumo. Os procedimentos essenciais do GRUPO 1, ao desenvolver a ATIVIDADE 1, partiram basicamente da aluna CATE, embora as alunas MARGOM e SILA tenham participado das medidas necessárias. Desses procedimentos, procuramos investigar as razões que poderiam levar a CATE a insistir em encontrar, nas medidas, o valor 6,0s, e só ele, para as cinco oscilações do pêndulo. Imaginamos, inicialmente, que tal conduta procedesse de uma antecipação associada a uma invariância do período para diferentes amplitudes ou posições de largada. Além disso, procuramos investigar se tal antecipação adviria de uma interpretação dos fenômenos envolvidos no movimento do pêndulo. A partir daí, pudemos mostrar não só as alternativas possíveis que a levariam a antecipar tal relação, como também, que essa só

seria possível desde que anulasse de alguma maneira, o fator amplitude, mas que a recíproca não seria, obrigatoriamente, verdadeira. Por essa mesma conduta, eliminamos a possibilidade de uma "descoberta" da sua conclusão apresentada. Todavia, não nos foi possível relacionar em termos causais, e, através do conjunto dos seus procedimentos, uma antecipação desse tipo a uma suposta interpretação do fenômeno em estudo, a não ser en quanto havia a pretensão da contagem de uma única oscilação. Com a introdução da contagem de cinco oscilações, seus procedi-
mentossó nos levaram a concluir haver uma forte relação entre uma predeterminação da invariância do período com a negação do fator amplitude ou da sua variação. Apesar disso, essa forte relação não explicava, ainda, os mecanismos possíveis de uma certa antecipação. Viemos, no entanto, encontrá-la buscando compreender a própria insistência em obter esse valor, insis-
tência essa advinda do fato da CATE admitir que o produto de uma medida deve ser um número inteiro. Não compreendendo, por tanto, que uma medida, adicionada ao seu erro (inevitável), nos fornece um valor relativo a um conjunto de fatores em jogo e não um valor absoluto, no caso, concebido como um número intei-
ro (6,0s).

Portanto, a aluna CATE negou o fator erro. Da mes-
ma forma que negou o fator percurso, associado a uma oscilação do pêndulo por achar que o seu peso o impediria de *perder for-
ça*, negou, igualmente, o fator amplitude e a sua variação, se-
ja por ter negado o fator erro, da maneira como o fez, seja pe-
las possíveis razões dadas aos seus procedimentos, quando rela-
cionados à sua insistência. Por isso, a amplitude, no desen-
volvimento da ATIVIDADE 1, não chegou a ser considerada como
variável, de onde podemos concluir que os procedimentos adota-
dos pela CATE, ao medir o período do pêndulo, caracteriza-se
mais como um simples "conseguir fazer" (as medidas) do que um
compreender as relações entre essas e o fenômeno em estudo.

É, pois, bastante evidente que sua forma de contro-
lar variáveis é negando-as, não procurando, assim, relacioná-
las com o conjunto de fatos e, conseqüentemente, buscando for-
mas de, nesse conjunto, neutralizar seus efeitos. Portanto, ter
condições de interpretar e planejar um sistema de provas coe-
rentes, do ponto de vista lógico. É o que requeria a medida
do período do pêndulo tendo em vista a interferência da varia-
ção da amplitude sobre esse fator.

b) - "aceitação" da medida relativa e a rejeição de dados "incompatíveis"

O GRUPO 4, composto pelo aluno RÊNIO e as alunas ARIÊ e NATI, apresentou as características gerais referentes a este item no desenvolvimento da ATIVIDADE 2 - Escolha uma posição de largada e um comprimento para o pêndulo. Varie a massa do pêndulo, medindo para cada uma o período de oscilação. Mantenha sempre o mesmo comprimento e a mesma posição de largada.

Podemos dizer que para esse grupo as principais decisões acerca dos procedimentos adotados foram tomadas em conjunto, embora o aluno RÊNIO possa ser apontado como o "portavoz" para nos apresentar as dúvidas e limitações encontradas.

A realização das atividades para o GRUPO 4 abrangeu o tempo regular a ela destinado: 50 minutos referentes ao 1º DIA DE ATIVIDADES e 100 minutos ao 2º DIA DE ATIVIDADES.

Como o GRUPO 1, veremos que os componentes do GRUPO 4, tenderam a aceitar a medida relativa para o período do pêndulo. Porém, ao invés de predeterminarem uma relação para os fatores, chegam a estabelecê-la a partir de alguns dados obtidos. Mas, a partir daí, passam a rejeitar os valores aparentemente incompatíveis.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

Escolhida a ATIVIDADE 2 para ser desenvolvida, ao invés da ATIVIDADE 1, conforme nossa proposta inicial, os componentes do GRUPO 4, de posse da haste suporte, montaram adequadamente um dos dois pêndulos escolhidos pelo aluno RÊNIO e logo deram início às primeiras tentativas experimentais. Contudo, como nos demais grupos, apoiaram a haste suporte na mesa de uma de suas carteiras, adotaram um comprimento relativamente pequeno para o pêndulo (15 a 20cm) e manipularam-no sentados nas cadeiras.

Com essa montagem tentavam fazer algumas medidas de tempo relativo a uma oscilação do pêndulo, mas demonstravam dificuldade em se organizarem para tanto. Ora o aluno RÊNIO procurava medir o tempo sozinho enquanto suas colegas apenas o observavam, ora os três estavam medindo o tempo; às vezes tentavam medir o tempo com o pêndulo já em movimento; não sistematizavam a posição de largada e não se mostravam satisfeitos com os resultados que obtinham.

Assim, de maneira espontânea, sugerimos que adotassem comprimentos maiores para o Pêndulo, bem como que passassem a observá-lo de posições mais favoráveis, de preferência sentados no chão. Além disso, fizemos algumas sugestões gerais acerca da organização entre eles a fim de procederem às medidas de tempo.

Atendendo às nossas sugestões, tentaram fazer mais algumas medidas de tempo relativas a uma única oscilação do pêndulo, agora de forma mais organizada, porém ainda sem a sistematização da posição de largada e do registro de dados.

Disponham, então, de dois frascos dos pequenos com massas diferentes (30g e 51,45g), quando perguntaram à professora se dois pesos eram suficientes para as suas medidas. A professora lhes disse que deveriam usar mais do que dois pêndulos, inclusive, com massas superiores e inferiores àquelas já escolhidas.

Logo em seguida, o aluno RÊNIO nos procurou para perguntar se poderiam usar pêndulos de *tamanhos diferentes*. Justificava sua pergunta diante da alegação de que não havia frascos de mesmo tamanho que atendessem à solicitação da professora.

Incentivamos essa iniciativa acrescentando que poderiam trabalhar com frascos de mesma massa e tamanhos diferentes, para verificarem se o volume do pêndulo influiria, de alguma maneira, em seu período. Referimo-nos aos dois frascos de massa 82,2g sendo um pequeno e um grande.

Como resultado desse contato o aluno RÊNIO escolheu mais um frasco dos grandes, o de massa 163,55g.

Com os três pêndulos adquiridos, voltaram às medidas de tempo. Trabalhavam, então, ainda com o pêndulo de massa 30g.

Algum tempo depois, quando estávamos atendendo a uma solicitação dos componentes do GRUPO 6, que na oportunidade alegavam *não poder medir o período*, visto que a amplitude do pêndulo variava, os alunos do GRUPO 4 se aproximaram e referiram-se à mesma limitação. Perguntamos qual a posição de largada que estavam adotando. Responderam-nos que largavam o pêndulo *de cima*, ou seja, de uma amplitude inicial de 80° a 90°.

Sugerimos aos componentes dos dois grupos que verificassem se a variação da amplitude do pêndulo era maior ou menor dependendo da posição em que o mesmo era solto. Aceitaram a nossa sugestão e voltaram às atividades.

Mais tarde, ao final da aula correspondente a esse dia, os componentes do GRUPO 4 estavam fazendo medidas de tempo para uma oscilação do pêndulo procurando adotar uma posição de largada de aproximadamente 20° a 30°. Nesse dia, porém, não chegaram a fazer nenhum registro de tempo ou outra medida qualquer. Procuravam, sobretudo, sincronizar os seus sinais e as leituras de tempo, pois ainda demonstravam dificuldade em se organizar para isso.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

No início da aula destinada ao segundo dia de atividades os componentes do GRUPO 4 pegaram os pêndulos que haviam separado na aula anterior, montaram um deles e voltaram a fazer as medidas de tempo relativas a uma oscilação.

Neste dia conseguiram apoiar uma das mesas de suas carteiras sobre outra de maneira a poderem trabalhar em pé ou sentados para observarem e manipularem o pêndulo. Conseqüentemente, puderam adotar comprimentos maiores para o mesmo. Além disso, adotaram posições de largada relativamente pequenas tal como estavam fazendo no final do primeiro dia de atividades.

Contudo, não conseguiam ainda, sincronizar seus sinais, o início e o término de cada oscilação do pêndulo, para a suas medidas de tempo. Ademais, reclamavam que o movimento do pêndulo era *muito rápido* para poder ser medido.

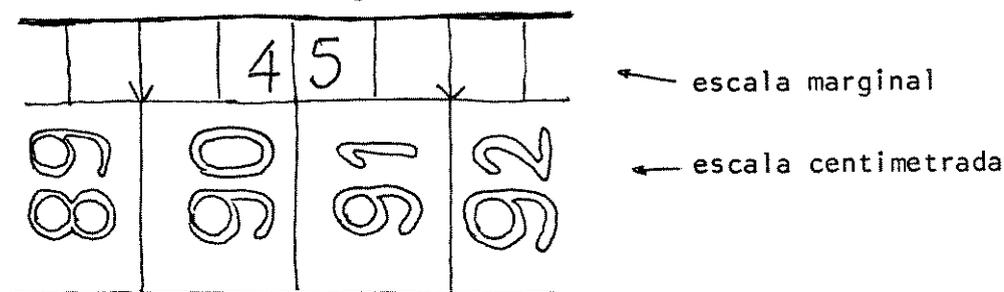
Proximamente a esse fato, devido às manifestações dos diferentes grupos acerca dessa limitação, comparamos os erros associados à medida de tempo de uma e de várias oscilações por intermédio da analogia que estabelecemos entre o caso do pêndulo e o caso do logro do tecido comprado por uma senhora, tal como já relatamos anteriormente.

Entretanto, os componentes do GRUPO 4 reagiram negativamente à sugestão implícita da contagem de várias oscilações, porque a amplitude de oscilação variava. Voltamos a perguntar se ela variava tanto para amplitudes iniciais grandes quanto para amplitudes iniciais pequenas. Responderam que *variava de qualquer jeito*. Mesmo assim, sem estarem convencidos de fazerem o melhor, adotaram o procedimento da contagem de cinco oscilações e voltaram às suas medidas.

Conseguiram, por fim, coletar os dados relativos aos três pêndulos escolhidos.

O comprimento que procuraram adotar para o fio de cada pêndulo era de 90cm. Este era avaliado pela aluna ARIÊ. Porém, os seus registros assinalam 45cm para o "comprimento" ao invés dos 90cm.

A fita métrica utilizada pela ARIÊ para fazer essa medida, apresenta uma segunda escala à margem da escala centimetrada e a sua numeração é feita de dois em dois centímetros. Assim, ao lado do número 90 da escala centimetrada podemos ler 45 referente à escala marginal. Nas suas anotações, a aluna ARIÊ se reportou a essa segunda escala e não à escala original da fita métrica.



Por esse motivo, ao apresentar os seus dados o GRUPO 4 registrou o "comprimento" do fio do pêndulo como 45cm, quando, na realidade, referia-se a 90cm.

Quanto à posição de largada, adotou para os três pêndulos a amplitude inicial de 30°.

As medidas do tempo das cinco oscilações relativas a cada um dos pêndulos ficaram a cargo do aluno RÊNIO, que se utilizou, para isso, do seu relógio de pulso de ponteiros. Para auxiliá-lo, as alunas ARIÊ e NATI manipulavam o pêndulo marcando a amplitude e o número de oscilações.

Nessas condições obtiveram os dados que se seguem, apresentados aqui na forma como o fizeram por ocasião do PAINEL.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 4

MASSA	COMPRIMENTO	AMPLITUDE	PERÍODO DE OSC.
30	45cm	30°	(10) 2 seg.
51,45	45cm	30°	(11) 2,2 seg.
163,55	45cm	30°	(12) 2,4 seg.

Os valores que aparecem entre parêntesis, ao lado do valor do período de cada pêndulo, na coluna "PERÍODO DE OSC.", referem-se ao tempo relativo às cinco oscilações de cada um deles.

Após a obtenção desses dados desmontaram e devolveram o material. Mostraram então esses valores à professora, perguntando se estavam corretos. Havia chegado à conclusão de que *quanto maior a massa, maior o período*.

Frente a isso, a professora sugeriu que adotassem pêndulos com massas intermediárias àquelas escolhidas para verificarem se, de fato, a conclusão estava correta.

Atendendo à sugestão da professora escolheram mais dois pêndulos, montaram novamente o material e, adotando os mesmos procedimentos anteriores, registraram mais um dado relativo ao tempo de cinco oscilações. Trata-se do tempo de "8 seg." para as cinco oscilações do pêndulo de massa 82,2g que correspondia a um frasco dos grandes. No que se refere ao segundo pêndulo escolhido não chegaram sequer a montá-lo.

Entretanto, esse novo dado não foi apresentado juntamente com os demais. Só foi revelado posteriormente, durante o PAINEL, por solicitação da professora que sabia da sua existência, embora não tivesse ainda tomado conhecimento do seu valor.

Dos diferentes fatos ocorridos com o GRUPO 4 durante o desenvolvimento da ATIVIDADE 2, iniciaremos nossa análise pelo da escolha dos pêndulos.

Quando o aluno RÊNIO nos perguntou se poderiam trabalhar com pêndulos de tamanhos diferentes, incentivamos esse procedimento visto que teriam oportunidade de confrontar o movimento e o período de dois frascos com massas iguais e volumes diferentes. Referíamos-nos, na oportunidade, aos dois pêndulos de massa 82,2g, porém de volumes diferentes, dentre os frascos disponíveis.

Vimos no entanto, que ao invés de acatarem a nossa sugestão ou pelo menos apontarem uma dificuldade em levá-la a cabo — já que o frasco pequeno de 82,2g estava sendo usado pelo GRUPO 2 — passaram a escolher o de 163,55g, que não apresentava similaridade alguma com os demais.

Podemos pensar que essa escolha tenha sido consequência do fato dos alunos do GRUPO 4 estarem impossibilitados de outra alternativa, uma vez que, no momento, não se encontravam em disponibilidade frascos com massas superiores a 51,45g ou inferiores a 30g. Isso não é verdade. Além daqueles escolhidos pelos diferentes grupos no momento, encontravam-se à disposição ainda, frascos pequenos com as seguintes massas: 22,0g; 25,1g; 26,5g; 89,25g. O que significa que a escolha do frasco grande de 163,55g não se estabeleceu por uma necessidade oriunda da limitação do material disponível, mas de uma falta de disposição em verificar a possibilidade, realmente, de não variar o volume do pêndulo, acrescida da necessidade estabelecida pela professora de adotarem mais do que dois pêndulos

diferentes.

Podemos dizer que houve, de fato, uma preocupação inicial com a variação do volume do pêndulo, além do fator massa. Todavia, devemos nos perguntar até que ponto essa preocupação pode ser traduzida por uma compreensão de que, introduzindo um pêndulo com volume diferente dos demais, estariam variando dois fatores ao mesmo tempo na medida do período, procedimento que poderia impedi-los de estabelecer uma conclusão acerca das variáveis em jogo.

Considerando: que a escolha de um terceiro pêndulo adveio de uma sugestão externa ao grupo; que havia material disponível para, ao variarem a massa, não variarem obrigatoriamente o volume e que não houve uma manifestação, por parte dos componentes do GRUPO 4 — em particular, por parte do aluno RÊNIO, que inicialmente manifestou a preocupação com o volume — no sentido de mostrarem a impossibilidade de manterem a massa variando o volume, com os frascos de 82,2g, no momento, podemos depreender que a escolha do frasco grande de 163,55g atendeu tão somente à solicitação da professora para que adotassem mais um pêndulo de massa diferente.

Com esse procedimento introduziram a variável volume sem envolverem uma forma que pudesse controlá-la. Portanto, para o estudo do período do pêndulo, na escolha das massas, o GRUPO 4, a princípio, apresentou a variação de dois outros fatores: a massa e o volume. Isso nos indica que tal procedimento implica na negação do fator volume do pêndulo visto que apenas a massa deveria figurar como variável. Resta-nos averigüar se nos demais procedimentos o GRUPO 4 confirma essa negação.

Se tomarmos como válidas as quatro medidas de período obtidas por esse grupo e as agruparmos por intermédio do critério do volume do pêndulo, teremos uma mesma tendência dentro de cada uma das duplas desses dados. Vejamos:

<u>FRASCOS PEQUENOS</u>		<u>FRASCOS GRANDES</u>	
<u>Massa</u>	<u>Período</u>	<u>Massa</u>	<u>Período</u>
30g	2 seg.	82,2g	1,6 seg.
51,45g	2,2 seg.	163,55g	2,4 seg.

Como podemos notar, para os dois conjuntos de dados o período tende a aumentar com a massa. Esta poderia ser uma conclusão apresentada pelos alunos do GRUPO 4 se tomassem o fator volume como variável. Poderiam ainda, tomar novas medidas para novas massas dentro de um e outro conjunto, a fim de averiguar se a tendência se manteria.

Durante o PAINEL o aluno RÊNIO apontou o volume do pêndulo como possível responsável pelo desvio no valor de período advindo do frasco de 82,2g, mas deixou de incluir em suas considerações o fato de que na tendência primitiva, que não envolvia esse dado, figurava um frasco dos grandes.

A conclusão apresentada, ainda que de forma insegura, além de omitir o valor de 1,6 seg. para o período, mostrava um aumento do período com a massa, apesar de envolver em seus dados um frasco diferente dos demais. Portanto, também aí o fator volume foi negado, não chegando a figurar como variável dentro dos procedimentos do GRUPO 4, no desenvolvimento da ATIVIDADE 2.

Outra manifestação dos componentes desse grupo referiu-se à variação da amplitude do pêndulo durante o seu movimento. Inicialmente, como vimos, adotaram posições de largada correspondentes a amplitudes relativamente grandes. Com esse procedimento detectaram a variação da amplitude do pêndulo alegando que não dava para medir o período tendo em vista a presença desse fator. Em seguida, aceitaram nossa sugestão, tal como fizemos aos componentes do GRUPO 6, de verificarem se a variação da amplitude era maior ou menor dependendo da posição de largada. Passaram, então, a adotar uma posição de largada relativa a uma amplitude inicial de 30° , menor portanto, que as anteriores. Todavia, voltaram a apontar o problema da variação da amplitude a partir da nossa sugestão de contarem várias oscilações ao invés de uma, quando apresentaram a limitação associada à medida do tempo de uma única oscilação. Na oportunidade, alegaram não ser possível medir o período uma vez que a amplitude variava. No final, acabaram contando as cinco oscilações a partir da amplitude inicial de 30° , porém não estavam convencidos de que esse procedimento fosse o mais correto. Por quê?

A ATIVIDADE 2 apresenta uma característica peculiar quanto à relação entre a massa e a variação da amplitude. Já vimos que para um mesmo número de oscilações e a partir da posição de largada, pêndulos de massas menores apresentam variações de amplitudes maiores do que pêndulos de maiores massas. Sabemos, além disso, que o período de um pêndulo tende a diminuir com a sua amplitude de oscilação. Relacionando-se esses dois aspectos, não é difícil compreender que, para uma mesma posição de largada, os pêndulos de menores massas devam a apresentar períodos médios menores dentro de um mesmo número de oscilações.

No caso dos pêndulos escolhidos pelo GRUPO 4, após as cinco oscilações, pudemos detectar uma variação de cerca de 5° para o pêndulo de 30g, cerca de 2° para o pêndulo de 51,45g e cerca de 1° para o pêndulo de 163,55g. Essas variações de amplitude não afetariam o tempo dessas cinco oscilações a não ser na casa dos milésimos ou décimos de milésimos de segundos.

Podemos pois, pensar que a resistência apresentada pelos componentes do GRUPO 4 em adotar o procedimento da contagem de cinco oscilações, devido à variação da amplitude, tenha se originado ou, pelo menos poderia ter se originado, da relação entre esse fator e a massa do pêndulo. Contudo, para isso, deveriam ter comparado as variações da amplitude para os diferentes pêndulos, coisa que sequer chegaram a fazer, pois essa resistência precedeu as medidas de tempo efetuadas. Assim, depreendemos que o problema emergente no GRUPO 4, relacionado à variação da amplitude, se situou tão somente no confronto entre uma necessidade estabelecida de medir o período a partir de uma amplitude fixa, invariável portanto, e a realidade apresentada pelo fenômeno do movimento do pêndulo, de que a amplitude de fato varia.

Dessa forma, embora tenham efetuado as medidas a despeito da variação da amplitude, procuraram negar esse fator, não o aceitando como inerente ao fenômeno em estudo.

Quanto aos valores de tempo referentes às cinco oscilações do pêndulo obtidos pelo GRUPO 4 para os diferentes pêndulos, procuramos avaliá-los repetindo os procedimentos adotados pelos seus componentes, no sentido de averiguar a pertinência da tendência encontrada.

Tomamos os quatro pêndulos com comprimentos de 90cm, amplitude inicial de 30° e medimos o tempo relativo a cinco os cilações em cada um deles, primeiro com auxílio de um relógio de ponteiros—dos de pulso—e depois com um cronômetro com es cala, onde a menor divisão permitia-nos ler até 0,2 segundos. Em nenhum dos casos, no conjunto das medidas que efetuamos, ob tivemos valores de tempo para as cinco oscilações inferiores a 9,8 segundos ou superiores a 10,2 segundos, embora possamos ad mitir que dificuldades na técnica dessas medidas ampliem consi deravelmente essa faixa de erro.

Para as medidas de tempo obtidas pelo GRUPO 4, a faixa de variação encontrada foi de 2,0 segundos; 10 segundos para o pêndulo de 30g e 12 segundos para o pêndulo de 163,55g.

Poderíamos admitir que essa faixa de variação te- nha ocorrido devido à pouca habilidade demonstrada pelos alu- nos desse grupo em sincronizar os sinais adotados que os leva- riam às medidas a efetuar. Restaria saber, então, se a tendên cia encontrada foi casualmente advinda dessa falta de habilida- de ou se foi induzida, particularmente, pelo aluno RÊNIO que to mou as medidas de tempo. Sabemos que repetiam as medidas de tempo, mas não temos elementos para saber se, com isso, objeti vavam estabelecer a tendência indicada pelos seus dados. No entanto, temos elementos para afirmar que privilegiaram essa tendência tendo em vista o novo tempo obtido com o pêndulo de massa 82,2g que fugiu à regra estabelecida pelos dados anterio res.

Por outro lado, os tempos de 8,0 segundos e 12 se gundos para as cinco oscilações dos pêndulos de massas 82,2g e 163,55g, respectivamente, apresentam um desvio relativamente grande em relação ao valor mais provável, para que possamos a tribuí-lo tão somente à pouca habilidade dos alunos. Na verda de, não tivemos oportunidade de detectar condutas nas diferen- tes técnicas de medidas, que pudessem contribuir para um erro dessa magnitude. É isso nos leva a aventar uma outra possibili- dade: a de que ao montarem os diferentes pêndulos não tenham conseguido o mesmo comprimento de 90cm para todos. Todavia, se variaram o comprimento do pêndulo, não o fizeram voluntariamen- te no sentido de obter os valores de tempo encontrados, pois, para tanto, deveriam saber que o período aumenta com o aumento desse fator. Essa informação, até então, sequer havia sido

veiculada entre os alunos.

De qualquer maneira, ao omitirem o tempo relativo ao frasco de massa de 82,2g, não só negaram o fator volume do pêndulo, de acordo com os nossos comentários anteriores, como também predeterminaram, a partir daí, uma relação para o período e a massa do pêndulo. Por esse motivo, negaram o novo dado quando poderiam colocar em dúvida a tendência já estabelecida ou, pelo menos, tentar explicar o desvio fazendo novas verificações.

Podemos notar que mesmo depois do PAINEL, onde a tendência apresentada foi colocada em dúvida frente ao valor do período do pêndulo de massa 82,2g, os componentes do GRUPO 4 voltam a afirmar nos seus Relatórios de Atividades que, para esse grupo, o período aumenta com a massa. Vejamos o que escreve a aluna NATI:

Não deu os mesmos resultados da mesma atividade desenvolvida pelo outro grupo. Seria erros??? Pode até ser. Mas qual dos dois errados??? Não sei, mas eu acho que pode ser influenciado o modo de achar os resultados por isso pode ser que os dois até estejam certos. É o que eu acho.

As conclusões que chegamos foi: - Variando a massa (aumentando o peso) variou também o período de oscilação (aumentou de acordo com que o peso aumentava).

Eles contrariaram nossos resultados, pois como disse deu completamente ao contrário, ou melhor me explicando: enquanto a nossa aumentava a massa também aumentava o período, já o deles enquanto a massa aumentava o período diminuía. Contrariaram mas nem por isso pode estar errado, pode ter acontecido dos modos diferentes de se resolver, com medidas diferentes, principalmente um exemplo: o relógio.

Note-se que para a NATI, por exemplo, a dúvida sobre a conclusão apresentada pelo seu grupo não se encontrava na "incoerência" dos quatro dados que haviam obtido, mas no fato de que o outro grupo, que também desenvolveu a ATIVIDADE 2, não tinha chegado à essa mesma conclusão. Embora procure explicar que tal divergência seja devida aos diferentes procedimentos e materiais adotados pelos grupos, não faz alusão, particularmente, ao dado do GRUPO 4 que envolve o desvio encontrado, o que nos leva a depreender que esse foi mesmo negado em favor da tendência apresentada.

O mesmo ocorreu com o aluno RÊNIO:

Entre os resultados obtidos pelos grupos 4 e 6, que executaram a atividade 2, não podemos tirar nenhuma conclusão; isso porque o grupo 4 concluiu que com a variação da massa o período de oscilação aumentava. Já o grupo 6 concluiu que com a variação da massa o período de oscilação diminuía.

Da mesma maneira que a NATI, a aluna ARIÊ procura explicar as divergências entre os grupos:

As atividades desenvolvidas pelo grupo foram a base de idéias e participação do grupo, as medidas foram feitas a base de régua e outros. Os resultados encontrados pelo grupo foram feitos e refeitos, sem contar erros. Após os resultados chegamos à conclusão que quanto maior a massa, maior o período de oscilação. Os resultados do grupo 6, contradizem o nosso resultado, que quanto menor a massa maior o número de oscilações, talvez porque eles tenham feito em 1 oscilação e a gente em 5 oscilações.

Para os três componentes do GRUPO 4, portanto, a mesma conduta. Negam o fator volume e o novo dado atribuindo a impossibilidade de chegarem a uma conclusão definitiva, tão somente à divergência entre o seu grupo e o GRUPO 6 no que se refere às tendências encontradas.

* * *

Em resumo. Por não se disporem a procurar atentamente um pêndulo que tivesse o mesmo volume que os dois já escolhidos (de 30g e 51,45g) dentre o material disponível, os componentes do GRUPO 4 introduziram em seus procedimentos um novo fator com a escolha do frasco de massa 163,55g. Trata-se do fator volume que foi negado por esse grupo, tanto por não terem atentado para o fato de que os seus quatro dados—se agrupados pelo critério de volume do pêndulo—apresentariam a mesma tendência, quanto por privilegiarem a tendência dos três primeiros dados, omitindo o período do pêndulo de massa 82,2g.

Por outro lado, vimos que o desvio entre os valores de tempo apresentados, embora pudesse advir, em parte, da pouca habilidade em tomar as medidas, foi acentuado muito pro-

vavelmente pela falta de controle do fator comprimento.

Quanto à variação da amplitude, vimos que negaram esse fator, apesar de terem contado as cinco oscilações. Todavia, tivemos oportunidade de constatar, tratou-se de um procedimento que não foi aceito como o mais adequado para a variação da amplitude. Além disso, verificamos que a adoção de uma amplitude relativamente pequena para a posição de largada e a contagem das cinco oscilações, foi mais um produto das nossas sugestões, quase tomadas como solicitações, do que um produto das suas próprias convicções.

Todavia, dois fatos aparecem com certa nitidez neste grupo. O primeiro, do qual ainda pouco convencidos, foi a aceitação da medida relativa em detrimento da medida invariável, o que pode indicar a presença, ainda que incipiente, de mecanismos que os levam a compreender "intuitivamente" a questão, já que a solução não foi posta como absurda pelos seus componentes. Isto, de certa forma, indica a presença de estruturas lógicas em formação, por aceitarem essa possibilidade.

O segundo refere-se à rejeição dos dados que não se coadunavam com uma tendência que eles estavam observando, mais fruto de uma não sistemática forma de coleta dos mesmos, do que realmente um fato a ser constatado a partir de observações sistemáticas. Dentro desse contexto, todo dado que não seguia essa tendência vislumbrada, era considerado como errado. Quando o erro persistia (caso do frasco grande de massa 82,2g) o valor correspondente foi simplesmente retirado do conjunto dos demais, inclusive do próprio Relatório de Atividades. É um tipo de conduta onde não se retira sistematicamente informações para depois se observar as tendências, mas onde se estabelece uma tendência a partir de poucos dados e depois se nega todos os que não comprovam essa tendência; um raciocínio absolutista, que não considera exceções, aceitando apenas os dados não contraditórios.

- c) - "aceitação" da medida relativa, planejamento dos procedimentos e ausência de critérios para definição de uma tendência.

O terceiro grupo que tendeu a aceitar a medida relativa foi o GRUPO 7. Este era composto pelas alunas MENA, SULA, LUCI e MARA que se propuseram a desenvolver a ATIVIDADE 3 - Escolha uma posição de largada e uma massa para o pêndulo. Varie o comprimento do pêndulo, medindo para cada um o período de oscilação. Mantenha sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.

As principais decisões relativas aos procedimentos a dotados por esse grupo se distribuíram entre as alunas MENA, SULA e LUCI, sendo que a aluna MARA, que deixava de participar dos trabalhos desse grupo há algum tempo, parou de frequentar a escola, como já dissemos, desde o 2º DIA DE ATIVIDADES.

A realização dessa atividade para o GRUPO 7 também ocupou o tempo previsto para tanto (150 minutos); 50 minutos do 1º DIA DE ATIVIDADES e 100 minutos do 2º DIA DE ATIVIDADES.

Veremos aqui como esse grupo oscila entre a aceitação da medida relativa e da medida absoluta para o período do pêndulo. Situação causada, principalmente, pela divergência de opiniões entre suas componentes. Contudo, a identificação de um problema comum a todas levou-as a um planejamento cuidadoso de seus procedimentos que redundou na opção "necessária" da medida relativa. Apesar de terem obtido dados relativamente precisos devido a esse planejamento, apresentaram, entretanto, critérios pouco consistentes para o estabelecimento da regularidade por eles demonstrada.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

A atividade atribuída ao GRUPO 7, de acordo com a nossa sugestão inicial, seria a ATIVIDADE 1. Posteriormente verificamos que a escolha desse grupo recaiu sobre a ATIVIDADE 3.

Quanto à escolha do frasco a ser utilizado como pêndulo não nos fizeram nenhuma consulta. Espontaneamente, pegaram o frasco pequeno de massa 104,9g sem dar a esse fato maior relevância.

Com a haste suporte, já adquirida, montaram o pêndulo dispondo a mesma sobre a mesa de uma das suas carteiras. Como nos demais grupos, ajustaram o pêndulo para um comprimento relativamente pequeno (15 a 20cm) e manipularam-no sentadas em suas carteiras. Dessa maneira, deram início às suas primeiras tentativas experimentais.

A aluna MARA não participava dessas operações. Perambulava pela classe o tempo todo e sequer procurava se inteirar do que suas colegas faziam. Havia se decidido a sair da escola e isso estava prestes a acontecer.

Após algumas tentativas experimentais a aluna LUCI nos chamou para dizer que não havia *jeito* de medir o tempo de uma oscilação porque o movimento do pêndulo era *muito rápido*. Referia-se ao fato do *tempo ser muito rápido* durante uma única oscilação.

Na verdade, não haviam tentado fazer nenhuma medida de tempo, apenas haviam avaliado a sua "rapidez" a partir da observação do pêndulo. Para isso, soltavam o pêndulo de uma amplitude inicial de 90° e deixavam-no oscilar livremente.

Frente à afirmação da LUCI, em primeiro lugar sugerimos que observassem o pêndulo de uma posição mais adequada; sentadas no chão ou abaixadas. As alunas SULA e LUCI atenderam à nossa sugestão e aumentaram o comprimento do pêndulo para uns 50cm, aproximadamente. Nessa posição tornava-se difícil trabalhar com comprimentos pequenos para o pêndulo.

Em segundo lugar, procuramos estabelecer uma analogia entre a limitação, por elas apontada, afeita no pêndulo, e a limitação associada à medida da espessura de uma folha de papel ou do volume de uma gota d'água.

Perguntamos a elas se a dificuldade de medir o tempo de uma única oscilação não era semelhante à de tentar medir a espessura de uma folha de papel com auxílio de uma régua comum, milimetrada, ou, ainda, o volume de uma gota d'água a partir de um conta-gotas. Acrescentamos: "se nós medirmos a espessura de uma pilha de 100 folhas de papel e obtivermos, digamos, um centímetro, quanto deverá medir a espessura de uma única folha?".

- *Seria um centímetro por 100.* - responderam.

- "E quanto ao volume de uma gota d'água a partir de um conta-gotas" - perguntamos. "Se coletarmos 1000 gotas desse líquido e soubermos do seu volume, como poderemos saber o volume de uma única gota?"

- *É só dividir por 1000.* - disseram.

A aluna MENA tomou a palavra:

- *Então ... é o que eu acho que tinha falado pra elas... quando a gente conta o tempo ... por exemplo, quantas (oscilações) o pêndulo dá em 30 segundos?... A gente conta quantas oscilações e depois divide..."*

Nesse momento a aluna SULA acrescentou uma objeção com a qual a LUCI concordou:

- *...mas quando a gente fica contando as oscilações, o ângulo muda (de uma oscilação para a outra)... o ângulo - acrescentou - não fica fixo.*

- "Mas...quando o ângulo diminui, o período (tempo de cada oscilação) também diminui?" - perguntamos.

Todas acharam *óbvio* que sim.

Diante dessas manifestações, fizemos duas sugestões às alunas do GRUPO 7 com as quais demonstraram concordar, em princípio. Primeiro, que entrassem em contato com aqueles grupos que estavam tentando verificar se a amplitude de oscilação influiu no valor período do pêndulo. Estávamos falando daqueles grupos que desenvolviam a ATIVIDADE 1. Depois, sugerimos que adotassem amplitudes iniciais inferiores a 90° , para verificarem se a variação desse fator não se alterava.

Posteriormente, tivemos oportunidade de constatar que as nossas sugestões não foram levadas em consideração.

Com esses acontecimentos encerrava-se o primeiro dia de atividades para o GRUPO 7.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

Logo no início da aula correspondente a esse dia, as componentes do GRUPO 7, agora com a ausência da colega MARA, montaram o pêndulo e retornaram às suas tentativas experimentais. O pêndulo era o mesmo que haviam escolhido na aula anterior.

Desta vez estavam tentando medir efetivamente o tempo. Largavam o pêndulo da amplitude inicial de 90° , ou "posição de largada de 0° ", como vieram a denominá-la e procuravam medir o tempo relativo a uma única oscilação.

Permaneceram nessas tentativas durante algum tempo e não se mostraram satisfeitas com os resultados que obtinham. A "rapidez" do movimento do pêndulo durante uma oscilação impedia uma avaliação métrica satisfatória para o tempo.

Instantes depois, observamos que alteraram seus procedimentos. Mantiveram a posição de largada, mas, ao invés de contarem uma única oscilação, procuravam contar o número de oscilações completas executadas pelo pêndulo, durante um intervalo de tempo que correspondesse a um número inteiro de segundos.

Para conseguirem esse intento necessitavam de um bom sincronismo de sinais entre elas e de uma observação apurada para detectar a simultaneidade dos eventos. A aluna LUCI que marcava o tempo no seu relógio de pulso, esperava que o ponteiro de segundos coincidisse com um dos doze traços do mostrador do relógio, que indicam as horas inteiras para o ponteiro das horas. Nesse instante dizia *já* para a aluna SULA que manipulava o pêndulo. A partir daí a SULA passava a contar o número de oscilações completas executadas pelo pêndulo. Quando a LUCI percebia uma simultaneidade entre o número da oscilação "cantada" pela SULA e a posição do ponteiro dos segundos sobre um dos sessenta traços do marcador do seu relógio, parava de marcar o tempo e considerava o número de oscilações que havia ocorrido. Dividiam o tempo pelo número de oscilações e marcavam o período para o comprimento correspondente do pêndulo. A MENA se encarregava disso.

Esse procedimento solicitou dessas alunas um certo treino até que se considerassem satisfeitas com os resultados.

Quanto ao comprimento do pêndulo, avaliaram-no previamente a cada variação. Para isso, construíram uma escala no fio do pêndulo. A partir da tampa do frasco, marcavam o fio de 10 em 10cm, com auxílio de uma caneta esferográfica azul.

Dessa forma, as componentes do GRUPO 7 conseguiram dois dados para o "tempo". Um relativo ao comprimento de 50cm para o fio do pêndulo (1,6s) e o outro relativo a 30cm desse comprimento (1,3s). Estavam satisfeitas com esses dados para concluírem que o "tempo" aumentava com o comprimento.

De posse desses dados, dirigiram-se ao GRUPO 3 no momento em que discutíamos com a aluna NETA desse grupo a necessidade ou não da obtenção de mais que duas medidas para chegar à conclusão que havia chegado seu grupo acerca da relação entre o período e o comprimento do pêndulo.

As alunas do GRUPO 7 não nos dirigiram a palavra, mas retomaram as suas medidas coletando mais um dado para o tempo relativo ao comprimento de 60cm para o fio do pêndulo (2,0s).

Depois disso, a aluna SULA retornou ao GRUPO 3 mantendo contato com as alunas CIRA e NETA. Pretendia comparar os seus resultados com os desse grupo.

Ao final da aula desse segundo dia de atividades a aluna LUCI nos disse que parecia que os dois grupos estavam certos. Isto devido ao fato de chegarem à mesma conclusão.

Durante o PAINEL da aula seguinte o GRUPO 7 nos apresentaria os dados que se seguem.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 7

Posição de largada	0°	0°	0°
Massa	104,9g	104,9g	104,9g
Comprimento	50cm	30cm	60cm
Oscilações	1	1	1
Tempo	1,6s	1,3s	2,0s

O primeiro aspecto a ser apontado, dentre as condutas apresentadas pelas componentes do GRUPO 7, refere-se à reação que exibiram frente à analogia que estabelecemos entre o processo de determinação do volume de uma gota d'água, ou a espesura de uma folha de papel, e a contagem de várias oscilações para a medida do período do pêndulo. Como vimos, essa analogia se originou da limitação, por elas apresentada, relativa à rapidez do movimento do pêndulo durante uma única oscilação, que as impossibilitava de medir o período com precisão.

O volume de uma gota d'água obtido por um conta-gotas e a espessura de uma folha de papel têm dimensões muito pequenas, tendo em vista instrumentos disponíveis para medi-los, como uma proveta graduada em mililitros ou uma régua graduada em milímetros, respectivamente. Da mesma maneira, o tempo relativo a uma única oscilação de pêndulos com comprimentos inferiores a 1,0m é suficientemente pequeno para ser avaliado, tendo-se em disponibilidade um relógio de ponteiros dos convencionais, muito embora esse instrumento possa não ser o único responsável pela precisão das medidas com ele efetuadas.

Existe, portanto, uma certa semelhança entre os três casos aqui presentes, no que se refere às dimensões das grandezas a serem medidas, tomadas em relação aos instrumentos a serem utilizados. A essa semelhança associamos o processo que sugerimos para a determinação de cada uma dessas grandezas, ou seja, primeiro medir um número suficiente de unidades para, em seguida, avaliar uma delas. Com esse processo propusemos superar a limitação relativa às pequenas dimensões de volume, espessura ou tempo, adotando-se os mesmos instrumentos de medida disponíveis.

Assim, se não nos é possível avaliar o volume de uma gota d'água, proveniente de um conta-gotas, a partir de uma proveta graduada em mililitros, esse mesmo dispositivo poderá nos ser útil para medirmos o volume de, digamos, 1000 ou 2000 gotas, com boa precisão. A régua graduada em milímetros que é insuficiente para medirmos a espessura de uma única folha de papel é, no entanto, suficiente para que possamos medir a espessura de 100 ou 200 dessas folhas. Com um relógio de ponteiros, dos de pulso, que nos permite avaliar, com dúvidas, até 0,5s, torna-se difícil medir o tempo relativo a uma única oscilação de um pêndulo cujo período pode conter frações de segundo inferiores à capacidade de precisão do instrumento. Nesse caso, medindo-se o tempo transcorrido durante 10 ou mais oscilações, poderemos avaliar tais frações de tempo, embora não possamos atribuir a elas o significado de período absoluto do pêndulo.

Se, por um lado, esses três casos comportam uma certa semelhança relativa à limitação imposta pelo instrumento de medida disponível quando se pretende determinar cada uma das unidades em separado, por outro lado, eles diferem entre si quanto à natureza de cada um, tendo-se em vista o processo sugerido.

Os valores dos volumes das gotas d'água provenientes de um conta-gotas diferem entre si devido à técnica de obtenção, às características do próprio conta-gotas, ou mesmo às ligeiras alterações do líquido, relevantes para o processo e ocorridas durante o experimento. Esses fatores podem se combinar de diferentes maneiras proporcionando, no entanto, volumes, para cada uma das gotas, que indicam uma certa tendência. As primeiras ou as últimas gotas obtidas podem apresentar volumes bem próximos a essa tendência a menos que algum fator externo interfira substancialmente no processo.

Com a espessura das folhas de papel ocorre algo semelhante. Uma folha de papel, de um caderno por exemplo, quando tomada em separado, não só não apresenta uma espessura uniforme, como também difere, quanto a essa característica, das demais folhas. Entretanto, adotando-se o processo sugerido podemos dizer que a espessura de uma folha de papel, desse caderno, está bem próxima a um certo valor médio obtido.

Dito de outra forma, tanto o volume da gota d'água quanto a espessura da folha de papel, não apresentam variações sistemáticas, podendo-se extrair dessas grandezas tendências em relação às quais cada uma das unidades respectivas apresentam valores bem próximos.

No caso do período do pêndulo, a situação é diferente, pois, com a variação inevitável da amplitude durante o seu movimento, espera-se uma variação sistemática do tempo relativo a cada oscilação. Dessa forma, um valor "médio" para o tempo de cada uma de dez oscilações medidas, por exemplo, não tem o mesmo significado do valor médio do volume de uma gota ou da espessura de uma folha de papel, tal como consideramos anteriormente. Esse valor "médio" pode corresponder ao período relativo a uma pequena faixa intermediária de amplitude, entre a inicial e a final, das dez oscilações, mas pode diferir daquele relativo à primeira e à última oscilação. E essa diferença será tanto maior quanto maior for a variação da amplitude durante as dez oscilações contadas. Para o pêndulo, portanto, a avaliação do período, a partir do processo da contagem de várias oscilações, requer a consideração de outro fator, qual seja, o da variação da amplitude. Uma variação muito grande desse fator pode nos proporcionar um valor impreciso do período referente aos diferentes valores assumidos durante as sucessivas oscilações do pêndulo. Com o propósito de detectarmos pequenas diferenças no período devido aos diferentes fatores em jogo, podemos aumentar o número de oscilações, mas, com esse aumento, advém o aumento da variação de amplitude, o que diminui a precisão do resultado a ser obtido. Esse problema é atenuado quando se entende que, para as atividades em questão, as variações de amplitudes em dez oscilações (número máximo adotado pelos alunos) são pequenas o suficiente para que as diferenças de período entre a primeira e a última oscilação estejam dentro de um intervalo de tempo situado na casa dos décimos ou centésimos de segundo. Mas, se não dispusermos dessa ordem de grandeza previamente, devemos supor que a obtenção do período, por intermédio da contagem de várias oscilações, pode resultar num dado bastante impreciso, pelo menos quando se quer que o valor relativo a esse fator se refira à posição em que largamos o pêndulo.

Foi algo relativo a essa suposição que levou as alunas SULA e LUCI do GRUPO 7 a discordarem da nossa sugestão; a de contar várias oscilações para a determinação do período do pêndulo. Segundo elas, o período do pêndulo deveria diminuir com a variação da amplitude, motivo esse suficiente para não aceitarem a nossa sugestão. Elas concordavam com esse processo para a determinação do volume da gota d'água e da espessura da folha de papel, mas para o caso do pêndulo alegaram que a amplitude variava e que não era a mesma coisa que os dois outros casos. Isso significa que, num primeiro momento, para a SULA e para a LUCI, o procedimento de medir o tempo relativo a várias oscilações e dividi-lo pelo número dessas oscilações, só seria possível caso a amplitude não variasse, pois não saberiam lidar com a concorrência desse fator. Em outros termos, uma medida de tendência central, como a média, não é aceita como representativa de um conjunto de medidas, por poder não representar uma medida real, sendo distante dos maiores e menores valores das medidias.

Quanto à aluna MENA, essa demonstrou não se importar com a variação da amplitude. Aceitou a nossa sugestão (que ela mesma já havia feito às suas colegas), procurando inclusive esclarecer como deveria proceder para chegar ao valor do período do pêndulo: *quando a gente conta o tempo... por exemplo, quantas (oscilações) o pêndulo dá em 30 segundos? ...A gente conta quantas oscilações e depois divide...*

Apesar disso, ela concordava com as suas colegas de grupo, que o período do pêndulo diminui com a amplitude. Ora, se ela aceitava a nossa sugestão e ao mesmo tempo admitia que o período diminuía com a amplitude, temos aí alguns aspectos a considerar.

Primeiro, tomando a ATIVIDADE 3 como um todo, talvez a aluna MENA estivesse mais interessada em comparar o número de oscilações executadas pelos pêndulos de diferentes comprimentos, durante um mesmo intervalo de tempo, do que em determinar, com precisão, o período de cada um deles. Isso poderia auxiliá-la a avaliar se o período varia ou não com o comprimento do pêndulo bem como saber como seria essa variação. Assim, ela estaria considerando um certo valor (médio) para o tempo relativo a ca

da comprimento do pêndulo, sem considerar o quanto esse tempo varia de oscilação para oscilação. Nesse caso, no entanto, de forma antecipada, ela estaria negando o fator comprimento do fio em relação à variação da amplitude, já que, até então, ela não sabia se tal fator interferiria ou não no valor dessa variação. Havendo tal interferência, como de fato ocorre, o comprimento do fio, por intermédio do valor da variação da amplitude, estaria igualmente interferindo no valor do período do pêndulo. Sendo assim, ao adotar diferentes comprimentos sem se dar conta da influência (mediada) desse fator sobre o período, a aluna MENA não poderia concluir se o número de oscilações, durante um certo intervalo de tempo, diminui, exclusivamente devido ao amento do comprimento do fio, ou se isso ocorre pelo fato desse aumento alterar o valor da variação da amplitude que, por sua vez, interfere no período do pêndulo.

Na verdade, pudemos verificar que comprimentos maiores do pêndulo implicam em maiores variações de amplitude, para um mesmo número de oscilações. Tomando-se, então, somente o fator variação de amplitude podemos dizer que o tempo médio de cada oscilação será tanto menor quanto maior for essa variação, uma vez que o período do pêndulo tende a diminuir com a amplitude, tal como admitiram as alunas do GRUPO 7.

Obtendo-se, por outro lado, valores maiores para o tempo médio de cada oscilação, ao aumentarmos o comprimento do fio do pêndulo, como ocorreu com essas alunas — quando, pela influência exclusiva da variação da amplitude esse tempo deveria ser menor — é possível concluir não só que o período amenta com esse comprimento, como também que a influência desse fator sobre o período é maior que a do fator variação de amplitude.

Para chegar a essa conclusão seria necessário verificar a grandeza da variação da amplitude em função do comprimento do fio do pêndulo, coisa que, evidentemente, a aluna MENA não fez. Daí que, se de fato ela considerou a ATIVIDADE 3 como um todo, negou, como já afirmamos, o fator comprimento do fio do pêndulo ao aceitar a nossa sugestão, sem se importar com o fator variação da amplitude.

Uma segunda possibilidade a considerar é a de que a aluna MENA não tenha tomado, realmente, a ATIVIDADE 3 como um

todo, onde a variação do comprimento do fio do pêndulo sequer estaria sendo, ainda, cogitada. No momento, poderia estar interessada tão somente em determinar um valor médio para o período do pêndulo, conjugando assim a contagem de várias oscilações, decorrente da nossa sugestão, com a variação da amplitude e a sua conseqüente interferência no tempo relativo a cada oscilação, aliás admitida por ela.

Tal conjugação equivaleria a admitir que, embora o período decrescesse com a variação da amplitude, os valores de tempo relativos às primeiras oscilações compensariam aqueles relativos às últimas. Assim, o resultado da divisão obtida entre o tempo e o número de oscilações estaria fornecendo a ela um período médio para o pêndulo dentro de uma certa faixa de variação de amplitude.

Todavia, justamente por não envolver o comprimento do pêndulo, essa conduta poderia receber a conotação de um simples vencer a tarefa de medir o tempo médio de uma dentre várias oscilações, sem tomar o valor obtido em relação a qualquer outro uma vez que, dentre todos os fatores em jogo, somente o número de oscilações e o tempo estariam sendo considerados.

Podemos dizer, portanto, que, tomando ou não a ATIVIDADE 3 como um todo, considerando um tempo médio, para cada oscilação, de forma implícita ou explícita, essas duas possibilidades que aventamos implicam na admissão, por parte da aluna MENA, de uma certa conexão entre a contagem de várias oscilações e a variação da amplitude do pêndulo, muito embora num caso e no outro o problema relativo a tal conexão não teria sido plenamente solucionado.

Por outro lado, a admissão desse problema guarda estreita relação com a diferenciação dos três casos envolvidos, por analogia, no processo de medida do período por nós sugerido, visto que esse problema é característico do pêndulo e não da gota d'água ou da folha de papel. Lembremo-nos que foi exatamente por terem diferenciado esses três casos que as alunas SULA e LUCI não aceitaram a nossa sugestão. No que se refere à aluna MENA, no entanto, tratava-se da mesma coisa, não havendo diferença em contar várias oscilações, várias gotas d'água ou medir a espessura de várias folhas de papel.

O que nos leva a depreender que, para ela, o problema relativo à conexão entre os aspectos exclusivos do pêndulo, de fato, não ocorreu. Dito de outra forma, a conduta marcante da aluna ME NA nesse primeiro momento de atividade estaria no fato dela não estabelecer uma conjunção entre a nossa sugestão, que também foi dela, da contagem de várias oscilações, e a admissão de que o período diminuía com a diminuição da amplitude, inevitável durante o movimento do pêndulo. Não se tratava, pois, de tomar ou não a ATIVIDADE 3 como um todo, nem de considerar um tempo médio para cada oscilação do pêndulo, mas, sim, de admitir um procedimento que fosse capaz de superar, única e exclusivamente, a limitação associada à contagem de uma única oscilação, situação de onde se originou nossa sugestão. Dessa maneira, a contagem de várias oscilações, a variação da amplitude e a variação do período com a amplitude seriam, para a MENA, três fatos isolados, sem conexão com o tempo a ser medido. Isso nos leva a concluir que, ao aceitar a nossa sugestão sem considerar a distinção entre os três casos envolvidos, a aluna ME NA negou o fator variação da amplitude e, conseqüentemente, a relação entre esse fator e o período do pêndulo, principalmente por estar consciente dela.

Portanto, com relação à nossa sugestão, enquanto a aluna MENA a aceitou com a finalidade de superar uma dificuldade imediata, sem considerar as características específicas de cada um dos três casos em questão, as alunas SULA e LUCI não a aceitaram justamente por admitirem diferenças entre eles, embora não tenham apresentado outra alternativa até aquele momento.

Contudo, se num primeiro momento as discussões entre as componentes do GRUPO 7 giraram em torno da aceitação ou não da nossa sugestão, num segundo momento essas discussões deram lugar a outro problema cuja solução determinou efetivamente os procedimentos desse grupo relativos à medida do período do pêndulo. A saber: o problema associado aos erros nas medidas de tempo advindos da decisão em se fixar o número de oscilações ou o intervalo de tempo. Retomaremos esse problema mais adiante.

Antes, porém, é necessário salientar os elementos de que dispomos para mostrar que realmente, a partir do segundo dia de atividades com o pêndulo, as limitações relativas à

contagem de uma única oscilação, bem como as discussões acerca da possibilidade ou não da contagem de várias oscilações — envolvidas nas analogias que estabelecemos entre a determinação do período do pêndulo, do volume da gota d'água e da espessura da folha de papel — deixaram de figurar no cenário das condutas das alunas do GRUPO 7. Isso devido às reações apresentadas, por essas alunas, a duas outras sugestões que fizemos a elas por ocasião dos comentários acerca dessas analogias, sem contarmos os procedimentos que se seguiram para a medida do período.

Em primeiro lugar, considerando a afirmação, comum às três alunas desse grupo, de que *era óbvio* que o período diminui com a amplitude, sugerimos que elas entrassem em contato com aqueles grupos que estavam desenvolvendo a ATIVIDADE 1. Com isso, pretendíamos mostrar que essa relação entre o período e a amplitude não dependia, tão somente, de uma visão intuitiva do fenômeno em questão e que uma afirmação dessa ordem carecia de uma verificação, tal como estavam tentando fazer aqueles grupos. No entanto, as alunas do GRUPO 7 se recusaram a entrar em contato com outros grupos, com essa finalidade.

Podemos pensar que essa conduta se deveu a uma dificuldade dessas alunas em se relacionar com outros grupos ou com aqueles que estavam desenvolvendo a ATIVIDADE 1. Não foi esse o comportamento exibido por elas em outras situações e com relação aos grupos em geral. De maneira que, preferimos admitir, o fato do período diminuir com a amplitude passou a se tornar irrelevante frente a um outro problema maior concebido a partir de um determinado momento.

Em segundo lugar, sugeríamos que elas adotassem ângulos menores de largada e, assim, verificassem se realmente a amplitude variava tanto quanto para amplitudes iniciais maiores, já que esse fenômeno estava sendo um empecilho para as alunas SULA e LUCI adotarem a contagem de várias oscilações. Apesar de ficarem por verificar isso, como nos prometeram, na verdade não o fizeram, mantendo, nos procedimentos que se seguiram, a amplitude inicial de 90° ou, como apresentaram posteriormente, a posição de largada de 0° . O que nos leva a depreender que, da mesma forma que a relação entre o período e a amplitude tornou-se irrelevante, a partir de um certo momento, a variação da amplitude, tendo em vista a contagem de vã

rias oscilações, passou a se caracterizar como um aspecto secundário de um novo problema identificado pelas alunas do GRUPO 7, como já dissemos.

Logo nas primeiras tentativas experimentais do segundo dia de aula destinado ao estudo do pêndulo, vimos que as componentes desse grupo procuravam avaliar a "rapidez do tempo" de uma única oscilação, largando o pêndulo da amplitude inicial de 90° ou posição de largada de 0° . Note-se que retomaram o procedimento inicial que havia originado a problema relativo à rapidez do movimento de uma única oscilação. Porém, nesta nova situação conceberam uma outra limitação associada ao processo.

Ao tentarem medir o tempo transcorrido durante uma única oscilação, com auxílio de um relógio de ponteiros, verificaram que não obtinham um número inteiro de segundos, o que dificultava a avaliação da medida a ser efetuada. Entre o instante da largada e o instante em que o pêndulo completava uma oscilação, o ponteiro de segundos não percorria um número inteiro de divisões da escala do mostrador do relógio utilizado. Isto é, quando o pêndulo completava uma oscilação, a posição do ponteiro dos segundos não coincidia com nenhum dos traços dessa escala, mas, sim, situava-se entre dois traços sucessivos, revelando um valor para o tempo que comportava frações do segundo. Com isso, não conseguiam registrar um valor para o período do pêndulo, situação que se agravava pelo fato de serem forçadas a avaliar a posição do ponteiro, num certo instante, quando este permanecia em movimento.

Frente a essa situação, aumentar o número de oscilações não eliminaria a limitação associada à avaliação do tempo visto que, mesmo para duas, três ou mais oscilações, o intervalo de tempo correspondente ainda poderia conter frações de segundo. Assim, a nossa sugestão implícita nas analogias que estabelecemos de contarem várias oscilações, para a superação da rapidez do movimento durante uma única oscilação, já não teria mais lugar, pois esse fato estava agora dissociado da nova limitação encontrada na medida do período.

Da mesma maneira, fixar um número inteiro de segundos para avaliar o número de oscilações, não as auxiliaria a superar sua limitação, visto tratar-se da situação recíproca da de fixar o número de oscilações para avaliar o tempo a elas cor

Atendendo às nossas sugestões, tentaram fazer mais algumas medidas de tempo relativas a uma única oscilação do pêndulo, agora de forma mais organizada, porém ainda sem a sistematização da posição de largada e do registro de dados.

Disponham, então, de dois frascos dos pequenos com massas diferentes (30g e 51,45g), quando perguntaram à professora se dois pêndulos eram suficientes para as suas medidas. A professora lhes disse que deveriam usar mais do que dois pêndulos, inclusive, com massas superiores e inferiores às aquelas já escolhidas.

Logo em seguida, o aluno RÊNIO nos procurou para perguntar se poderiam usar pêndulos de *tamanhos diferentes*. Justificava sua pergunta diante da alegação de que não havia frascos de mesmo tamanho que atendessem à solicitação da professora.

Incentivamos essa iniciativa acrescentando que poderiam trabalhar com frascos de mesma massa e tamanhos diferentes, para verificarem se o volume do pêndulo influiria, de alguma maneira, em seu período. Referimo-nos aos dois frascos de massa 82,2g sendo um pequeno e um grande.

Como resultado desse contato o aluno RÊNIO escolheu mais um frasco dos grandes, o de massa 163,55g.

Com os três pêndulos adquiridos, voltaram às medidas de tempo. Trabalhavam, então, ainda com o pêndulo de massa 30g.

Algum tempo depois, quando estávamos atendendo a uma solicitação dos componentes do GRUPO 6, que na oportunidade alegavam *não poder medir o período*, visto que a amplitude do pêndulo variava, os alunos do GRUPO 4 se aproximaram e referiram-se à mesma limitação. Perguntamos qual a posição de largada que estavam adotando. Responderam-nos que largavam o pêndulo *de cima*, ou seja, de uma amplitude inicial de 80° a 90°.

Sugerimos aos componentes dos dois grupos que verificassem se a variação da amplitude do pêndulo era maior ou menor dependendo da posição em que o mesmo era solto. Aceitaram a nossa sugestão e voltaram às atividades.

Mais tarde, ao final da aula correspondente a esse dia, os componentes do GRUPO 4 estavam fazendo medidas de tempo para uma oscilação do pêndulo procurando adotar uma posição de largada de aproximadamente 20° a 30°. Nesse dia, porém, não chegaram a fazer nenhum registro de tempo ou outra medida qualquer. Procuravam, sobretudo, sincronizar os seus sinais e as leituras de tempo, pois ainda demonstravam dificuldade em se organizar para isso.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

No início da aula destinada ao segundo dia de atividades os componentes do GRUPO 4 pegaram os pêndulos que haviam separado na aula anterior, montaram um deles e voltaram a fazer as medidas de tempo relativas a uma oscilação.

Neste dia conseguiram apoiar uma das mesas de suas carteiras sobre outra de maneira a poderem trabalhar em pé ou sentados para observarem e manipularem o pêndulo. Conseqüentemente, puderam adotar comprimentos maiores para o mesmo. Além disso, adotaram posições de largada relativamente pequenas tal como estavam fazendo no final do primeiro dia de atividades.

Contudo, não conseguiam ainda, sincronizar seus sinais, o início e o término de cada oscilação do pêndulo, para a suas medidas de tempo. Ademais, reclamavam que o movimento do pêndulo era *muito rápido* para poder ser medido.

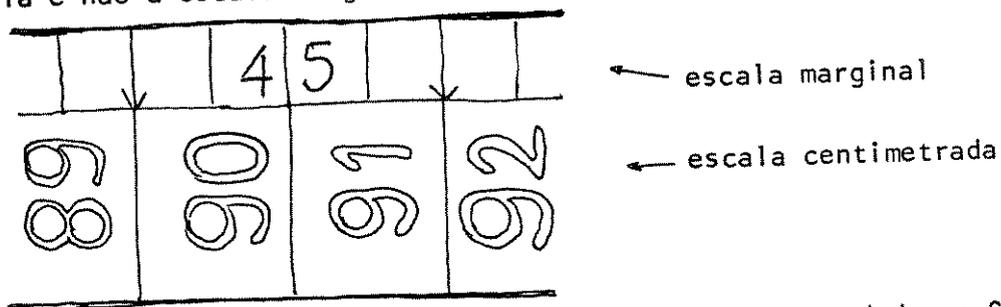
Proximamente a esse fato, devido às manifestações dos diferentes grupos acerca dessa limitação, comparamos os erros associados à medida de tempo de uma e de várias oscilações por intermédio da analogia que estabelecemos entre o caso do pêndulo e o caso do logro do tecido comprado por uma senhora, tal como já relatamos anteriormente.

Entretanto, os componentes do GRUPO 4 reagiram negativamente à sugestão implícita da contagem de várias oscilações, porque a amplitude de oscilação variava. Voltamos a perguntar se ela variava tanto para amplitudes iniciais grandes quanto para amplitudes iniciais pequenas. Responderam que *variava de qualquer jeito*. Mesmo assim, sem estarem convencidos de fazerem o melhor, adotaram o procedimento da contagem de cinco oscilações e voltaram às suas medidas.

Conseguiram, por fim, coletar os dados relativos aos três pêndulos escolhidos.

O comprimento que procuraram adotar para o fio de cada pêndulo era de 90cm. Este era avaliado pela aluna ARIÊ. Porém, os seus registros assinalam 45cm para o "comprimento" ao invés dos 90cm.

A fita métrica utilizada pela ARIÊ para fazer essa medida, apresenta uma segunda escala à margem da escala centimetrada e a sua numeração é feita de dois em dois centímetros. Assim, ao lado do número 90 da escala centimetrada podemos ler 45 referente à escala marginal. Nas suas anotações, a aluna ARIÊ se reportou a essa segunda escala e não à escala original da fita métrica.



Por esse motivo, ao apresentar os seus dados o GRUPO 4 registrou o "comprimento" do fio do pêndulo como 45cm, quando, na realidade, referia-se a 90cm.

Quanto à posição de largada, adotou para os três pêndulos a amplitude inicial de 30° .

As medidas do tempo das cinco oscilações relativas a cada um dos pêndulos ficaram a cargo do aluno RENIO, que se utilizou, para isso, do seu relógio de pulso de ponteiros. Para auxiliá-lo, as alunas ARIÊ e NATI manipulavam o pêndulo marcando a amplitude e o número de oscilações.

Nessas condições obtiveram os dados que se seguem, apresentados aqui na forma como o fizeram por ocasião do PAINEL.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 4

MASSA	COMPRIMENTO	AMPLITUDE	PERÍODO DE OSC.
30	45cm	30°	(10) 2 seg.
51,45	45cm	30°	(11) 2,2 seg.
163,55	45cm	30°	(12) 2,4 seg.

Os valores que aparecem entre parêntesis, ao lado do valor do período de cada pêndulo, na coluna "PERÍODO DE OSC.", referem-se ao tempo relativo às cinco oscilações de cada um deles.

Após a obtenção desses dados desmontaram e devolveram o material. Mostraram então esses valores à professora, perguntando se estavam corretos. Havia chegado à conclusão de que *quanto maior a massa, maior o período*.

Frente a isso, a professora sugeriu que adotassem pêndulos com massas intermediárias àquelas escolhidas para verificarem se, de fato, a conclusão estava correta.

Atendendo à sugestão da professora escolheram mais dois pêndulos, montaram novamente o material e, adotando os mesmos procedimentos anteriores, registraram mais um dado relativo ao tempo de cinco oscilações. Trata-se do tempo de "8 seg." para as cinco oscilações do pêndulo de massa 82,2g que correspondia a um frasco dos grandes. No que se refere ao segundo pêndulo escolhido não chegaram sequer a montá-lo.

Entretanto, esse novo dado não foi apresentado juntamente com os demais. Só foi revelado posteriormente, durante o PAINEL, por solicitação da professora que sabia da sua existência, embora não tivesse ainda tomado conhecimento do seu valor.

Dos diferentes fatos ocorridos com o GRUPO 4 durante o desenvolvimento da ATIVIDADE 2, iniciaremos nossa análise pelo da escolha dos pêndulos.

Quando o aluno RÊNIO nos perguntou se poderiam trabalhar com pêndulos de tamanhos diferentes, incentivamos esse procedimento visto que teriam oportunidade de confrontar o movimento e o período de dois frascos com massas iguais e volumes diferentes. Referíamos-nos, na oportunidade, aos dois pêndulos de massa 82,2g, porém de volumes diferentes, dentre os frascos disponíveis.

Vimos no entanto, que ao invés de acatarem a nossa sugestão ou pelo menos apontarem uma dificuldade em levá-la a cabo — já que o frasco pequeno de 82,2g estava sendo usado pelo GRUPO 2 — passaram a escolher o de 163,55g, que não apresentava similaridade alguma com os demais.

Podemos pensar que essa escolha tenha sido consequência do fato dos alunos do GRUPO 4 estarem impossibilitados de outra alternativa, uma vez que, no momento, não se encontravam em disponibilidade frascos com massas superiores a 51,45g ou inferiores a 30g. Isso não é verdade. Além daqueles escolhidos pelos diferentes grupos no momento, encontravam-se à disposição ainda, frascos pequenos com as seguintes massas: 22,0g; 25,1g; 26,5g; 89,25g. O que significa que a escolha do frasco grande de 163,55g não se estabeleceu por uma necessidade oriunda da limitação do material disponível, mas de uma falta de disposição em verificar a possibilidade, realmente, de não variar o volume do pêndulo, acrescida da necessidade estabelecida pela professora de adotarem mais do que dois pêndulos

diferentes.

Podemos dizer que houve, de fato, uma preocupação inicial com a variação do volume do pêndulo, além do fator massa. Todavia, devemos nos perguntar até que ponto essa preocupação pode ser traduzida por uma compreensão de que, introduzindo um pêndulo com volume diferente dos demais, estariam variando dois fatores ao mesmo tempo na medida do período, procedimento que poderia impedi-los de estabelecer uma conclusão acerca das variáveis em jogo.

Considerando: que a escolha de um terceiro pêndulo adveio de uma sugestão externa ao grupo; que havia material disponível para, ao variarem a massa, não variarem obrigatoriamente o volume e que não houve uma manifestação, por parte dos componentes do GRUPO 4 — em particular, por parte do aluno RÊNIO, que inicialmente manifestou a preocupação com o volume — no sentido de mostrarem a impossibilidade de manterem a massa variando o volume, com os frascos de 82,2g, no momento, podemos depreender que a escolha do frasco grande de 163,55g atendeu tão somente à solicitação da professora para que adotassem mais um pêndulo de massa diferente.

Com esse procedimento introduziram a variável volume sem envolverem uma forma que pudesse controlá-la. Portanto, para o estudo do período do pêndulo, na escolha das massas, o GRUPO 4, a princípio, apresentou a variação de dois outros fatores: a massa e o volume. Isso nos indica que tal procedimento implica na negação do fator volume do pêndulo visto que apenas a massa deveria figurar como variável. Resta-nos averiguar se nos demais procedimentos o GRUPO 4 confirma essa negação.

Se tomarmos como válidas as quatro medidas de período obtidas por esse grupo e as agruparmos por intermédio do critério do volume do pêndulo, teremos uma mesma tendência dentro de cada uma das duplas desses dados. Vejamos:

FRASCOS PEQUENOS

<u>Massa</u>	<u>Período</u>
30g	2 seg.
51,45g	2,2 seg.

FRASCOS GRANDES

<u>Massa</u>	<u>Período</u>
82,2g	1,6 seg.
163,55g	2,4 seg.

Como podemos notar, para os dois conjuntos de dados o período tende a aumentar com a massa. Esta poderia ser uma conclusão apresentada pelos alunos do GRUPO 4 se tomassem o fator volume como variável. Poderiam ainda, tomar novas medidas para novas massas dentro de um e outro conjunto, a fim de averiguar se a tendência se manteria.

Durante o PAINEL o aluno RÊNIO apontou o volume do pêndulo como possível responsável pelo desvio no valor de período advindo do frasco de 82,2g, mas deixou de incluir em suas considerações o fato de que na tendência primitiva, que não envolvia esse dado, figurava um frasco dos grandes.

A conclusão apresentada, ainda que de forma insegura, além de omitir o valor de 1,6 seg. para o período, mostrava um aumento do período com a massa, apesar de envolver em seus dados um frasco diferente dos demais. Portanto, também aí o fator volume foi negado, não chegando a figurar como variável dentro dos procedimentos do GRUPO 4, no desenvolvimento da ATIVIDADE 2.

Outra manifestação dos componentes desse grupo referiu-se à variação da amplitude do pêndulo durante o seu movimento. Inicialmente, como vimos, adotaram posições de largada correspondentes a amplitudes relativamente grandes. Com esse procedimento detectaram a variação da amplitude do pêndulo alegando que não dava para medir o período tendo em vista a presença desse fator. Em seguida, aceitaram nossa sugestão, tal como fizemos aos componentes do GRUPO 6, de verificarem se a variação da amplitude era maior ou menor dependendo da posição de largada. Passaram, então, a adotar uma posição de largada relativa a uma amplitude inicial de 30° , menor portanto, que as anteriores. Todavia, voltaram a apontar o problema da variação da amplitude a partir da nossa sugestão de contarem várias oscilações ao invés de uma, quando apresentaram a limitação associada à medida do tempo de uma única oscilação. Na oportunidade, alegaram não ser possível medir o período uma vez que a amplitude variava. No final, acabaram contando as cinco oscilações a partir da amplitude inicial de 30° , porém não estavam convencidos de que esse procedimento fosse o mais correto. Por quê?

A ATIVIDADE 2 apresenta uma característica peculiar quanto à relação entre a massa e a variação da amplitude. Já vimos que para um mesmo número de oscilações e a partir da posição de largada, pêndulos de massas menores apresentam variações de amplitudes maiores do que pêndulos de maiores massas. Sabemos, além disso, que o período de um pêndulo tende a diminuir com a sua amplitude de oscilação. Relacionando-se esses dois aspectos, não é difícil compreender que, para uma mesma posição de largada, os pêndulos de menores massas devam apresentar períodos médios menores dentro de um mesmo número de oscilações.

No caso dos pêndulos escolhidos pelo GRUPO 4, após as cinco oscilações, pudemos detectar uma variação de cerca de 5° para o pêndulo de 30g, cerca de 2° para o pêndulo de 51,45g e cerca de 1° para o pêndulo de 163,55g. Essas variações de amplitude não afetariam o tempo dessas cinco oscilações a não ser na casa dos milésimos ou décimos de milésimos de segundos.

Podemos pois, pensar que a resistência apresentada pelos componentes do GRUPO 4 em adotar o procedimento da contagem de cinco oscilações, devido à variação da amplitude, tenha se originado ou, pelo menos poderia ter se originado, da relação entre esse fator e a massa do pêndulo. Contudo, para isso, deveriam ter comparado as variações da amplitude para os diferentes pêndulos, coisa que sequer chegaram a fazer, pois essa resistência precedeu as medidas de tempo efetuadas. Assim, depreendemos que o problema emergente no GRUPO 4, relacionado à variação da amplitude, se situou tão somente no confronto entre uma necessidade estabelecida de medir o período a partir de uma amplitude fixa, invariável portanto, e a realidade apresentada pelo fenômeno do movimento do pêndulo, de que a amplitude de fato varia.

Dessa forma, embora tenham efetuado as medidas a despeito da variação da amplitude, procuraram negar esse fator, não o aceitando como inerente ao fenômeno em estudo.

Quanto aos valores de tempo referentes às cinco oscilações do pêndulo obtidos pelo GRUPO 4 para os diferentes pêndulos, procuramos avaliá-los repetindo os procedimentos adotados pelos seus componentes, no sentido de averiguar a pertinência da tendência encontrada.

Tomamos os quatro pêndulos com comprimentos de 90cm, amplitude inicial de 30° e medimos o tempo relativo a cinco os cilações em cada um deles, primeiro com auxílio de um relógio de ponteiros—dos de pulso—e depois com um cronômetro com es cala, onde a menor divisão permitia-nos ler até 0,2 segundos. Em nenhum dos casos, no conjunto das medidas que efetuamos, ob tivemos valores de tempo para as cinco oscilações inferiores a 9,8 segundos ou superiores a 10,2 segundos, embora possamos ad mitir que dificuldades na técnica dessas medidas ampliem consideravelmente essa faixa de erro.

Para as medidas de tempo obtidas pelo GRUPO 4, a faixa de variação encontrada foi de 2,0 segundos; 10 segundos para o pêndulo de 30g e 12 segundos para o pêndulo de 163,55g.

Poderíamos admitir que essa faixa de variação te nha ocorrido devido à pouca habilidade demonstrada pelos alu nos desse grupo em sincronizar os sinais adotados que os le va- riam às medidas a efetuar. Restaria saber, então, se a tendên cia encontrada foi casualmente advinda dessa falta de habilidade ou se foi induzida, particularmente, pelo aluno RÊNIO que to mou as medidas de tempo. Sabemos que repetiam as medidas de tempo, mas não temos elementos para saber se, com isso, objeti vavam estabelecer a tendência indicada pelos seus dados. No entanto, temos elementos para afirmar que privilegiaram essa tendên cia tendo em vista o novo tempo obtido com o pêndulo de massa 82,2g que fugiu à regra estabelecida pelos dados anterio res.

Por outro lado, os tempos de 8,0 segundos e 12 se gundos para as cinco oscilações dos pêndulos de massas 82,2g e 163,55g, respectivamente, apresentam um desvio relativamente grande em relação ao valor mais provável, para que possamos a tribuí-lo tão somente à pouca habilidade dos alunos. Na verda de, não tivemos oportunidade de detectar condutas nas diferen tes técnicas de medidas, que pudessem contribuir para um erro dessa magnitude. E isso nos leva a aventar uma outra possibi lidade: a de que ao montarem os diferentes pêndulos não tenham conseguido o mesmo comprimento de 90cm para todos. Todavia, se variaram o comprimento do pêndulo, não o fizeram voluntariamen te no sentido de obter os valores de tempo encontrados, pois, para tanto, deveriam saber que o período aumenta com o aumento desse fator. Essa informação, até então, sequer havia sido

veiculada entre os alunos.

De qualquer maneira, ao omitirem o tempo relativo ao frasco de massa de 82,2g, não só negaram o fator volume do pêndulo, de acordo com os nossos comentários anteriores, como também predeterminaram, a partir daí, uma relação para o período e a massa do pêndulo. Por esse motivo, negaram o novo dado quando poderiam colocar em dúvida a tendência já estabelecida ou, pelo menos, tentar explicar o desvio, fazendo novas verificações.

Podemos notar que mesmo depois do PAINEL, onde a tendência apresentada foi colocada em dúvida frente ao valor do período do pêndulo de massa 82,2g, os componentes do GRUPO 4 voltam a afirmar nos seus Relatórios de Atividades que, para esse grupo, o período aumenta com a massa. Vejamos o que escreve a aluna NATI:

Não deu os mesmos resultados da mesma atividade desenvolvida pelo outro grupo. Seria erros??? Po de até ser. Mas qual dos dois errados??? Não sei, mas eu acho que pode ser influenciado o modo de achar os resultados porisso pode ser que os dois até estejam certos. É o que eu acho. As conclusões que chegamos foi: - Variando a massa (aumentando o peso) variou também o período de oscilação (aumentou de acordo com que o peso aumentava). Eles contrariaram nossos resultados, pois como disse deu completamente ao contrário, ou melhor me explicando: enquanto a nossa aumentava a massa também aumentava o período, já o deles enquanto a massa aumentava o período diminuía. Contrariaram mas nem por isso pode estar errado, pode ter acontecido dos modos diferentes de se resolver, com medidas diferentes, principalmente um exemplo: o relógio.

Note-se que para a NATI, por exemplo, a dúvida sobre a conclusão apresentada pelo seu grupo não se encontrava na "incoerência" dos quatro dados que haviam obtido, mas no fato de que o outro grupo, que também desenvolveu a ATIVIDADE 2, não tinha chegado à essa mesma conclusão. Embora procure explicar que tal divergência seja devida aos diferentes procedimentos e materiais adotados pelos grupos, não faz alusão, particularmente, ao dado do GRUPO 4 que envolve o desvio encontrado, o que nos leva a depreender que esse foi mesmo negado em favor da tendência apresentada.

O mesmo ocorreu com o aluno RÊNIO:

Entre os resultados obtidos pelos grupos 4 e 6, que executaram a atividade 2, não podemos tirar nenhuma conclusão; isso porque o grupo 4 concluiu que com a variação da massa o período de oscilação aumentava. Já o grupo 6 concluiu que com a variação da massa o período de oscilação diminuía.

Da mesma maneira que a NATI, a aluna ARIÊ procura explicar as divergências entre os grupos:

As atividades desenvolvidas pelo grupo foram a base de idéias e participação do grupo, as medidas foram feitas a base de régua e outros. Os resultados encontrados pelo grupo foram feitos e refeitos, sem contar erros. Após os resultados chegamos à conclusão que quanto maior a massa, maior o período de oscilação. Os resultados do grupo 6, contra dizem o nosso resultado, que quanto menor a massa maior o número de oscilações, talvez porque eles tenham feito em 1 oscilação e a gente em 5 oscilações.

Para os três componentes do GRUPO 4, portanto, a mesma conduta. Negam o fator volume e o novo dado atribuindo a impossibilidade de chegarem a uma conclusão definitiva, tão somente à divergência entre o seu grupo e o GRUPO 6 no que se refere às tendências encontradas.

* * *

Em resumo. Por não se disporem a procurar atentamente um pêndulo que tivesse o mesmo volume que os dois já escolhidos (de 30g e 51,45g) dentre o material disponível, os componentes do GRUPO 4 introduziram em seus procedimentos um novo fator com a escolha do frasco de massa 163,55g. Trata-se do fator volume que foi negado por esse grupo, tanto por não terem atentado para o fato de que os seus quatro dados—se agrupados pelo critério de volume do pêndulo—apresentariam a mesma tendência, quanto por privilegiarem a tendência dos três primeiros dados, omitindo o período do pêndulo de massa 82,2g.

Por outro lado, vimos que o desvio entre os valores de tempo apresentados, embora pudesse advir, em parte, da pouca habilidade em tomar as medidas, foi acentuado muito pro-

vavelmente pela falta de controle do fator comprimento.

Quanto à variação da amplitude, vimos que negaram esse fator, apesar de terem contado as cinco oscilações. Todavia, tivemos oportunidade de constatar, tratou-se de um procedimento que não foi aceito como o mais adequado para a variação da amplitude. Além disso, verificamos que a adoção de uma amplitude relativamente pequena para a posição de largada e a contagem das cinco oscilações, foi mais um produto das nossas sugestões, quase tomadas como solicitações, do que um produto das suas próprias convicções.

Todavia, dois fatos aparecem com certa nitidez neste grupo. O primeiro, do qual ainda pouco convencidos, foi a aceitação da medida relativa em detrimento da medida invariável, o que pode indicar a presença, ainda que incipiente, de mecanismos que os levam a compreender "intuitivamente" a questão, já que a solução não foi posta como absurda pelos seus componentes. Isto, de certa forma, indica a presença de estruturas lógicas em formação, por aceitarem essa possibilidade.

O segundo refere-se à rejeição dos dados que não se coadunavam com uma tendência que eles estavam observando, mais fruto de uma não sistemática forma de coleta dos mesmos, do que realmente um fato a ser constatado a partir de observações sistemáticas. Dentro desse contexto, todo dado que não seguia essa tendência vislumbrada, era considerado como errado. Quando o erro persistia (caso do frasco grande de massa 82,2g) o valor correspondente foi simplesmente retirado do conjunto dos demais, inclusive do próprio Relatório de Atividades. É um tipo de conduta onde não se retira sistematicamente informações para depois se observar as tendências, mas onde se estabelece uma tendência a partir de poucos dados e depois se nega todos os que não comprovam essa tendência; um raciocínio absolutista, que não considera exceções, aceitando apenas os dados não contraditórios.

c) - "aceitação" da medida relativa, planejamento dos procedimentos e ausência de critérios para definição de uma tendência.

O terceiro grupo que tendeu a aceitar a medida relativa foi o GRUPO 7. Este era composto pelas alunas MENA, SULA, LUCI e MARA que se propuseram a desenvolver a ATIVIDADE 3 - Escolha uma posição de largada e uma massa para o pêndulo. Varie o comprimento do pêndulo, medindo para cada um o período de oscilação. Mantenha sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.

As principais decisões relativas aos procedimentos adotados por esse grupo se distribuíram entre as alunas MENA, SULA e LUCI, sendo que a aluna MARA, que deixava de participar dos trabalhos desse grupo há algum tempo, parou de frequentar a escola, como já dissemos, desde o 2º DIA DE ATIVIDADES.

A realização dessa atividade para o GRUPO 7 também ocupou o tempo previsto para tanto (150 minutos); 50 minutos do 1º DIA DE ATIVIDADES e 100 minutos do 2º DIA DE ATIVIDADES.

Veremos aqui como esse grupo oscila entre a aceitação da medida relativa e da medida absoluta para o período do pêndulo. Situação causada, principalmente, pela divergência de opiniões entre suas componentes. Contudo, a identificação de um problema comum a todas levou-as a um planejamento cuidadoso de seus procedimentos que redundou na opção "necessária" da medida relativa. Apesar de terem obtido dados relativamente precisos devido a esse planejamento, apresentaram, entretanto, critérios pouco consistentes para o estabelecimento da regularidade por eles demonstrada.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

A atividade atribuída ao GRUPO 7, de acordo com a nossa sugestão inicial, seria a ATIVIDADE 1. Posteriormente verificamos que a escolha desse grupo recaiu sobre a ATIVIDADE 3.

Quanto à escolha do frasco a ser utilizado como pêndulo não nos fizeram nenhuma consulta. Espontaneamente, pegaram o frasco pequeno de massa 104,9g sem dar a esse fato maior relevância.

Com a haste suporte, já adquirida, montaram o pêndulo dispondo a mesma sobre a mesa de uma das suas carteiras. Como nos demais grupos, ajustaram o pêndulo para um comprimento relativamente pequeno (15 a 20cm) e manipularam-no sentadas em suas carteiras. Dessa maneira, deram início às suas primeiras tentativas experimentais.

A aluna MARA não participava dessas operações. Perambulava pela classe o tempo todo e sequer procurava se inteirar do que suas colegas faziam. Havia se decidido a sair da escola e isso estava prestes a acontecer.

Após algumas tentativas experimentais a aluna LUCI nos chamou para dizer que não havia *jeito* de medir o tempo de uma oscilação porque o movimento do pêndulo era *muito rápido*. Referia-se ao fato do *tempo ser muito rápido* durante uma única oscilação.

Na verdade, não haviam tentado fazer nenhuma medida de tempo, apenas haviam avaliado a sua "rapidez" a partir da observação do pêndulo. Para isso, soltavam o pêndulo de uma amplitude inicial de 90° e deixavam-no oscilar livremente.

Frente à afirmação da LUCI, em primeiro lugar sugerimos que observassem o pêndulo de uma posição mais adequada; sentadas no chão ou abaixadas. As alunas SULA e LUCI atenderam à nossa sugestão e aumentaram o comprimento do pêndulo para uns 50cm, aproximadamente. Nessa posição torna-se difícil trabalhar com comprimentos pequenos para o pêndulo.

Em segundo lugar, procuramos estabelecer uma analogia entre a limitação, por elas apontada, afeita no pêndulo, e a limitação associada à medida da espessura de uma folha de papel ou do volume de uma gota d'água.

Perguntamos a elas se a dificuldade de medir o tempo de uma única oscilação não era semelhante à de tentar medir a espessura de uma folha de papel com auxílio de uma régua comum, milimetrada, ou, ainda, o volume de uma gota d'água a partir de um conta-gotas. Acrescentamos: "se nós medirmos a espessura de uma pilha de 100 folhas de papel e obtivermos, digamos, um centímetro, quanto deverá medir a espessura de uma única folha?".

- *Seria um centímetro por 100.* - responderam.

- "E quanto ao volume de uma gota d'água a partir de um conta-gotas" - perguntamos. "Se coletarmos 1000 gotas desse líquido e soubermos do seu volume, como poderemos saber o volume de uma única gota?"

- *É só dividir por 1000.* - disseram.

A aluna MENA tomou a palavra:

- *Então ... é o que eu acho que tinha falado pra elas... quando a gente conta o tempo ... por exemplo, quantas (oscilações) o pêndulo dá em 30 segundos?... A gente conta quantas oscilações e depois divide..."*

Nesse momento a aluna SULA acrescentou uma objeção com a qual a LUCI concordou:

- *...mas quando a gente fica contando as oscilações, o ângulo muda (de uma oscilação para a outra)... o ângulo - acrescentou - não fica fixo.*

- "Mas...quando o ângulo diminui, o período (tempo de cada oscilação) também diminui?" - perguntamos.

Todas acharam *óbvio* que sim.

Diante dessas manifestações, fizemos duas sugestões às alunas do GRUPO 7 com as quais demonstraram concordar, em princípio. Primeiro, que entrassem em contato com aqueles grupos que estavam tentando verificar se a amplitude de oscilação influiu no valor período do pêndulo. Estávamos falando daqueles grupos que desenvolviam a ATIVIDADE 1. Depois, sugerimos que adotassem amplitudes iniciais inferiores a 90° , para verificarem se a variação desse fator não se alterava.

Posteriormente, tivemos oportunidade de constatar que as nossas sugestões não foram levadas em consideração.

Com esses acontecimentos encerrava-se o primeiro dia de atividades para o GRUPO 7.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

Logo no início da aula correspondente a esse dia, as componentes do GRUPO 7, agora com a ausência da colega MARA, montaram o pêndulo e retornaram às suas tentativas experimentais. O pêndulo era o mesmo que haviam escolhido na aula anterior.

Desta vez estavam tentando medir efetivamente o tempo. Largavam o pêndulo da amplitude inicial de 90° , ou "posição de largada de 0° ", como vieram a denominá-la e procuravam medir o tempo relativo a uma única oscilação.

Permaneceram nessas tentativas durante algum tempo e não se mostraram satisfeitas com os resultados que obtinham. A "rapidez" do movimento do pêndulo durante uma oscilação impedia uma avaliação métrica satisfatória para o tempo.

Instantes depois, observamos que alteraram seus procedimentos. Mantiveram a posição de largada, mas, ao invés de contarem uma única oscilação, procuravam contar o número de oscilações completas executadas pelo pêndulo, durante um intervalo de tempo que correspondesse a um número inteiro de segundos.

Para conseguirem esse intento necessitavam de um bom sincronismo de sinais entre elas e de uma observação apurada para detectar a simultaneidade dos eventos. A aluna LUCI que marcava o tempo no seu relógio de pulso, esperava que o ponteiro de segundos coincidisse com um dos doze traços do mostrador do relógio, que indicam as horas inteiras para o ponteiro das horas. Nesse instante dizia *já* para a aluna SULA que manipulava o pêndulo. A partir daí a SULA passava a contar o número de oscilações completas executadas pelo pêndulo. Quando a LUCI percebia uma simultaneidade entre o número da oscilação "cantada" pela SULA e a posição do ponteiro dos segundos sobre um dos sessenta traços do marcador do seu relógio, parava de marcar o tempo e considerava o número de oscilações que havia ocorrido. Dividiam o tempo pelo número de oscilações e marcavam o período para o comprimento correspondente do pêndulo. A MENA se encarregava disso.

Esse procedimento solicitou dessas alunas um certo treino até que se considerassem satisfeitas com os resultados.

Quanto ao comprimento do pêndulo, avaliaram-no previamente a cada variação. Para isso, construíram uma escala no fio do pêndulo. A partir da tampa do frasco, marcavam o fio de 10 em 10cm, com auxílio de uma caneta esferográfica azul.

Dessa forma, as componentes do GRUPO 7 conseguiram dois dados para o "tempo". Um relativo ao comprimento de 50cm para o fio do pêndulo (1,6s) e o outro relativo a 30cm desse comprimento (1,3s). Estavam satisfeitas com esses dados para concluir que o "tempo" aumentava com o comprimento.

De posse desses dados, dirigiram-se ao GRUPO 3 no momento em que discutíamos com a aluna NETA desse grupo a necessidade ou não da obtenção de mais que duas medidas para chegar à conclusão que havia chegado seu grupo acerca da relação entre o período e o comprimento do pêndulo.

As alunas do GRUPO 7 não nos dirigiram a palavra, mas retomaram as suas medidas coletando mais um dado para o tempo relativo ao comprimento de 60cm para o fio do pêndulo (2,0s).

Depois disso, a aluna SULA retornou ao GRUPO 3 mantendo contato com as alunas CIRA e NETA. Pretendia comparar os seus resultados com os desse grupo.

Ao final da aula desse segundo dia de atividades a aluna LUCI nos disse que parecia que os dois grupos estavam certos. Isto devido ao fato de chegarem à mesma conclusão.

Durante o PAINEL da aula seguinte o GRUPO 7 nos apresentaria os dados que se seguem.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 7

Posição de largada	0°	0°	0°
Massa _____	104,9g	104,9g	104,9g
Comprimento _____	50cm	30cm	60cm
Oscilações _____	1	1	1
Tempo _____	1,6s	1,3s	2,0s

O primeiro aspecto a ser apontado, dentre as condutas apresentadas pelas componentes do GRUPO 7, refere-se à reação que exibiram frente à analogia que estabelecemos entre o processo de determinação do volume de uma gota d'água, ou a espesseza de uma folha de papel, e a contagem de várias osculações para a medida do período do pêndulo. Como vimos, essa analogia se originou da limitação, por elas apresentada, relativa à rapidez do movimento do pêndulo durante uma única oscilação, que as impossibilitava de medir o período com precisão.

O volume de uma gota d'água obtido por um conta-go-tas e a espessura de uma folha de papel têm dimensões muito pequenas, tendo em vista instrumentos disponíveis para medi-los, como uma proveta graduada em mililitros ou uma régua graduada em milímetros, respectivamente. Da mesma maneira, o tempo relativo a uma única oscilação de pêndulos com comprimentos inferiores a 1,0m é suficientemente pequeno para ser avaliado, tendo-se em disponibilidade um relógio de ponteiros dos convencionais, muito embora esse instrumento possa não ser o único responsável pela precisão das medidas com ele efetuadas.

Existe, portanto, uma certa semelhança entre os três casos aqui presentes, no que se refere às dimensões das grandezas a serem medidas, tomadas em relação aos instrumentos a serem utilizados. A essa semelhança associamos o processo que sugerimos para a determinação de cada uma dessas grandezas, ou seja, primeiro medir um número suficiente de unidades para, em seguda, avaliar uma delas. Com esse processo propusemos superar a limitação relativa às pequenas dimensões de volume, espessura ou tempo, adotando-se os mesmos instrumentos de medida disponíveis.

Assim, se não nos é possível avaliar o volume de uma gota d'água, proveniente de um conta-gotas, a partir de uma proveta graduada em mililitros, esse mesmo dispositivo poderá nos ser útil para medirmos o volume de, digamos, 1000 ou 2000 gotas, com boa precisão. A régua graduada em milímetros que é insuficiente para medirmos a espessura de uma única folha de papel é, no entanto, suficiente para que possamos medir a espessura de 100 ou 200 dessas folhas. Com um relógio de ponteiros, dos de pulso, que nos permite avaliar, com dúvidas, até 0,5s, torna-se difícil medir o tempo relativo a uma única oscilação de um pêndulo cujo período pode conter frações de segundo inferiores à capacidade de precisão do instrumento. Nesse caso, medindo-se o tempo transcorrido durante 10 ou mais oscilações, poderemos avaliar tais frações de tempo, embora não possamos atribuir a elas o significado de período absoluto do pêndulo.

Se, por um lado, esses três casos comportam uma certa semelhança relativa à limitação imposta pelo instrumento de medida disponível quando se pretende determinar cada uma das unidades em separado, por outro lado, eles diferem entre si quanto à natureza de cada um, tendo-se em vista o processo sugerido.

Os valores dos volumes das gotas d'água provenientes de um conta-gotas diferem entre si devido à técnica de obtenção, às características do próprio conta-gotas, ou mesmo às ligeiras alterações do líquido, relevantes para o processo e ocorridas durante o experimento. Esses fatores podem se combinar de diferentes maneiras proporcionando, no entanto, volumes, para cada uma das gotas, que indicam uma certa tendência. As primeiras ou as últimas gotas obtidas podem apresentar volumes bem próximos a essa tendência a menos que algum fator externo interfira substancialmente no processo.

Com a espessura das folhas de papel ocorre algo semelhante. Uma folha de papel, de um caderno por exemplo, quando tomada em separado, não só não apresenta uma espessura uniforme, como também difere, quanto a essa característica, das demais folhas. Entretanto, adotando-se o processo sugerido podemos dizer que a espessura de uma folha de papel, desse caderno, está bem próxima a um certo valor médio obtido.

Dito de outra forma, tanto o volume da gota d'água quanto a espessura da folha de papel, não apresentam variações sistemáticas, podendo-se extrair dessas grandezas tendências em relação às quais cada uma das unidades respectivas apresentam valores bem próximos.

No caso do período do pêndulo, a situação é diferente, pois, com a variação inevitável da amplitude durante o seu movimento, espera-se uma variação sistemática do tempo relativo a cada oscilação. Dessa forma, um valor "médio" para o tempo de cada uma de dez oscilações medidas, por exemplo, não tem o mesmo significado do valor médio do volume de uma gota ou da espessura de uma folha de papel, tal como consideramos anteriormente. Esse valor "médio" pode corresponder ao período relativo a uma pequena faixa intermediária de amplitude, entre a inicial e a final, das dez oscilações, mas pode diferir daquele relativo à primeira e à última oscilação. E essa diferença será tanto maior quanto maior for a variação da amplitude durante as dez oscilações contadas. Para o pêndulo, portanto, a avaliação do período, a partir do processo da contagem de várias oscilações, requer a consideração de outro fator, qual seja, o da variação da amplitude. Uma variação muito grande desse fator pode nos proporcionar um valor impreciso do período referente aos diferentes valores assumidos durante as sucessivas oscilações do pêndulo. Com o propósito de detectarmos pequenas diferenças no período devido aos diferentes fatores em jogo, podemos aumentar o número de oscilações, mas, com esse aumento, advém o aumento da variação de amplitude, o que diminui a precisão do resultado a ser obtido. Esse problema é atenuado quando se entende que, para as atividades em questão, as variações de amplitudes em dez oscilações (número máximo adotado pelos alunos) são pequenas o suficiente para que as diferenças de período entre a primeira e a última oscilação estejam dentro de um intervalo de tempo situado na casa dos décimos ou centésimos de segundo. Mas, se não dispusermos dessa ordem de grandeza previamente, devemos supor que a obtenção do período, por intermédio da contagem de várias oscilações, pode resultar num dado bastante impreciso, pelo menos quando se quer que o valor relativo a esse fator se refira à posição em que largamos o pêndulo.

Foi algo relativo a essa suposição que levou as alunas SULA e LUCI do GRUPO 7 a discordarem da nossa sugestão; a de contar várias oscilações para a determinação do período do pêndulo. Segundo elas, o período do pêndulo deveria diminuir com a variação da amplitude, motivo esse suficiente para não aceitarem a nossa sugestão. Elas concordavam com esse processo para a determinação do volume da gota d'água e da espessura da folha de papel, mas para o caso do pêndulo alegaram que a amplitude variava e que não era a mesma coisa que os dois outros casos. Isso significa que, num primeiro momento, para a SULA e para a LUCI, o procedimento de medir o tempo relativo a várias oscilações e dividi-lo pelo número dessas oscilações, só seria possível caso a amplitude não variasse, pois não saberiam lidar com a concorrência desse fator. Em outros termos, uma medida de tendência central, como a média, não é aceita como representativa de um conjunto de medidas, por poder não representar uma medida real, sendo distante dos maiores e menores valores das medas.

Quanto à aluna MENA, essa demonstrou não se importar com a variação da amplitude. Aceitou a nossa sugestão (que ela mesma já havia feito às suas colegas), procurando inclusive esclarecer como deveria proceder para chegar ao valor do período do pêndulo: *quando a gente conta o tempo... por exemplo, quantas (oscilações) o pêndulo dá em 30 segundos? ...A gente conta quantas oscilações e depois divide...*

Apesar disso, ela concordava com as suas colegas de grupo, que o período do pêndulo diminui com a amplitude. Ora, se ela aceitava a nossa sugestão e ao mesmo tempo admitia que o período diminuía com a amplitude, temos aí alguns aspectos a considerar.

Primeiro, tomando a ATIVIDADE 3 como um todo, talvez a aluna MENA estivesse mais interessada em comparar o número de oscilações executadas pelos pêndulos de diferentes comprimentos, durante um mesmo intervalo de tempo, do que em determinar, com precisão: o período de cada um deles. Isso poderia auxiliá-la a avaliar se o período varia ou não com o comprimento do pêndulo bem como saber como seria essa variação. Assim, ela estaria considerando um certo valor (médio) para o tempo relativo a ca

da comprimento do pêndulo, sem considerar o quanto esse tempo varia de oscilação para oscilação. Nesse caso, no entanto, de forma antecipada, ela estaria negando o fator comprimento do fio em relação à variação da amplitude, já que, até então, ela não sabia se tal fator interferiria ou não no valor dessa variação. Havendo tal interferência, como de fato ocorre, o comprimento do fio, por intermédio do valor da variação da amplitude, estaria igualmente interferindo no valor do período do pêndulo. Sendo assim, ao adotar diferentes comprimentos sem se dar conta da influência (mediada) desse fator sobre o período, a aluna MENA não poderia concluir se o número de oscilações, durante um certo intervalo de tempo, diminui, exclusivamente devido ao aumento do comprimento do fio, ou se isso ocorre pelo fato desse aumento alterar o valor da variação da amplitude que, por sua vez, interfere no período do pêndulo.

Na verdade, pudemos verificar que comprimentos maiores do pêndulo implicam em maiores variações de amplitude, para um mesmo número de oscilações. Tomando-se, então, somente o fator variação de amplitude podemos dizer que o tempo médio de cada oscilação será tanto menor quanto maior for essa variação, uma vez que o período do pêndulo tende a diminuir com a amplitude, tal como admitiram as alunas do GRUPO 7.

Obtendo-se, por outro lado, valores maiores para o tempo médio de cada oscilação, ao aumentarmos o comprimento do fio do pêndulo, como ocorreu com essas alunas — quando, pela influência exclusiva da variação da amplitude esse tempo deveria ser menor — é possível concluir não só que o período aumenta com esse comprimento, como também que a influência desse fator sobre o período é maior que a do fator variação de amplitude.

Para chegar a essa conclusão seria necessário verificar a grandeza da variação da amplitude em função do comprimento do fio do pêndulo, coisa que, evidentemente, a aluna MENA não fez. Daí que, se de fato ela considerou a ATIVIDADE 3 como um todo, negou, como já afirmamos, o fator comprimento do fio do pêndulo ao aceitar a nossa sugestão, sem se importar com o fator variação da amplitude.

Uma segunda possibilidade a considerar é a de que a aluna MENA não tenha tomado, realmente, a ATIVIDADE 3 como um

todo, onde a variação do comprimento do fio do pêndulo sequer estaria sendo, ainda, cogitada. No momento, poderia estar interessada tão somente em determinar um valor médio para o período do pêndulo, conjugando assim a contagem de várias oscilações, decorrente da nossa sugestão, com a variação da amplitude e a sua conseqüente interferência no tempo relativo a cada oscilação, aliás admitida por ela.

Tal conjunção equivaleria a admitir que, embora o período decrescesse com a variação da amplitude, os valores de tempo relativos às primeiras oscilações compensariam aqueles relativos às últimas. Assim, o resultado da divisão obtida entre o tempo e o número de oscilações estaria fornecendo a ela um período médio para o pêndulo dentro de uma certa faixa de variação de amplitude.

Todavia, justamente por não envolver o comprimento do pêndulo, essa conduta poderia receber a conotação de um simples vencer a tarefa de medir o tempo médio de uma dentre várias oscilações, sem tomar o valor obtido em relação a qualquer outro uma vez que, dentre todos os fatores em jogo, somente o número de oscilações e o tempo estariam sendo considerados.

Podemos dizer, portanto, que, tomando ou não a ATIVIDADE 3 como um todo, considerando um tempo médio para cada oscilação, de forma implícita ou explícita, essas duas possibilidades que aventamos implicam na admissão, por parte da aluna MENA, de uma certa conexão entre a contagem de várias oscilações e a variação da amplitude do pêndulo, muito embora num caso e no outro o problema relativo a tal conexão não teria sido plenamente solucionado.

Por outro lado, a admissão desse problema guarda estreita relação com a diferenciação dos três casos envolvidos, por analogia, no processo de medida do período por nós sugerido, visto que esse problema é característico do pêndulo e não da gota d'água ou da folha de papel. Lembremo-nos que foi exatamente por terem diferenciado esses três casos que as alunas SULA e LUCI não aceitaram a nossa sugestão. No que se refere à aluna MENA, no entanto, tratava-se da mesma coisa, não havendo diferença em contar várias oscilações, várias gotas d'água ou medir a espessura de várias folhas de papel.

O que nos leva a depreender que, para ela, o problema relativo à conexão entre os aspectos exclusivos do pêndulo, de fato, não ocorreu. Dito de outra forma, a conduta marcante da aluna ME NA nesse primeiro momento de atividade estaria no fato dela não estabelecer uma conjunção entre a nossa sugestão, que também foi dela, da contagem de várias oscilações, e a admissão de que o período diminuía com a diminuição da amplitude, inevitável durante o movimento do pêndulo. Não se tratava, pois, de tomar ou não a ATIVIDADE 3 como um todo, nem de considerar um tempo médio para cada oscilação do pêndulo, mas, sim, de admitir um procedimento que fosse capaz de superar, única e exclusivamente, a limitação associada à contagem de uma única oscilação, situação de onde se originou nossa sugestão. Dessa maneira, a contagem de várias oscilações, a variação da amplitude e a variação do período com a amplitude seriam, para a MENA, três fatos isolados, sem conexão com o tempo a ser medido. Isso nos leva a concluir que, ao aceitar a nossa sugestão sem considerar a distinção entre os três casos envolvidos, a aluna ME NA negou o fator variação da amplitude e, conseqüentemente, a relação entre esse fator e o período do pêndulo, principalmente por estar consciente dela.

Portanto, com relação à nossa sugestão, enquanto a aluna MENA a aceitou com a finalidade de superar uma dificuldade imediata, sem considerar as características específicas de cada um dos três casos em questão, as alunas SULA e LUCI não a aceitaram justamente por admitirem diferenças entre eles, embora não tenham apresentado outra alternativa até aquele momento.

Contudo, se num primeiro momento as discussões entre as componentes do GRUPO 7 giraram em torno da aceitação ou não da nossa sugestão, num segundo momento essas discussões deram lugar a outro problema cuja solução determinou efetivamente os procedimentos desse grupo relativos à medida do período do pêndulo. A saber: o problema associado aos erros nas medidas de tempo advindos da decisão em se fixar o número de oscilações ou o intervalo de tempo. Retomaremos esse problema mais adiante.

Antes, porém, é necessário salientar os elementos de que dispomos para mostrar que realmente, a partir do segundo dia de atividades com o pêndulo, as limitações relativas à

contagem de uma única oscilação, bem como as discussões acerca da possibilidade ou não da contagem de várias oscilações — envolvidas nas analogias que estabelecemos entre a determinação do período do pêndulo, do volume da gota d'água e da espessura da folha de papel — deixaram de figurar no cenário das condutas das alunas do GRUPO 7. Isso devido às reações apresentadas, por essas alunas, a duas outras sugestões que fizemos a elas por ocasião dos comentários acerca dessas analogias, sem contarmos os procedimentos que se seguiram para a medida do período.

Em primeiro lugar, considerando a afirmação, comum às três alunas desse grupo, de que *era óbvio* que o período diminui com a amplitude, sugerimos que elas entrassem em contato com aqueles grupos que estavam desenvolvendo a ATIVIDADE 1. Com isso, pretendíamos mostrar que essa relação entre o período e a amplitude não dependia, tão somente, de uma visão intuitiva do fenômeno em questão e que uma afirmação dessa ordem carecia de uma verificação, tal como estavam tentando fazer aquelles grupos. No entanto, as alunas do GRUPO 7 se recusaram a entrar em contato com outros grupos, com essa finalidade.

Podemos pensar que essa conduta se deveu a uma difficuldade dessas alunas em se relacionar com outros grupos ou com aqueles que estavam desenvolvendo a ATIVIDADE 1. Não foi esse o comportamento exibido por elas em outras situações e com relação aos grupos em geral. De maneira que, preferimos admitir, o fato do período diminuir com a amplitude passou a se tornar irrelevante frente a um outro problema maior concebido a partir de um determinado momento.

Em segundo lugar, sugeríamos que elas adotassem ângulos menores de largada e, assim, verificassem se realmente a amplitude variava tanto quanto para amplitudes iniciais maiores, já que esse fenômeno estava sendo um empecilho para as alunas SULA e LUCI adotarem a contagem de várias oscilações. Apesar de ficarem por verificar isso, como nos prometeram, na verdade não o fizeram, mantendo, nos procedimentos que se seguiram, a amplitude inicial de 90° ou, como apresentaram posteriormente, a posição de largada de 0° . O que nos leva a depreender que, da mesma forma que a relação entre o período e a amplitude tornou-se irrelevante, a partir de um certo momento, a variação da amplitude, tendo em vista a contagem de várias

rias oscilações, passou a se caracterizar como um aspecto secundário de um novo problema identificado pelas alunas do GRUPO 7, como já dissemos.

Logo nas primeiras tentativas experimentais do segundo dia de aula destinado ao estudo do pêndulo, vimos que as componentes desse grupo procuravam avaliar a "rapidez do tempo" de uma única oscilação, largando o pêndulo da amplitude inicial de 90° ou posição de largada de 0° . Note-se que retomaram o procedimento inicial que havia originado a problema relativo à rapidez do movimento de uma única oscilação. Porém, nesta nova situação conceberam uma outra limitação associada ao processo.

Ao tentarem medir o tempo transcorrido durante uma única oscilação, com auxílio de um relógio de ponteiros, verificaram que não obtinham um número inteiro de segundos, o que dificultava a avaliação da medida a ser efetuada. Entre o instante da largada e o instante em que o pêndulo completava uma oscilação, o ponteiro de segundos não percorria um número inteiro de divisões da escala do mostrador do relógio utilizado. Isto é, quando o pêndulo completava uma oscilação, a posição do ponteiro dos segundos não coincidia com nenhum dos traços dessa escala, mas, sim, situava-se entre dois traços sucessivos, revelando um valor para o tempo que comportava frações do segundo. Com isso, não conseguiam registrar um valor para o período do pêndulo, situação que se agravava pelo fato de serem forçadas a avaliar a posição do ponteiro, num certo instante, quando este permanecia em movimento.

Frente a essa situação, aumentar o número de oscilações não eliminaria a limitação associada à avaliação do tempo visto que, mesmo para duas, três ou mais oscilações, o intervalo de tempo correspondente ainda poderia conter frações de segundo. Assim, a nossa sugestão implícita nas analogias que estabelecemos de contarem várias oscilações, para a superação da rapidez do movimento durante uma única oscilação, já não teria mais lugar, pois esse fato estava agora dissociado da nova limitação encontrada na medida do período.

Da mesma maneira, fixar um número inteiro de segundos para avaliar o número de oscilações, não as auxiliaria a superar sua limitação, visto tratar-se da situação recíproca da de fixar o número de oscilações para avaliar o tempo a elas cor

respondente . Dessa forma, a variação da amplitude também deixou de ocupar um lugar de destaque no impedimento do processo da contagem de várias oscilações, como haviam caracterizado as alunas SULA e LUCI. A contagem ou não de várias oscilações estaria agora associada à possibilidade de conseguirem deixar de obter tempos que contivessem frações de segundos nas suas medidas.

De acordo com a nova limitação concebida, na avaliação do tempo, as alunas do GRUPO 7, desprezando, por assim dizer, as questões anteriores, identificaram um novo problema, se considerarmos os procedimentos que se seguiram: contando um número inteiro de oscilações, poderiam obter um tempo fracionário; fixando um número inteiro de segundos, o número de oscilações poderia não ser inteiro. Como solucionar esse problema?

A solução encontrada por elas conjugou os dois aspectos. Ao medirem o tempo referente ao movimento do pêndulo procuraram sincronizar o número inteiro de oscilações com um número inteiro de segundos, ou seja, conceberam que deveria haver um intervalo de tempo tal, que contivesse ao mesmo tempo um número inteiro de oscilações do pêndulo e um número inteiro de segundos do relógio. Com esse procedimento obtiveram o "tempo" de "1" (uma) oscilação para cada "comprimento" adotado do pêndulo.

Embora não tivessem registrado o número de oscilações e o intervalo de tempo correspondentes a cada comprimento do pêndulo, dispomos de elementos que nos indicam quais teriam sido esses dados. Para o comprimento de 50cm contaram três oscilações em 5,0s, obtendo um período de 1,6s que coincide com o que obtivemos experimentalmente e difere de um valor teórico de apenas 0,02s se considerarmos a variação da amplitude durante essas três oscilações. Para o comprimento de 30cm contaram três oscilações em 4,0s, quando, também, pudemos contar quatro oscilações em 5,0s. O valor obtido para o período com esse comprimento do fio do pêndulo difere do valor teórico em menos de 0,1s, computada a variação da amplitude.

Entretanto, se esse procedimento da simultaneidade entre o número de oscilações e o número de segundos resultou em erros relativamente pequenos para os períodos referentes aos comprimentos de 50cm e 30cm, o mesmo não ocorre com o compri-

mento de 60cm. Para este, pudemos avaliar, com erro, até 2,0s para a primeira oscilação. Mas, à medida que aumentamos o número de oscilações essa simultaneidade torna-se cada vez mais difícil. É esperado, teoricamente, que ela venha a ocorrer a partir da nona oscilação, mas aí a variação da amplitude já haveria se encarregado de alterar o valor do período referido às amplitudes próximas à posição de largada de 0° . De qualquer maneira, as alunas do GRUPO 7 não esperavam tanto tempo para a ocorrência da simultaneidade pretendida e acabaram por adotar uma única oscilação para a medida do período do pêndulo com esse comprimento de fio,

Poderíamos pensar que essa conduta se devesse ao fato delas considerarem que após muitas oscilações a amplitude variasse demasiadamente, fenômeno que viria a interferir no valor do tempo a ser obtido. No entanto, isso seria o mesmo que retomar o problema inicial que, como vimos, deixou de figurar a partir da limitação afeita à avaliação de valores fracionários para o tempo. Ademais essa deveria ser uma preocupação precedente às decisões de buscar a tal simultaneidade.

Assim, podemos concluir que a diferença de 0,2s entre o valor mais provável para o tempo relativo à primeira oscilação, a partir da posição de largada de 0° , com um comprimento de fio do pêndulo de 60cm e o valor obtido por essas alunas, por um lado, foi encoberta pelos erros advindos da sincronização de sinais, entre elas, devido à técnica da medida e, por outro, foi circunstanciada pela dificuldade encontrada em fazer coincidir um número inteiro de oscilações com um número inteiro de segundos.

Apesar disso, o procedimento escolhido para a medida do período, por parte das alunas do GRUPO 7, ainda que complexo quanto à sua execução, proporcionou um baixo índice de erros se considerarmos as condições e o material disponível para o desenvolvimento da ATIVIDADE 3.

Quanto à interferência da variação da amplitude no período do pêndulo podemos afirmar que não ultrapassa a casa dos centésimos de segundo para os casos em questão. O mesmo podemos dizer da influência do comprimento do fio sobre o período, mediada pela variação da amplitude.

No entanto, embora a influência da variação da amplitude sobre o período do pêndulo seja irrelevante quanto à sua grandeza, ela figurou como fator decisivo, no primeiro momento das atividades, fazendo com que a SULA e LUCI deixassem de aceitar a sugestão da contagem de várias oscilações. Ora, elas não possuíam informações sobre a grandeza da interferência da variação da amplitude sobre o período do pêndulo, assim não podiam considerá-la desprezível. Por que, então, num segundo momento não se importaram em contar várias oscilações, com uma conseqüente variação de amplitude do pêndulo?

Já tivemos oportunidade de comentar que o novo problema, associado à sua avaliação mais precisa do tempo, suplantou para elas os problemas anteriores. Mas nem por isso a variação da amplitude do pêndulo deixou de ocorrer, quando buscaram a simultaneidade entre o número inteiro de oscilações e de segundos.

Na verdade, para as alunas SULA e LUCI tudo se passou como se a variação da amplitude estivesse associada única e exclusivamente à possibilidade da contagem de várias oscilações, esta caracterizada, num primeiro momento, simplesmente como uma sugestão para a superação da rapidez do movimento do pêndulo. Num segundo momento, no entanto, a variação da amplitude se dissocia da contagem de várias oscilações uma vez que esta, agora, passa a ser decorrente da necessidade de um certo sincronismo que vem atender a um problema que, para elas, nada tem a ver com as situações anteriores.

Assim, se num primeiro momento a variação da amplitude figura como fator relevante tendo em vista um procedimento a ser adotado, num segundo momento esse fator é negado por intermédio do mesmo procedimento, transfigurado, porém, pela necessidade de atendimento a um problema de outro caráter.

Algo semelhante ocorreu com o fator posição de largada envolvendo as três alunas do GRUPO 7. Até as primeiras tentativas experimentais, do segundo dia de atividades com o pêndulo, a posição de largada correspondente à amplitude inicial de 90° destinava-se a compensar a rapidez do movimento relativo a uma única oscilação. Isto porque as alunas achavam óbvio que ao aumentarem a amplitude aumentariam também o valor do período, estabelecendo, dessa forma, uma relação direta en

tre o percurso e o tempo correspondente a cada meia-oscilação do pêndulo, relação essa que uma vez predeterminada, implica em admitir, por antecipação, que a velocidade do pêndulo é a mesma qualquer que seja sua amplitude. Sendo assim, a rapidez do movimento do pêndulo seria controlada apenas pelo seu percurso. Daí a escolha de uma posição de largada correspondente à amplitude máxima possível para esse pêndulo.

Disso decorre que no primeiro momento considerado a escolha da posição de largada estava associada ao fator tempo, por intermédio do percurso do pêndulo: maior percurso, mais tempo e vice-versa.

No segundo momento, no entanto, vimos que o fator percurso não chega a figurar como variável para que as alunas desse grupo viessem a conseguir o sincronismo entre um número inteiro de segundos e de oscilações. Como vimos, a variação da amplitude, que envolvia a variação do percurso, foi compensada ao estabelecerem o procedimento necessário para atingirem o sincronismo desejado.

Nesse segundo momento, pois, o fator tempo dissociou-se, para essas alunas, do fator posição de largada ou amplitude do pêndulo. Por sua vez, a posição de largada que inicialmente desempenhava a função de compensar a rapidez do movimento do pêndulo, para efeitos de medida, passou a ser um fator integrado frente a um novo problema identificado por essas alunas. Ou seja, durante as medidas que efetivamente contribuíram para a obtenção dos dados relativos a essa atividade, a escolha da posição de largada de 0° figurou como um procedimento destituído da sua função original e de qualquer outra função, a não ser a de manter o que já havia sido feito até então. Em outras palavras, as alunas do GRUPO 7 poderiam se propor a conseguir o sincronismo desejado a partir de qualquer posição de largada. Dessa forma se o segundo momento aventado das atividades do GRUPO 7 proporcionou a negação do fator variação da amplitude para as alunas SULA e LUCI, ele contribuiu, outrossim, para que a posição de largada, agora para todas as componentes desse grupo, se tornasse um fator integrado aos demais, não chegando, portanto, a figurar sequer como variável isolada.

Outro aspecto a considerar refere-se à escolha dos comprimentos do pêndulo efetuada por esse grupo. Como descreve

mos anteriormente, as alunas do GRUPO 7 já estavam satisfeitas com apenas dois valores diferentes para o comprimento (50cm e 30cm) quando, então, assistiram à discussão que mantivemos com o GRUPO 3 acerca da variação desse fator. Na oportunidade, perguntávamos ao GRUPO 3, em particular à aluna NETA, se dois valores diferentes para o comprimento do pêndulo eram suficientes para que pudéssemos concluir algo sobre a sua relação com o fator período. Essa pergunta sugeria, implicitamente, a necessidade não só de se escolher mais do que dois comprimentos diferentes para o pêndulo, como também de se verificar se o período relativo aos valores intermediários para o comprimento, dentre os já escolhidos, mantinha a tendência até então encontrada.

Já tivemos oportunidade de analisar os efeitos produzidos por essa sugestão ao GRUPO 3. Quanto às alunas do GRUPO 7, limitaram-se a escolher mais um comprimento para o fio do pêndulo (60cm) e a determinar o valor do seu período correspondente. Embora esse valor de 60cm guarde uma relação métrica com o comprimento anterior de 30cm (dobro), para essas alunas, no entanto, essa relação não foi senão qualitativa, ou seja, ao mesmo tempo que é diferente, trata-se de um valor maior que os demais; apenas isso. O mesmo podemos dizer dos dois primeiros valores adotados.

Paralelamente a isso, dois critérios permearam os procedimentos relativos às medidas dos comprimentos do fio do pêndulo. Primeiro, para todos eles, a determinação de seus valores precederam as medidas de tempo. Segundo, tratava-se de valores múltiplos de 10cm. Ambos os critérios foram viabilizados pela demarcação prévia do fio do pêndulo de 10 em 10 centí metros como já comentamos.

Por outro lado, tivemos oportunidade de verificar, a tendência da variação do período em relação à variação do comprimento do fio do pêndulo já havia sido determinada, para as alunas do GRUPO 7, tendo em vista apenas os dois primeiros dados obtidos, muito embora ela tivesse sido, de fato, confirmada somente depois de a terem comparado com os resultados apresentados pelo GRUPO 3. Dito de outra forma, apesar dos procedimentos relativos às medidas do período, adotados pelas alunas do GRUPO 7, permitirem um baixo índice de erros e apesar

da tendência revelada pelos dados que obtiveram, a confirmação de que o período aumenta com o comprimento do fio do pêndulo só se efetivou após a conclusão estabelecida pelo GRUPO 3.

Por estas razões e pela interação que as alunas do GRUPO 7 mantiveram com o GRUPO 3 durante o desenvolvimento das atividades, podemos afirmar que aquelas revelaram uma dependência em relação a este grupo no que se refere a algumas decisões. Dentre essas decisões acrescentamos a própria escolhida ATIVIDADE 3, quando, pela nossa sugestão inicial, a atividade designada para o GRUPO 7 seria a ATIVIDADE 1. O GRUPO 3, no entanto, acompanhou simplesmente a nossa sugestão.

Portanto, para as alunas do GRUPO 7, não obstante a sua autonomia revelada na tentativa de solucionar seus próprios problemas, o GRUPO 3 se caracteriza como avaliador dos seus resultados. E isso seria facilitado pelo fato dos dois grupos desenvolverem a mesma atividade.

Por outro lado, não podemos afirmar que essa dependência em relação ao GRUPO 3 tenha sido indiferenciada no que se refere às alunas do GRUPO 7. Isto porque enquanto as alunas SULA e LUCI procuraram validar a conclusão do seu grupo, tendo em vista apenas os resultados do GRUPO 3, a aluna MENA, no seu Relatório de Atividades confirma essa conclusão a partir de concepções acerca do fenômeno em questão, engendradas autonomamente. Vejamos como ela se expressa a respeito:

*Durante a aula em que ocorreu esse comentário, quando passaram os resultados na lousa pensei:
- Um pêndulo com qualquer peso (mais ou menos 1 quilo), qualquer comprimento (mais ou menos 1 metro) comparado com uma balança no parque com uma criança balançando, tendo os dois a mesma posição de largada a balança demoraria mais para completar uma oscilação. Acho que isso (fora do assunto) ainda dá para dar a mesma conclusão.*

E acrescenta a seguir:

Por isso chegamos a seguinte conclusão: Quanto maior for o comprimento do pêndulo, maior é o tempo de oscilação. E isso confirma com os resultados do grupo 3 que foram os mesmos. E a maior prova, no meu pensamento, é o exemplo que dei anteriormente, a balança no parque em movimento.

Assim, se durante o desenvolvimento da ATIVIDADE 3 as alunas do GRUPO 7 como um todo necessitaram conhecer as conclusões de outro grupo para validarem seus resultados, depois disso, a aluna MENA se diferencia das demais porquanto passa a criar uma analogia própria entre o fenômeno estudado, numa determinada situação, e o fenômeno manifesto noutra situação, no caso, balanço dos parques infantis. Para a aluna MENA, portanto, a conclusão acerca da relação, ainda que qualitativa, entre o período e o comprimento do pêndulo, despreendeu-se da confirmação de um outro grupo, tornando-se parte das suas próprias abstrações.

* * *

Em resumo. O desenvolvimento da ATIVIDADE 3 por parte do GRUPO 7 se caracterizou por dois momentos distintos. O primeiro, voltado para a tentativa de solucionar o problema que as alunas desse grupo identificaram, afeito à limitação associada à rapidez do movimento do pêndulo tendo em vista o procedimento da contagem de uma única oscilação para a determinação do período. O segundo, caracterizado pela identificação de um novo problema, associado à necessidade de uma simultaneidade entre um número inteiro de oscilações do pêndulo e de segundos, para que não obtivessem valores fracionários relativos a esses dois fatores. Tomado em relação ao anterior, esse novo problema determinou de tal forma os procedimentos que levariam esse grupo à obtenção dos seus dados, que tudo se passou como se a limitação relativa à rapidez do movimento do pêndulo durante uma oscilação deixasse de existir.

Quanto às condutas das componentes do GRUPO 7, pudemos verificar que não foram as mesmas num e noutra momento. Enquanto as alunas SULA e LUCI, no primeiro momento, não aceitavam a nossa sugestão da contagem de várias oscilações, caracterizando o fenômeno da variação da amplitude como fator limitador do processo, a aluna MENA nega esse fator e a sua relação já admitida com o período ao aceitar tal sugestão, única e exclusivamente para conseguir superar a rapidez do movimento do pêndulo.

Já no segundo momento, as três alunas são unânimes, não só na concepção que determinou o problema, como também na forma de solucioná-lo: buscar um sincronismo entre um número inteiro de oscilações e um número inteiro de segundos. Embora o procedimento resultante dessa solução tenha revelado um baixo índice de erros, pudemos concluir que, em particular, as alunas SULA e LUCI negaram, aí, o fator variação da amplitude uma vez que, desde o início, esse fator impediria a contagem de várias oscilações pela sua interferência no valor do período, razão pela qual não vieram a aceitar a nossa sugestão.

No que se refere à escolha da posição de largada de 0° , esta figurou, para as três alunas, num primeiro momento, como um fator compensador da rapidez do movimento do pêndulo durante uma única oscilação. No segundo momento, no entanto, ela perde essa função tornando-se um fator isolado dos demais quando concebemos que os procedimentos adotados voltavam-se à solução de um problema que deixou de envolver a rapidez do movimento do pêndulo.

As três alunas voltam a ter condutas semelhantes quando decidem medir o período para o terceiro e último comprimento adotado simplesmente por seguirem nossa sugestão feita ao GRUPO 3 e não por identificarem uma necessidade para poderem concluir acerca da relação entre esses fatores. Essa já havia sido estabelecida desde a obtenção do período relativo ao segundo comprimento adotado para o fio do pêndulo, muito embora sua confirmação só viesse com a conclusão idêntica estabelecida pelo GRUPO 3.

A partir daí, a aluna MENA revela-se diferenciada de suas colegas, tanto quanto pudemos depreender, quando passa a tomar como verdadeira a conclusão de que o período aumenta com a amplitude não só pelo fato de outro grupo chegar à mesma conclusão, como o fizeram as alunas SULA e LUCI, mas, sobretudo, por estendê-la a outra situação que envolvia o mesmo fenômeno.

d) - algumas considerações

Do conjunto dos procedimentos exibidos pelos três grupos referidos neste capítulo, a contagem de várias oscilações assinala, de uma ou de outra forma, e cada um à sua maneir

ra, uma tendência em aceitarem, como já dissemos, a medida relativa para o período do pêndulo. Isto porque a esse procedimento devemos acrescentar a ciência da variação da amplitude e a suposição da interferência desse fator sobre o período, como manifestaram aqueles componentes responsáveis pelas principais decisões de seus grupos.

Sendo a variação da amplitude um fator inerente ao fenômeno do movimento do pêndulo, como vimos, daí sua implicação dinâmica no processo, as alternativas para a medida do tempo relativo a cada oscilação se reduzem a duas possibilidades, independentemente da concorrência de outros fatores, outros procedimentos ou dos objetivos de cada uma das atividades propostas. A saber: negar o fator variação da amplitude, mas integrando-o aos demais fatores, ou tentar neutralizá-lo, o que implicaria no controle desse fator como variável.

No que se refere a esses grupos, os procedimentos indicaram a negação do fator variação de amplitude, muito embora essa operação tenha se consubstanciado de maneira diferente em cada um dos casos, seja na tentativa de superar limitação as sociada à contagem de uma única oscilação, seja na busca de um sincronismo para solucionar o problema relativo à obtenção de valores fracionários de oscilações e/ou de segundos ou, ainda, na aceitação da nossa sugestão. Isso nos revela que a contagem de várias oscilações, associada a essa operação, não provém obrigatoriamente das mesmas razões.

Para a aluna CATE (GRUPO 1), independentemente da variação da amplitude, havia a busca de um valor absoluto para a medida do tempo, daí a invariância desse fator com a amplitude, segundo ela. Nesse caso, a "aceitação" da medida relativa, para esse tempo, já estava determinada por uma pressuposição, o que nos faz depreender que a negação do fator variação da amplitude não advém de uma escolha, dentro de um conjunto de operações possíveis.

Quanto aos componentes do GRUPO 4, não houve, por parte deles, a pressuposição ou verificação de que o fator massa pudesse intervir na variação da amplitude e, esta, por sua vez, no período. Apenas pressupunham uma interferência da variação da amplitude sobre o período, sem considerar que essa poderia ser constante para qualquer massa do pêndulo. Isso signi

fica uma integração do fator variação da amplitude ao fator tempo e ao movimento do pêndulo, o que favoreceu a "aceitação", embora sugerida, da medida relativa.

As componentes do GRUPO 7, que de início dicotomizaram os procedimentos em contar uma única ou várias oscilações, quer devido à variação da amplitude, quer devido à rapidez do movimento do pêndulo, passaram, ao final, a "aceitar" a medida relativa por conceber, de fato, um problema significativo para elas, apesar de não podermos, da mesma forma, tomar essa conduta como uma opção dentre várias operações possíveis para tanto.

Se a "aceitação" da medida relativa, para cada grupo ou componente, tem suas próprias razões, imbricadas inclusive nas concepções acerca do fenômeno em estudo, como vimos, suas implicações quanto às regularidades possíveis também não fogem a essa forma.

Vimos que a aluna CATE adotou a contagem de várias oscilações tendo em vista, porém, um valor absoluto para o tempo, fato que revela dois aspectos de sua conduta quanto à não aceitação plena da medida relativa. Primeiro, o de não considerar os erros experimentais inerentes a qualquer medida, quando desprezava todos os valores de tempo que não correspondessem ao desejado (absoluto). Segundo, como consequência desse absolutismo, o de não admitir valores médios para o período, já que este provinha da contagem de várias oscilações adicionada à variação de amplitude correspondente. Disso resulta que, apesar da sua "aceitação" da medida relativa, a invariância do período com a amplitude já estava determinada.

Para o GRUPO 4, embora as diferenças encontradas se originassem da falta de controle do fator comprimento, podemos, contudo, nos ater às suas condutas quanto à interpretação que deram aos seus dados, já que esse incidente lhes passou despercebido. Nesse caso, para eles, o desvio encontrado de um dos valores do período poderia ter sido considerado como proveniente de um erro experimental fortuito, conduta que se coadunaria com a aceitação plena da relatividade da medida. Todavia, além de omitirem tal valor em favor de uma regularidade demonstrada pelos demais, atribuíram o "erro" possível ao volume do pêndulo, sendo que este já havia variado durante as outras medidas. No que se refere ao estabelecimento de regularidades, o

que diferencia sua conduta daquela exibida pela CATE, é que, neste, a relação entre os fatores em jogo foi determinada a partir da obtenção de alguns dados. Daí para diante a tendência seria a mesma demonstrada pela CATE, ou seja, rejeição de todos os valores "incompatíveis" com a regularidade vislumbrada.

A "aceitação" da medida relativa, para o GRUPO 7, conseqüente de um planejamento criterioso de seus procedimentos com vistas à solução de um problema, limitou-se, no entanto, a isso, sem se estender ao estabelecimento de uma regularidade também criteriosa entre o período e o comprimento do pêndulo. Embora a aceitação plena da medida relativa caminhe junto com a admissão de desvios nos valores obtidos, advindos do erro experimental, o que, por vezes, não nos permite estabelecer uma relação com poucos dados, no caso desse grupo a regularidade supradita já havia sido estabelecida pela presença de apenas dois valores para o período e correspondente comprimento. A terceira medida, como vimos, foi sugerida por nós quando a tendência estava estabelecida.

Resta considerar que, para os três grupos, a contagem de várias oscilações associada à negação do fator variação da amplitude — o que nos levou a dizer que aceitaram parcialmente a medida relativa — não chegou a corresponder à compreensão de que tal fator, além do período do pêndulo, caracteriza-se como dependente dos demais, estes, próprios das suas determinações.

CAPÍTULO II

ACEITAÇÃO DA MEDIDA ABSOLUTA

No capítulo anterior tivemos oportunidade de verificar como os três grupos ali estudados tenderam a aceitar a medida relativa do período. A integração do fator variação da amplitude ao fenômeno do movimento do pêndulo, por um lado, e a negação desse mesmo fator, por outro, revelada pela adoção da contagem de várias oscilações, caracterizaram essa tendência. Todavia, para uma aceitação plena da medida relativa restava considerar um valor "médio" para o período dentro de uma faixa de variação da amplitude. E isto implicava no controle do fator variação da amplitude tendo em vista sua dependência em relação aos fatores amplitude, massa e comprimento, o que não chegou a ser feito por nenhum dos três grupos.

Em contrapartida, se além da integração supradita obtivermos como conduta de procedimento a tentativa de minimizar a variação da amplitude, seja contando uma única oscilação, seja operando em amplitudes pequenas, a essas condutas deveremos associar a criação de condições para a medida absoluta para o período. Foi o que obtivemos, como veremos, com as condutas dos dois grupos que nos levaram a tratá-los em conjunto neste capítulo, independentemente da atividade que cada um de les realizou. Apesar dessa semelhança, outros aspectos de suas condutas nos levaram também a diferenciá-los, dadas suas características específicas. Daí o seu estudo em itens separados.

- a) - *aceitação da medida absoluta, ausência de critérios para definição de uma tendência e burla para com os dados "incompatíveis".*

Neste item trataremos do GRUPO 3 composto pelos alunos LUASE, CIRA, NETA e GINA que resolveram desenvolver a ATIVIDADE 3 - *Escolha uma posição de largada e uma massa para*

o pêndulo. Varie o comprimento do pêndulo, medindo para cada um o período de oscilação. Mantenha sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.

As principais decisões que compuseram seus procedimentos foram tomadas, veremos, pelas alunas CIRA e NETA, embora o LUASE e a GINA as auxiliassem, em parte, nas medidas e registro de dados. A aluna GINA, que transferiu-se para essa escola no início das atividades com o pêndulo, pediu-nos espontaneamente para fazer parte do GRUPO 3, no que foi atendida prontamente.

A duração de suas atividades não ultrapassou o tempo previsto para isso: 50 minutos no 1º DIA DE ATIVIDADES e 100 minutos no 2º DIA DE ATIVIDADES.

Apesar da aceitação da medida absoluta para o tempo, exibida pelas decisões das alunas CIRA e NETA, teremos oportunidade de constatar uma precipitação por parte delas em estabelecer uma regularidade entre os fatores período e comprimento do pêndulo, devido à inconsistência dos seus dados, o que os levaria a rejeitar outros valores obtidos aparentemente incompatíveis com a relação preestabelecida.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

Após a aquisição da haste suporte o aluno LUASE do GRUPO 3 pegou um dos frascos grandes para ser usado como pêndulo: o de massa 172,75g. Em seguida, nos procurou para perguntar se haveria algum problema em usar um frasco grande.

Díssemos que, em princípio, não haveria "problemas", mas que seria interessante que o seu grupo justificasse a escolha feita, qual quer que fosse ela, tendo em vista a atividade a ser desenvolvida. Informou-nos que haviam escolhido a ATIVIDADE 3 conforme a nossa sugestão inicial.

Feitas as escolhas do pêndulo e da atividade a ser realizada, montaram o pêndulo, dispuseram a haste suporte apoiada na mesa de uma de suas carteiras e deram início às suas primeiras tentativas experimentais. Desde aí, apenas duas alunas desse grupo realmente estavam trabalhando com o pêndulo: a CIRA e a NETA. A aluna GINA sentada na sua carteira, apenas observava as colegas trabalhando. O aluno LUASE vez por outra assistia suas colegas trabalhando. A maior parte do tempo, no entanto, consumia, ora perambulando pela classe, ora sentado em sua carteira preso a uma ou outra atividade alheia ao que faziam suas colegas.

Quanto às alunas CIRA e NETA, como nos demais grupos, estas manipulavam e observavam o pêndulo sentadas em suas carteiras. Conseqüentemente o comprimento adotado para o pêndulo era pequeno (15 a 20 cm).

Enquanto realizavam suas tentativas experimentais a aluna CIRA nos chamou para dizer que o ângulo variava, referindo-se à variação da amplitude do pêndulo durante o seu movimento.

Na oportunidade, estavam soltando o pêndulo da posição de largada correspondente à amplitude inicial de 90° e deixavam o pêndulo oscilar livremente. Ao observarem assim a variação da amplitude do pêndulo, nos comunicaram que com isso não podiam escolher um *ângulo fixo* pois ele variava.

Sugerimos então que soltassem o pêndulo de amplitudes iniciais menores a fim de verificarem se essa variação era tão grande quanto haviam detectado para a posição de 90° . Acrescentamos a essa sugestão, que se abaixassem ou se sentassem no chão. Assim, poderiam observar melhor a variação da amplitude do pêndulo.

Atenderam a esta última sugestão nossa e, de maneira espontânea, aumentaram o comprimento do pêndulo. Entretanto, continuaram soltando o pêndulo da amplitude inicial de 90° , não seguindo a primeira parte da nossa sugestão.

Ao final do primeiro dia de atividades estavam tentando fazer algumas medidas de tempo. Soltavam o pêndulo da sua amplitude inicial máxima (90°) e procuravam medir o tempo de uma única oscilação.

Para tanto, as alunas CIRA e NETA ainda não haviam conseguido uma combinação de sinais satisfatórios que as levasse à obtenção de algum dado. As medidas de tempo estavam a cargo da aluna CIRA que, para isso, usava seu relógio de pulso com ponteiros.

Com essas tentativas o GRUPO 3 chegou ao final do primeiro dia de atividades.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

No início da aula correspondente a esse dia de atividades as alunas CIRA e NETA pegaram o pêndulo que haviam escolhido na aula anterior, fixaram-no na haste suporte e voltaram às tentativas experimentais. Dessa vez a aluna NETA, sentada no chão, manipulava o pêndulo que contava então com um comprimento de aproximadamente 50cm.

A aluna GINA e o aluno LUASE mantiveram os comportamentos exibidos na aula anterior.

Enquanto a aluna CIRA tentava medir o tempo relativo a uma única oscilação, a aluna NETA soltava o pêndulo da posição de largada de 90° e transmitia à colega os sinais correspondentes ao início e término de cada oscilação. Não se mostravam satisfeitas com os resultados e repetiam os procedimentos.

Por volta desses acontecimentos, havíamos exposto a todos a comparação entre a contagem de uma e de várias oscilações do pêndulo, por intermédio de uma situação análoga que envolvia o logro de tecido sofrido por uma senhora, conforme já tivemos oportunidade de comentar anteriormente. Isso porque diferentes grupos haviam alegado a limitação (rapidez) associada à contagem de uma única oscilação.

Embora não tivesse sido o caso do GRUPO 3, pelo menos não nos apontaram essa limitação de forma explícita, depois dessa exposição, as alunas CIRA e NETA passaram a tentar medir o tempo relativo a várias oscilações do pêndulo. Quanto à posição de largada, mantiveram os 90° .

Contudo, elas voltariam a nos dizer que *não dava para ter um ângulo fixo*, pois a amplitude, durante as várias oscilações, diminuía. Acrescentavam, ainda, uma justificativa para essa variação: o fato do pêndulo *chaqualhar* durante o seu movimento. Realmente, era o que observávamos quando colocavam o pêndulo em movimento: uma oscilação secundária do frasco em torno do ponto de conexão entre o fio e a tampa do mesmo.

Com o propósito de fazê-las verificar se a justificativa que apresentaram para esse fenômeno procedia, sugerimos que adotassem amplitudes iniciais inferiores a 90° . Para essas novas posições de largada, o efeito de *chaqualhar*, sem dúvida, seria atenuado, mas a variação

da amplitude, apesar de menor, continuaria. Restaria, assim, que elas e explicassem esse fato, tendo em vista a justificativa anterior.

Dessa vez, aceitaram a nossa sugestão e verificaram que a oscilação secundária do pêndulo havia praticamente desaparecido com o novo procedimento. Contudo, não souberam explicar a variação da amplitude observada.

Como resultante dessa interação, adotaram uma posição de largada de 70° , portanto, inferior à anterior. No entanto, voltaram à contagem de uma única oscilação para a medida de tempo.

Com esses procedimentos, primeiro ajustaram o comprimento do fio do pêndulo em 60cm e obtiveram um tempo de "2 seg." para uma oscilação. Depois, ajustaram o comprimento do fio para 30cm, obtendo um tempo de "1,5 seg.", também para uma única oscilação.

Após a obtenção desses dados disseram à professora que haviam medido o período com o comprimento *o dobro e a metade* e chegaram à conclusão que *quanto maior era o comprimento mais lento era o tempo*.

A professora perguntou às alunas CIRA e NETA se essas duas medidas eram suficientes para essa conclusão e sugeriu que fizessem mais medidas variando o comprimento do pêndulo.

Algum tempo depois desse contato a aluna NETA nos procurou para perguntar quantas medidas *diferentes* tinham que fazer dada a sugestão da professora: *...seis...mais* — perguntou.

Perguntamos a ela se o período do pêndulo mudou quando alteraram o comprimento do fio.

- *Claro* — respondeu.

- "Para mais ou para menos?" — voltamos a perguntar.

- *Quanto maior o comprimento, maior o tempo* — disse.

- "Com, apenas, dois comprimentos diferentes é possível concluir isso?"

Respondeu-nos que sim, pois aumentando o comprimento o tempo também aumentava.

Perguntamos, então, às duas alunas: "e se para um comprimento que estiver entre 30cm e 60cm, o período ao invés de aumentar, diminuir? Pode acontecer?"

Disseram-nos que achavam que isso não iria acontecer, ao que replicamos: "Para sabermos isso, duas medidas são suficientes?" Interrompeu-se o diálogo.

Instantes depois nos procuraram novamente. Perguntavam-nos se quatro medidas eram suficientes. Havia medido o período relativo a dois novos comprimentos. Primeiro, o de 49cm, um valor, segundo elas, maior que 30cm e menor que 60cm. Para esse comprimento obtiveram um período de "2 seg." adotando os mesmos procedimentos que haviam adotado para os dois primeiros dados. Quanto a esse valor, perguntaram se não teria *problema* já que havia *dado igual* ao período relativo ao comprimento de 60cm. Retornamos a questão que havíamos estabelecido acerca de duas medidas ou mais.

Com relação ao quarto comprimento, disseram que haviam *deixado o comprimento bem pequeno* (19cm). Com ele obtiveram um tempo, para uma oscilação, de "1 seg." Esse dado confirmava a conclusão a que haviam chegado.

Sugerimos a elas que escolhessem um comprimento com valor superior a 60cm e que verificassem se a relação se mantinha.

Atenderam à nossa sugestão. Ajustaram o pêndulo para que ele ficasse bem baixo quando em repouso e mediram o tempo de uma oscilação a partir da posição de largada de 70° . Obtiveram um tempo de "2 seg. e meio" para esse comprimento de fio, posteriormente avaliado em 69,5cm.

Feita essa medida perguntaram à professora se os cinco dados já obtidos eram suficientes. Insistiam ainda na conclusão de que o período aumenta com o comprimento.

A professora sugeriu que verificassem se, ao medirem o tempo das várias oscilações, cinco por exemplo, ao invés de uma, conseguiam chegar à mesma conclusão. Isto porque a avaliação do tempo de uma única oscilação envolvia muitos erros de medida.

Atenderam à solicitação da professora, mas para um único comprimento do pêndulo. Logo a seguir, mostravam-se satisfeitas, por terem constatado que, tanto para uma como para cinco oscilações, suas medidas coincidiam. Mesmo assim, não revelaram o comprimento do fio com o qual avaliaram ao tempo das cinco oscilações.

Os dados apresentados no PAINEL foram somente aqueles cinco já declarados, os quais levariam as alunas CIRA e NETA a subscreverem: "QUANTO MAIOR O COMPRIMENTO DO PÊNDULO + LENTO SERÁ O TEMPO DE OSCILAÇÃO".

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 3

Massa = 172,75 gramas	
Posição de largada = 70°	
Comprimento	Ponto de oscilação
60cm	2 seg
30cm	1,5 seg
49cm	2 seg
19cm	1 seg
69,5cm	2 seg e meio
Obs. Quanto maior o comprimento do pêndulo + lento será o tempo de oscilação	

Desta maneira encerrava-se o segundo dia de atividades para o GRUPO 3.

Quando os componentes do GRUPO 3 atribuíram o efeito da variação da amplitude do pêndulo, depois de algumas oscilações, ao fato dele "chaqualhar" — como disseram — quando era posto em movimento, a partir da posição de largada de 90°; sugerimos que diminuíssem esse ângulo justamente para poderem verificar até que ponto tratava-se de uma justificativa procedente.

Dispúnhamos de dois fatores em jogo. Primeiro, a variação da amplitude presente em todos os pêndulos a partir de qualquer amplitude inicial. Segundo, as oscilações secundárias, adquiridas pelo pêndulo em torno do ponto de conexão entre ele e o fio, a que os alunos chamaram de *chaqualhar*. Isso era devido à maneira de largá-lo, principalmente quando era solto da posição de largada de 90°, embora pudéssemos observar tal efei

to mais atenuado porém, a partir de amplitudes iniciais menores; daí nossa sugestão.

Nossa sugestão foi aceita, mas não para verificarem se a amplitude variava a partir de amplitudes iniciais menores sem o efeito de *chaqualhar* ou, pelo menos, com esse efeito bastante atenuado, dependendo da maneira como soltariam o pêndulo. Tal verificação, esperávamos, iria promover novas discussões acerca do fenômeno observado. Entretanto, como vimos, os alunos não se ativeram a essa verificação e mudaram, ao mesmo tempo, dois fatores: o número de oscilações, quando voltaram a contar uma ao invés de várias, como vinham fazendo após nossa sugestão, e a posição de largada, quando passaram de 90° para 70° , aceitando, em parte, nossa sugestão.

Poderíamos pensar que a mudança concomitante desses dois fatores, ao mesmo tempo que eliminava o movimento oscilatório secundário, indesejável, compensava a variação da amplitude, pela contagem de uma única oscilação. Ora, dados os fatos anteriores, essa compensação deveria ocorrer a partir da verificação advinda do procedimento por nós sugerido que, como vimos, não ocorreu. Contudo, exatamente pela inquietação inicial, devida à variação da amplitude, podemos sugerir que com a contagem de uma única oscilação pretendiam negar esse fator, uma vez que o número de oscilações não figurou como variável de controle nos seus procedimentos. Quanto à mudança da posição de largada de 90° para 70° , essa, sem dúvida, proveio unicamente do fato de termos sugerido que tentassem soltar o pêndulo de uma amplitude inicial menor, destituída, porém, da verificação do efeito de tal procedimento na variação da amplitude.

No que se refere às medidas do período propriamente ditas, podemos dizer que, de forma espontânea, na ATIVIDADE 3, para o GRUPO 3, teria sido suficiente a adoção dos dois primeiros comprimentos do fio do pêndulo. A saber, 60cm e 30cm, para os quais obtiveram, respectivamente, os períodos de 2,0s e 1,5s. As alunas NETA e CIRA mostravam-se satisfeitas com esses dados para concluir, pelo menos, que o período diminuiu com o comprimento. Poderiam, ainda, segundo os seus dados, concluir que não deveria haver uma proporcionalidade simples entre o comprimento do fio e o período, já que ao reduzirem intencionalmente o primeiro à metade, não obtiveram a metade do

período. Contudo não estabeleceram essa conclusão.

Quando procuraram, inicialmente, a professora para apresentarem seus resultados não pretendiam averiguar se o número de medidas era suficiente, mas, sim, se a conclusão a que haviam chegado estava correta. Não entendiam a solicitação feita pela professora de fazerem mais medidas com comprimentos diferentes para o pêndulo. Imaginavam que se duas medidas foram suficientes para mostrarem que o período diminui com o comprimento, não haveria necessidade de tomar outras medidas.

Pouco depois da sugestão da professora voltaram a nos consultar acerca do número de vezes que deveriam variar o comprimento do pêndulo: *seis...mais?* O que indica que da segunda medida em diante, os demais dados ficariam por conta das nossas solicitações e não por uma necessidade consubstanciada pelas alunas NETA e CIRA, que estavam tomando as decisões do seu grupo.

Portanto, com relação a essas duas primeiras medidas dois aspectos se realçam. Primeiro, a suficiência dos dois dados já obtidos para concluir sobre a relação entre o período e o comprimento do pêndulo. Segundo, a falta da observação de que, segundo seus dados, a relação entre o período e o comprimento do fio não poderia ser convertida numa proporcionalidade simples, apesar de, na segunda medida, terem reduzido o comprimento do fio do pêndulo à metade.

Frente a isso, podemos depreender que, em primeiro lugar, as alunas CIRA e NETA preocupavam-se tão somente com uma relação qualitativa entre os fatores em jogo e, em segundo lugar, essa relação foi tomada como verdadeira a despeito de outros possíveis valores do período para outros comprimentos, uma vez que não viam necessidade alguma de tomar novas medidas.

Dessa forma, as medidas que se seguiram viriam apenas confirmar a relação já estabelecida entre o período e o comprimento do pêndulo. Não tinham como objetivo tentar verificar uma possível relação métrica entre esses fatores, haja visto que as demais medidas dos comprimentos do pêndulo foram tomadas cada uma delas, após as medidas do período. Isto é, primeiro ajustavam o pêndulo, depois mediam o tempo relativo a uma oscilação para, finalmente, medirem o comprimento do fio do pêndulo. Como consequência disso, os valores das medidas desses com

primentos não guardam, entre si, nenhuma relação métrica simples (49cm, 19cm e 69,5cm) como as duas primeiras (60cm e 30cm).

O primeiro dado que poderia vir a contestar a relação estabelecida seria o período encontrado para o comprimento do fio de 49cm. Como vimos, obtiveram um valor igual ao período do pêndulo para o comprimento do fio de 60cm: 2,0 segundos. Essa igualdade pode ser explicada pelas limitações associadas ao instrumento de medida de tempo, ao procedimento de contar uma única oscilação e aos erros inerentes à própria técnica de medir o tempo. Realizando essas medidas e procurando adotar os mesmos procedimentos do GRUPO 3, verificamos ser possível obter períodos iguais para os comprimentos do fio de 60cm e 49cm. Com auxílio de um relógio com ponteiro de segundos, dos de pulso, contando uma oscilação para cada um dos comprimentos obtivemos, como valores possíveis para os dois comprimentos, 1,5s e 2,0s.

Utilizando um cronômetro onde podíamos avaliar até 0,1s nos foi possível obter, para esses dois comprimentos, os seguintes valores de período: 1,5s - 1,6s - 1,7s. Teoricamente, para um pêndulo simples, em condições ideais, os períodos para esses comprimentos deveriam diferir de apenas 0,16s. Contando-se, no entanto, cinco oscilações, mesmo com um relógio convencional de ponteiros pudemos obter 8,5s e 7,5s para os pêndulos cujos fios tinham comprimentos de 60cm e 49cm, respectivamente. Esses valores já assinalam uma diferença entre os períodos de 0,2s, indicando, portanto, um aumento desse fator com o comprimento, anteriormente difícil de ser detectado.

Considerando que as alunas CIRA e NETA já haviam estabelecido que o período aumenta com o comprimento, a partir dos dois primeiros dados, poderiam tentar discriminar aqueles pêndulos que apresentaram a igualdade encontrada contando, ao invés de uma, várias oscilações. Isso seria um indicador de que essas alunas estariam compreendendo, pelo menos, a interferência desse fator nas medidas obtidas ou, ainda, estariam detectando uma provável fonte de erros nos seus procedimentos.

Entretanto, após terem estabelecido a relação citada, mantiveram os procedimentos anteriores e reduziram consideravelmente o comprimento do fio do pêndulo, passando de 49cm para 19cm. Com essa redução esperavam encontrar um período suficientemente pequeno para justificarem a relação estabelecida. E foi exata-

mente o que conseguiram. Com esse comprimento obtiveram 1,0s para o período.

Como vemos, embora não atentassem para o número de oscilações como fator limitador das suas medidas, procuraram mostrar a validade da relação entre o período e o comprimento, adotando para este segundo fator um valor bem diferente dos anteriores, esperando com isso acentuar a diferença entre os tempos. A coincidência dos períodos para os comprimentos do fio de 60cm e 49cm ficaria por conta dos erros, inexplicados, ou do acaso, como registraram as alunas NETA e GINA nos seus Relatórios de Atividades. Vejamos o que escreveu a aluna NETA a respeito:

Nesses resultados obtidos pelo nosso grupo 60cm e 49cm, marcamos o mesmo período de oscilação, eu acho que houve algum erro pois os comprimentos tinham uma diferença de 11cm, mas isso acontece, devido a muitas coisas como por exemplo devido ao modo de largarmos o pêndulo, etc..."

E a aluna GINA:

"O resultado que encontramos foi que com o comprimento de 60cm o ponto de oscilação foi 2s. E casualmente com 49cm o ponto de oscilação também é de 2s".

A aluna CIRA, por sua vez, fez uma avaliação geral sobre os dados do seu grupo sem se ater especificamente à coincidência referida.

"Não podemos confirmar que estes resultados obtidos estejam corretos pois poderíamos ter errado ao medir o comprimento ou até mesmo o relógio poderia adiantar ou atrasar".

Esses relatos nos indicam que a igualdade dos períodos para dois comprimentos diferentes, promoveu, para os membros do GRUPO 3, uma situação conflituosa, por um lado explicada pelos erros, pouco compreendidos, e por outro lado, compensada pelo quarto dado obtido, intencionalmente procurado. Apesar de o terem encontrado, voltaram a nos perguntar se quatro medidas eram suficientes e se não haveria problemas com a coinci-

modo de oscilação. Mantenha sempre o mesmo comprimento e a mesma posição de largada.

Podemos afirmar que os componentes deste grupo trabalharam em conjunto, não cabendo, portanto, destaques a nenhum deles quanto às principais decisões que permearam seus procedimentos.

Em relação aos demais grupos, o GRUPO 6 excedeu o tempo previsto para o desenvolvimento da atividade escolhida por não ter conseguido, até o 2º DIA DE ATIVIDADES, efetuar suas medidas, o que nos obrigou a introduzir um 3º DIA DE ATIVIDADES solicitado pelos seus componentes. Assim, a duração de suas atividades foi de 190 minutos, sendo 150 minutos distribuídos pelos 1º e 2º DIAS DE ATIVIDADES e 40 minutos relativos ao 3º DIA DE ATIVIDADES, específico para o GRUPO 6.

Veremos que os componentes deste grupo não só exibem a aceitação da medida absoluta revelada pela tentativa de minimizar a variação da amplitude como também buscam uma tendência central adotando o critério de moda para a escolha dos valores obtidos para o tempo. Neste caso, tal conduta revela ainda uma certa aceitação da medida relativa dado que a tendência central dirige-se à neutralização das diferenças entre valores de uma mesma medida, ou seja, à tentativa de compensar o erro experimental.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

Os componentes do GRUPO 6 optaram por realizar a ATIVIDADE 2, quando, pela nossa sugestão, a atividade que caberia a esse grupo seria a ATIVIDADE 3.

Tendo adquirido a haste suporte, a aluna SISA pegou um dos pêndulos, correspondente a um frasco pequeno, sem se preocupar com a massa ou outras características do mesmo. Assim, montaram o pêndulo adequadamente e passaram às primeiras tentativas experimentais.

Como os demais grupos, apoiaram a haste sobre a mesa de uma de suas carteiras, adotaram um comprimento pequeno para o pêndulo (15 a 20cm) e manipularam-no sentados em suas cadeiras.

Após algumas tentativas, solicitaram nossa presença alegando que a amplitude de oscilação do pêndulo variava. Acrescentaram que, assim *não dava para medir o período* se tivessem que *manter a amplitude*.

Inicialmente pedimos a eles que afastassem um pouco mais as carteiras, entre si, e aumentassem o comprimento do pêndulo. Participamos dessa operação com eles. As alunas MAIDE e SISA se abaixaram para manipular o pêndulo.

Pedimos então que comparassem a variação da amplitude do pêndulo entre duas posições de largada diferentes. A primeira, correspondente a uma amplitude inicial de 5º, e a segunda a uma amplitude inicial de 60º.

dência dos períodos para os comprimentos de 60cm e 49cm. Não queriam, no entanto, com isso, saber se tal coincidência colocaria em dúvida a relação que haviam estabelecido, mas, sim, se poderiam apresentar esses dados juntamente com os demais.

Sugerimos então que tomassem o período relativo a um comprimento de fio superior a 60cm (o maior até aí adotado). Com isso, queríamos que verificassem se o período, de fato, continuava a aumentar, para poderem terem elementos suficientes a fim de confirmar ou não a relação entre os fatores em estudo.

A partir dessa sugestão adotaram um comprimento de fio superior a 60cm, posteriormente às medidas de tempo, avaliado em 69,5cm. Todavia o período relativo a esse comprimento traria consigo outra fonte de conflito, pois contando uma oscilação, usando um relógio comum de ponteiros e empregando os mesmos critérios de avaliação de tempo que vinham adotando, deveriam ter obtido novamente 2,0s, quando o valor apresentado foi 2,5s. Os valores possíveis que obtivemos não superaram 2,0s. Isso significa que o 2,5s apresentado difere desses valores de 0,5s a 0,7s, valores esses bastante superiores aos erros (se assim podemos chamar) obtidos nas medidas anteriores, que, até então, não haviam superado os 25% do valor teoricamente esperado. Há que se considerar, além disso, que 0,7s em uma oscilação de aproximadamente 1,8s representa uma fração pouco inferior a meia-oscilação. Esse erro, sem dúvida, não condiz com os desvios advindos das avaliações de tempo desse grupo, conforme os dados anteriores. Fato que nos leva a depreender que a partir da obtenção do valor do tempo para esse comprimento, as alunas CIRA e NETA inferiram que o mesmo deveria ser maior que os 2,0s (valor provavelmente obtido), assinalando, então, "2 seg e meio". Poderiam, pela segunda vez, colocar em dúvida o procedimento da contagem de uma única oscilação ou a relação estabelecida, mas preferiram manter essa relação a despeito das contradições encontradas.

Não temos elementos para saber se esse valor teria sido adulterado, mas certamente sofreu a interferência das suposições das alunas CIRA e NETA para comprovar que o período aumenta com o comprimento, como haviam predeterminado, pelo menos desde a segunda medida efetuada. Na verdade, um terceiro valor, para o período, igual a 2,0s iria colocar em dúvida a relação anteriormente estabelecida, o que as levaria a tomar alguma providênçia no sentido de comprová-la definitivamente ou descartá-la em

favor de outra. Preferiram, contudo, negar a evidência de que a quinta medida também deveria produzir um valor de 2,0s para o período, mantendo assim a relação advinda dos comprimentos de 60cm e 30cm, posteriormente "comprovada" pelo comprimento de 19cm, já que o valor do período obtido para o comprimento do fio de 49cm havia sido tomado como *erro*.

Poderíamos dizer que, se a partir da segunda medida os componentes do GRUPO 3, especialmente as alunas CIRA e NETA, determinaram que o período aumenta com o comprimento do fio do pêndulo, este segundo fator passaria a ser negado nos demais procedimentos. De fato, uma vez determinada a relação, as demais medidas, caso não a confirmassem, não seriam tomadas como relativas ao fenômeno ou como produto dos procedimentos adotados, mas, sim, como medidas *erradas*. Desta forma, a despeito de quaisquer outros dados, a relação já determinada permaneceria como verdadeira. Foi o que assistimos, sob certos aspectos, com as medidas do período para os comprimentos do fio de 60cm, 49cm e 69,5cm. O período relativo ao comprimento de 49cm foi tomado como errado; o relativo ao comprimento de 69,5cm, como vimos, sofreu interferência das alunas que mediam, e, finalmente, aquele relativo ao comprimento de 60cm sequer foi colocado em dúvida, uma vez que, ao lado do período referente ao comprimento de 30cm, determinava a relação em questão.

Admitimos que essa conduta tenha sido estimulada, principalmente pela confluência de três aspectos: a contagem de uma única oscilação, as limitações inerentes ao processo de medidas de tempo com o material disponível e a proximidade que guardam os valores do período para esses comprimentos (60cm, 49cm, 69,5cm). A diferença esperada entre o maior e o menor período correspondente a esses comprimentos é de aproximadamente 0,3s, quando, com um relógio de ponteiros, dos de pulso, podemos avaliar com certa dificuldade, 0,5s.

Não atentando, portanto, para esses aspectos e mantendo que o período aumenta com o comprimento do fio do pêndulo, apesar da igualdade de valores encontrados, as alunas CIRA e NETA teriam negado a veracidade da medida do período durante os seus procedimentos.

Contudo, essa conduta não foi contínua. Ao reduzirem acentuadamente o comprimento de 49cm para 19cm, queriam "pro

Vár" que estavam certas nas suas suposições e, nesse caso, o fator comprimento figurou como variável.

Teria aí terminado a ATIVIDADE 3 para elas, quando comprovaram que ao diminuírem o comprimento, o período também diminui, não fosse nossa sugestão de tomarem mais uma medida. Mas, como vimos, o novo dado sofreu a influência da relação já estabelecida.

De qualquer maneira, a invariante de todo o proceso, apesar dessa descontinuidade, foi a determinação, a partir da segunda medida, de que o período aumenta com o comprimento do fio do pêndulo. Resta saber se mesmo quando passaram a contar cinco oscilações ao invés de uma, por sugestão da professora, mantiveram ou não essa determinação.

Temos aí duas possibilidades. Primeira, se se utilizaram desse expediente para avaliarem os cinco dados obtidos, podemos admitir que colocaram à prova a relação até então aceita. Nesse caso, o número de oscilações estaria figurando como variável dentro dos seus procedimentos, ou seja, a regularidade estabelecida estaria sendo aferida e os novos dados obtidos, agora de outra forma, postos em relação com os anteriores. Todavia, e aqui temos a segunda possibilidade, se aceitaram a sugestão da professora apenas para "comprovar" a relação já determinada, as novas medidas sofreriam, sem dúvida, influência disso. Assim sendo, o número de oscilações sequer poderia ser compreendido como variável nesse processo, pois a relação estabelecida teria sido tomada previamente como verdadeira, qualquer que fosse o número de oscilações adotado.

De início, é importante frisar que as alunas CIRA e NETA adotaram o procedimento da contagem de cinco oscilações apenas para um dos comprimentos do fio do pêndulo. Portanto, não procuraram obter um novo conjunto de dados para colocá-los em relação com os anteriores. Como vimos, uma única nova medida foi suficiente para que elas se mostrassem satisfeitas com os resultados anteriores. Mas, qual teria sido o comprimento do fio adotado para essa nova medida, agora com cinco oscilações? O comprimento mais provável teria sido o de 69,5cm. Isto porque este era o comprimento da última das medidas anteriores, e o pêndulo até a sugestão da professora não havia sido desmontado. Para "comprovarem" os seus dados anteriores com essa medi

da deveriam obter um tempo para as cinco oscilações de 12,5s , visto que para esse comprimento o período registrado era de 2,5s. Um tempo de 12,5s para cinco oscilações de um pêndulo cujo fio é de 69,5cm, comporta um erro superior a 3,0s. Experimentalmente não obtivemos valores superiores a 9,5s, ainda que tivéssemos considerado todas as limitações do processo. Ora, um erro dessa magnitude, já tivemos oportunidade de comentar não seria próprio desse grupo, nem de outro grupo, a menos que não tivessem adotado, de fato, o comprimento do fio apresentado. Entretanto, para esse tempo, o comprimento do fio deveria estar em torno de 155cm, valor impossível de terem adotado, uma vez que a altura da mesa da carteira, onde o GRUPO 3 apoiou a haste suporte do pêndulo, não era superior a 80cm.

Portanto, se o comprimento do fio adotado foi realmente 69,5cm, as alunas CIRA e NETA interferiram novamente na medida do tempo correspondente.

Dentre os demais comprimentos, o único capaz de "comprovar" um dos dados anteriores, considerando os procedimentos do GRUPO 3, seria o de 19cm. O período obtido pelos seus componentes para esse comprimento foi de 1,0s. Para cinco oscilações poderiam ter obtido 5,0s, quando o esperado para esse tempo está próximo a esse valor como obtivemos experimentalmente. Quanto aos outros comprimentos, para confirmarem seus dados anteriores, assinalariam, em cinco oscilações, uma diferença entre o obtido e o esperado de no mínimo 1,5s, para o comprimento de 60cm, e no máximo de 2,5s, para o comprimento de 49cm. Essas diferenças são muito grandes para figurarem como erros de medida considerando todos os fatores em jogo.

Por outro lado, se casualmente tivessem adotado o comprimento do fio de 19cm, "comprovando" assim a validade do dado anterior correspondente, restaria averiguar se o mesmo ocorria com os demais valores apresentados e referentes ao período, o que implicaria em pôr à prova a relação derivada dos mesmos. Não procederam, repetimos, dessa forma. Ao contrário, deram como válida a tal relação baseando-se unicamente na confirmação, se é que ocorreu, de apenas um dos dados do período, fato que nos leva a depreender que pretendiam realmente "comprovar" o estabelecido, seja por intermédio de uma ou várias oscilações do pêndulo. Com isso devemos admitir, para esse

procedimento, a segunda das possibilidades que aventamos, onde o número de oscilações não chegaria a figurar como variável. Na verdade, o número de oscilações não foi entendido senão como uma solicitação da professora, prontamente atendida, mas pouco compreendida na sua função frente aos demais procedimentos. Di to de outra forma, o número de oscilações, como fator entre os demais, foi negado pelas alunas CIRA e NETA, o que aliás já ha via ocorrido desde o início quando, para evitarem a variação da amplitude, alteraram simultaneamente dois fatores: o número de oscilações e a posição de largada.

*
* *
*

Resumindo. Vimos inicialmente que os componentes do GRUPO 3, principalmente as alunas CIRA e NETA, atribuíam a va riação da amplitude do pêndulo ao fato dele *chaqualhar* (pois era solto da posição de largada de 90°). Entretanto, não sa**bi**am como proceder para que o pêndulo deixasse de apresentares se efeito. Aproveitando a nossa sugestão de soltarem de posi ções de largada correspondentes a amplitudes menores, para que verificassem a procedência da justificativa apresentada, alte raram não só esse fator como também o número de oscilações, voltando a contar uma única ao invés de várias, como vinham fa zendo. Dessa forma, não poderiam confirmar se a variação da amplitude era realmente produzida pelo *chaqualhar* do pêndulo, efeito atenuado após a adoção da amplitude inicial de 70° , ou se era devida ao fato de que, após algumas oscilações, a ampli tude diminui, independente do movimento secundário anteriormente observado.

Para verificar isso, era imprescindível manter o número de oscilações. Operando, no entanto, com uma única os cilação, como fizeram, apenas evitaram a variação da amplitude sem poderem se dar conta da veracidade ou não da explicação que haviam dado a ela. Anularam pois esse fator, não por controlarem a sua "causa", mas por negarem o número de oscilações como variável interveniente no processo em questão, quando adotaram uma única oscilação e sequer se preocuparam em verificar se, mesmo assim, a amplitude não variava.

Quanto à relação entre o período e o comprimento

do pêndulo, própria da ATIVIDADE 3, esta foi determinada apenas com dois comprimentos diferentes para o fio: 60cm e 30cm. Os períodos referentes a essas medidas do fio eram suficientes para que os alunos concluíssem que o período do pêndulo aumenta com o seu comprimento, sem se referirem a uma possível relação métrica entre esses fatores.

Os demais comprimentos, como frisamos, foram adotados a partir das nossas sugestões, ora para aumentar o número de dados a apresentar, ora para "comprovar" a relação já estabelecida. Todavia, do total de dados apresentados, três deveriam se conflitar com essa relação. Foram os períodos referentes aos comprimentos de 60cm, 49cm e 69,5cm. Para esses três comprimentos do fio, o período obtido deveria ser o mesmo, considerando seus valores próximos, entre si, e os demais fatores intervenientes nos seus procedimentos tomados em conjunto. O primeiro valor obtido (2,0s) para o comprimento de 60cm foi tomado como padrão. O segundo, (também 2,0s) considerado como *erro*. Quanto ao terceiro, interferiram de alguma maneira no seu valor, alegando 2,5s, quando deveriam obter também 2,0s. Para esses três comprimentos, procurando privilegiar a relação anteriormente estabelecida, negaram o fator comprimento. Contudo, numa quarta medida efetuada, reduzindo acentuadamente o comprimento do fio de 49cm para 19cm e obtendo um período concorde, além de viável, com a tal relação, assinalaram a presença desse fator como variável nos seus procedimentos. Mas ainda com o propósito de "provar" que a relação era verdadeira.

Como último procedimento referente à ATIVIDADE 3, por sugestão da professora, as alunas CIRA e NETA alteraram o número de oscilações do pêndulo para a medida do período. A razão original desse procedimento era a de verificarem o quanto o número de oscilações poderia contribuir para com os erros obtidos.

No entanto, ao adotarem as cinco oscilações essas alunas ainda estavam voltadas para a relação determinada entre o período e o comprimento: *quanto maior o comprimento do pêndulo mais lento será o tempo de oscilação*. Assim, alegaram ter obtido o mesmo valor para o período tanto com uma como com cinco oscilações, repetindo essa medida apenas para um dos comprimentos. Com mais esse único dado deram-se por satisfeitas em

"comprovar" suas suposições acerca dos fatores determinantes da ATIVIDADE 3. Desta forma, o número de oscilações não chegou a figurar em seus procedimentos como variável, repetindo assim a conduta inicial de negarem esse fator.

Desses elementos já citados, um deles precisaria ser discutido um pouco mais. Seria o de não saber o que é necessário para se definir uma tendência, ou seja, quando se está trabalhando com dados, quantos são necessários para se alicerçar uma conclusão. Trata-se, portanto, do elemento quantitativo do processo, que forneceria, nesse caso experimental, a possibilidade de interpretação correta da tendência. Observamos, nas condutas desse grupo, a ausência de esquemas de ação como também de operações virtuais que lhes colocassem em dúvida a possibilidade de concluírem, com apenas dois dados, uma generalização de tal espécie. Não apareceram ao grupo dúvidas quanto ao que poderia acontecer com mais medidas, ou a necessidade de se fazer mais medidas para se considerar um conjunto que contivesse mais elementos para análise. Caberia perguntar o porquê da ausência de dúvidas e a certeza daquela tendência. É provável que a resposta esteja em seu próprio desempenho quando lhes sugerimos que fizessem outras medidas: o não saber trabalhar com medida central (ou moda, ou mediana ou média) e a burla de dados que não seguissem uma linha direta e de fácil interpretação. Onde tivessem que ler não apenas os dados diretamente, mas que tendência, no geral, eles apresentam. Nessa situação, ou eles perguntaram se haviam importância que um dado não fosse diferente do outro ou visivelmente forçaram outro que apresenta valor distinto do esperado. Esse mesmo problema de quantificação aparece quando voltaram a trabalhar com uma única oscilação, ao invés de cinco, que sugere uma não compreensão do conceito de média e de sua função.

b) - *aceitação da medida absoluta e critério de moda*

Estudaremos aqui as manifestações e condutas do GRUPO 6 composto pelos alunos SIDO, MAIDE e SISA que realizaram a ATIVIDADE 2 - *Escolha uma posição de largada e um comprimento do pêndulo. Varie a massa do pêndulo, medindo para cada uma o pe*

Nesse ínterim, os componentes do GRUPO 4 se faziam presentes, apresentando a mesma limitação relativa à variação da amplitude.

Feitas as devidas observações, as alunas MAIDE e SISA do GRUPO 6 confirmaram que quando o pêndulo era solto dos 5° não observavam mudança de amplitude durante suas sucessivas oscilações, ao contrário do que haviam observado a partir da posição de 60°.

Aproveitando a oportunidade dessa constatação, perguntamos a elas e ao aluno SIDO, por que eles achavam que a amplitude de oscilação variava tanto, quando a posição de largada era maior.

Responderam-nos que isso era devido ao fato do pêndulo *perder a força*. *Porque ele perde a força* — disse a aluna MAIDE, embora todos se mostrassem concordantes com essa afirmativa.

Frente a essa resposta, redarguímos: *...por que o pêndulo não perde a força quando é solto de amplitudes pequenas?* Não obtivemos resposta.

Depois desse episódio, voltaram a fazer novas tentativas experimentais.

Passado algum tempo retornamos espontaneamente ao grupo e observamos que tentavam medir o tempo necessário para o pêndulo parar partindo de uma amplitude pequena (5° aproximadamente).

Solicitados a esclarecer a razão de tal procedimento, a aluna SISA, bastante entretida no que fazia, respondeu-nos: *mas, não é para a gente saber quanto tempo leva para parar? Agora nós usamos ângulo pequeno...*

Dissemos a ela que a ATIVIDADE 2 solicitava que se medisse o período variando a massa e que o período se referia a cada oscilação completa; uma "ida" e uma "volta" e não o tempo necessário para o pêndulo parar.

Quando estávamos terminando de falar isso aos componentes do GRUPO 6, a aluna MAIDE referiu-se à medida do comprimento do pêndulo. Perguntou-nos se esse deveria ser medido da haste até a tampa ou até o fundo do frasco. Respondemos que essa era uma decisão que deveria ser tomada durante as atividades a partir da verificação dos resultados obtidos para um e para outro caso. Adiantamos, no entanto, que convencionalmente o comprimento do pêndulo deveria ser medido da haste até o "centro de massa" do frasco. Acrescentamos que o centro de massa do frasco correspondia ao seu "ponto de equilíbrio", e indicamos a eles, em seguida, um processo prático possível de determiná-lo com uma certa aproximação, dadas as características geométricas e dimensões do mesmo. Não retornaram mais a esse assunto.

Dessa maneira, encerrava-se o primeiro dia de atividades para o GRUPO 6.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

As primeiras tentativas experimentais exibidas pelo GRUPO 6, no início desse dia de atividades, envolviam os mesmos procedimentos que haviam adotado no final da aula anterior. Isto é, largaram o pêndulo de uma amplitude inicial de 5° e tentavam medir o tempo necessário para que ele parasse.

Não haviam, até então, conseguido nenhum valor que merecesse confiança por parte deles, quando a aluna MAIDE nos chamou para perguntar o porquê da variação do plano de oscilação do pêndulo durante o seu movimento, uma vez que, com esse efeito, ele se chocava contra os pés da carteira onde estava pendurado.

Referia-se ao seguinte: quando o pêndulo se mantinha em movimento por muito tempo, ao invés de oscilar na direção do plano do transferidor, ou seja, na direção perpendicular à haste, tal como fazia

de início, ele passava gradativamente a oscilar na direção da haste, permanecendo nesse plano de oscilação até o final do seu movimento, caso não houvesse nenhuma outra causa exterior.

Explicamos a eles que isso era devido à articulação entre o fio do pêndulo e a haste. Nesse ponto, o fio adquiria um movimento secundário porque a fenda única não era estreita o suficiente para mantê-lo fixo. Com isso, o fio passava a adquirir outras componentes de força que o faziam se movimentar, preferencialmente, ao longo da fenda e não perpendicularmente a ela. Daí a variação de 90° no plano de oscilação do pêndulo. Em síntese, foi isso que dissemos a eles a respeito.

Ouviram nossa explicação, mas não fizeram nenhum comentário. Apenas afastaram a extremidade da haste, de onde pendia o pêndulo, da beira da mesa onde estava apoiada. Isso era suficiente para que o pêndulo não se chocasse contra os pés da mesma.

Pedimos, então, que observassem a extremidade da haste e puderam verificar que essa se movia durante o movimento do pêndulo devido à sua flexibilidade. Perguntamos se tal deflexão da haste não alteraria de alguma maneira o período do pêndulo, ao mesmo tempo que voltamos a nos referir às características da ATIVIDADE 2 e ao significado de período.

Permaneceram nas tentativas experimentais até que, ao final do segundo dia de atividades, procuraram a professora para perguntar se poderiam pegar o material antes da próxima aula para terminarem a atividade, justificando não terem tido tempo para isso naquele dia. A professora disse-lhes que sim e combinaram que isso seria feito na semana seguinte antes do PAINEL.

Assim, os componentes do GRUPO 6 não chegaram a colher nenhum dado referente à ATIVIDADE 2 nesses dois dias de atividades.

3º DIA DE ATIVIDADES (40 minutos)

Este foi o dia destinado ao PAINEL. Entretanto, antes da aula correspondente a esse dia de atividades os componentes do GRUPO 6 pediram o material à professora para realizarem o seu trabalho, conforme o combinado.

Reunimo-nos, para isso, numa das salas da escola determina da a guardar materiais dos professores (mapas, régua, moldes, etc...) e atividades complementares, como reprodução, mimeografia, desenhos, montagens e similares. A sala contava com prateleiras, mesas e uma escrivaninha de professores, a qual foi utilizada pelos componentes do GRUPO 6 para apoiarem a haste suporte.

Na oportunidade, dispunham de todo material para desenvolverem suas atividades: os pêndulos, fita métrica, régua, etc...

Antes mesmo de dar início às suas medidas declararam que haviam descoberto que era muito simples o que eles tinham que fazer e que não sabiam porque haviam demorado tanto. Entretanto, ainda nos solicitaram esclarecimentos acerca de alguns termos duvidosos que haviam lido na Fôlha de Atividades.

Escolheram três frascos pequenos para realizarem suas medidas com massas de 30g, 62,2g e 104,9g.

Apesar das explicações que havíamos dado a eles anteriormente sobre o comprimento do pêndulo, mediram apenas a extensão do fio para a obtenção desse dado. Escolheram um comprimento de 50cm para o fio do pêndulo em cada caso.

Dispuseram a haste suporte sobre a escrivaninha de maneira que o transferidor ficasse praticamente encostado no tampo da mesma, isto para evitar que ela se flexionasse durante o movimento do pêndulo, de acordo com as suas justificativas. Além disso, a disposição da haste era tal que o frasco pendia no lado posterior da escrivaninha, ou

seja, no lado coberto, onde não se tinha acesso às suas gavetas.

Nesse dia o aluno SIDO havia trazido um relógio de pulso digital que dispunha de um cronômetro capaz de registrar frações de segundo. Perguntamos a eles sobre as vantagens desse instrumento, ao que nos responderam: ...com esse tipo de relógio nós não erramos ... é mais exato.

Mesmo assim, perceberam não haver coincidência entre uma medida e outra de tempo. Por isso, para cada pêndulo, repetiram suas medidas de tempo, relativas a uma única oscilação, até que conseguissem dois valores iguais. Quando isso ocorria tomavam esse valor como correto.

Quanto à posição de largada ou ângulo de largada, como a chamaram, adotaram a mesma com a qual vinham trabalhando anteriormente: 5° .

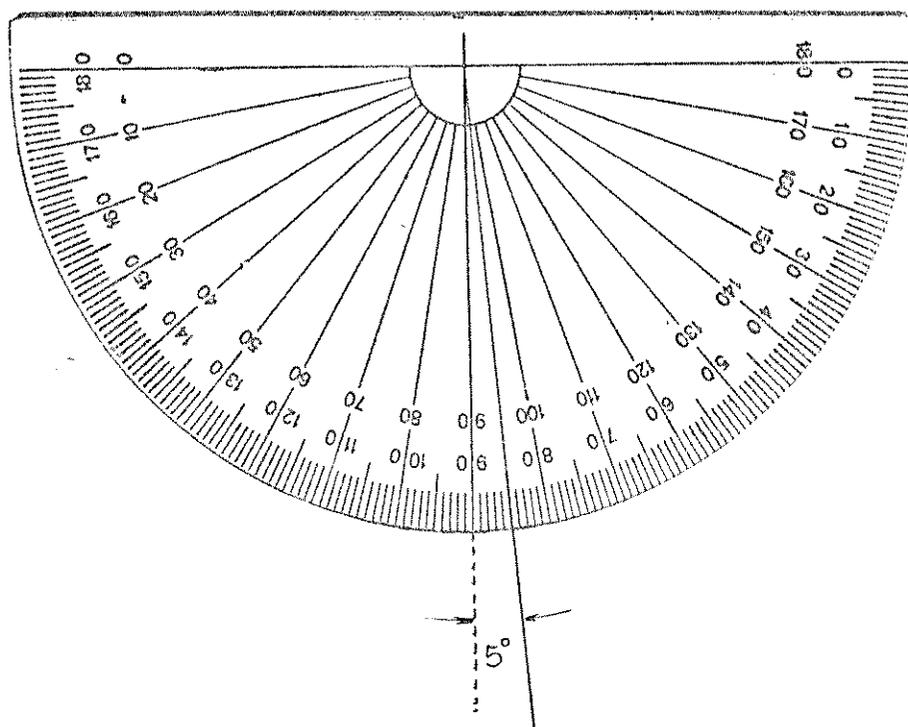


FIGURA 9 : POSIÇÃO DE LARGADA 5°

Enquanto executaram suas medidas, a aluna SISA, lendo 30g no rótulo do frasco correspondente a esse valor de massa, perguntou-nos: Esta é a massa, não é...? ...e o peso, como a gente sabe?

"Você quer saber o valor do peso desse frasco" — perguntamos.

Sím — disse ela.

Da mesma maneira que havíamos respondido à aluna CATE do GRUPO 1, no primeiro dia de atividades, dissemos que para sabermos o valor do peso daquele frasco, numa unidade chamada Newton (N), bastaria dividir o valor de sua massa (30g) por 100. Insistimos que o valor de 0,3 N, assim obtido, seria aproximado e repetimos as explicações que já havíamos dado à CATE, inclusive procurando deixar clara a distinção entre massa e peso.

Apesar das explicações, voltariam a nos perguntar se o peso e a massa do frasco eram a mesma coisa. Retomamos as explicações demonstrando interesse por elas mas, ainda assim, não se mostravam satisfeitas.

Terminadas as medidas eles registraram os valores que se seguem, conforme foram apresentados no PAINEL. Todavia, fomos solicitados também para auxiliá-los na organização dos mesmos, pois nos disseram que não sabiam como fazê-lo.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 6

Comprimento = 50cm	
Ângulo de Largada = 5°	
<u>Massa</u>	<u>Período - 5°</u>
30g _____	1,1
62,2g _____	1,0
104,.. _____	0,9

A aluna MAIDE que anotava os dados, não havia marcado a par-tir decimal do valor da massa correspondente ao frasco de 104,9g. Quando informamos a ela não se tratar do valor de 104g simplesmente, acrescentou uma vírgula e as reticências.

Após a coleta dos dados fomos para a sala de aula para dar início ao PAINEL.

Dos procedimentos adotados pelos componentes do GRU-6 no desenvolvimento da ATIVIDADE 2, começaremos nossa aná-lise pela escolha da posição de largada correspondente à ampli-tude inicial de 5°. Como vimos, essa escolha se pautou no fato de que para essa posição de largada e amplitude do pêndulo não variava. Ao contrário disso, com uma amplitude inicial de 60°, verificaram que havia uma considerável variação desse fator lo-go nas primeiras oscilações.

Sabemos que pêndulos de diferentes massas apresen-tam diferentes variações de amplitude para um mesmo número de oscilações, quando soltos de uma mesma posição inicial. Sabemos ainda que diferentes variações de amplitude podem implicar na variação do período do pêndulo, já que o tempo para cada oscila-ção varia com o fator amplitude. Logo, adotar posições de lar-gada correspondentes a amplitudes iniciais relativamente gran-des, no desenvolvimento da ATIVIDADE 2, acarreta, em princípio, a necessidade de se lidar com dois fatores que podem atuar con-comitantemente no valor do período do pêndulo. Assim, se ado-tando amplitudes iniciais de 60° os alunos do GRUPO 6 verificas-sem uma variação no período para os diferentes pêndulos utiliza-dos, não saberiam dizer se tal variação teria sido uma conse-qüência da mudança da massa do pêndulo, das diferentes varia-ções de amplitudes ou de ambos.

Por outro lado, adotando uma amplitude inicial de 5° , onde a variação da amplitude, como disseram, *não dá para ver*, estariam mantendo uma medida invariável para que pudessem avaliar se o período varia ou não com o fator massa do pêndulo.

Portanto, considerando que a escolha da posição de largada adotada partiu de uma verificação experimental acerca da grandeza da variação da amplitude, poderíamos pensar que, com tal procedimento, os alunos do GRUPO 6 estariam anulando a influência de um dos fatores para averiguar a influência possível de um outro no período do pêndulo. Aliás, já haviam afirmado que com a variação da amplitude o *pêndulo perde força*, fator que poderiam admitir acarretar uma variação no tempo de ca da oscilação do mesmo.

Contudo, para que houvesse, de fato, um isolamento da variação da amplitude em relação ao fator massa, esses alu nos deveriam, em primeiro lugar, verificar se havia alguma re lação, não nula, entre tais fatores, ou pelo menos pressupor u ma relação possível que os envolvesse.

Quanto à primeira alternativa, pudemos constatar que não houve por parte desses alunos verificação experimental voltada para uma relação entre os fatores em jogo. Ademais, a introdução de pêndulos com diferentes massas só veio a partici par dos seus procedimentos na aula que antecedeu o PAINEL. Por tanto, uma semana depois de verificarem que a variação da am plitude era imperceptível quando o pêndulo era solto dos 5° .

Para admitirmos a segunda alternativa, a tomada de dados relativa ao período dos diferentes pêndulos deveria se seguir à adoção dessa posição de largada. Nesse caso, ao ní- vel da ação, poderíamos estabelecer uma conexão entre a pressu posição aventada e o controle do fator variação amplitude do pêndulo. Todavia, o procedimento que se seguiu à verificação da grandeza variação da amplitude tendo em vista a posição de largada foi, como vimos, o da medida do tempo transcorrido en tre o instante em que o pêndulo era solto da amplitude ini cial de 5° e o momento em que ele não apresentava nenhum movi mento.

Na verdade, quando os componentes do GRUPO 6 deram início à medida do tempo para uma oscilação dos três diferen- tes pêndulos escolhidos, na véspera do PAINEL, eles já haviam

se decidido pela posição de largada adotada posteriormente. Isto porque, para essa posição, o pêndulo não apresentaria o problema relativo à variação da amplitude. E qual era esse problema?

Quando os alunos desse grupo nos apontaram esse fenômeno, haviam partido da constatação experimental de que o pêndulo, após algumas oscilações, não mantinha a mesma amplitude inicial, ou seja, alegaram que a amplitude do pêndulo variava durante o seu movimento. Após a verificação de que a amplitude não variava quando o pêndulo era solto da amplitude inicial de 5° , tendo em vista nossa sugestão, solicitamos que explicassem por que motivo ora observavam variação na amplitude, ora não observavam. Para amplitudes iniciais relativamente grandes (60° , por exemplo), a variação da amplitude era devida à perda de força do pêndulo, como disseram. Para amplitudes pequenas (5° , no caso) tudo indicava que a perda da força cessaria, pois o pêndulo deixava de apresentar variação na sua amplitude. Frente a esses dois aspectos do mesmo fenômeno não encontraram uma explicação plausível, daí o problema relativo à variação da amplitude. Tratava-se, portanto, de um problema intrínseco ao próprio fenômeno do movimento do pêndulo e que não envolvia sequer a variável período. Muito menos o fator massa.

Mais tarde, quando tentavam medir o tempo necessário para que o pêndulo parasse a partir da amplitude inicial de 5° , puderam verificar que, mesmo aí, havia diminuição da sua amplitude já que em algum momento ele pararia. Dentro da concepção da perda de força poderiam concluir que esse processo só cessaria com a parada do pêndulo, mas não voltaram mais à questão.

Embora esses alunos tenham tido a oportunidade de constatar que mesmo para a amplitude inicial de 5° , o pêndulo apresentava uma variação de amplitude, em primeiro lugar, não manifestaram essa constatação e, em segundo lugar, puderam verificar que o tempo transcorrido entre o início e o fim do movimento era grande o suficiente para observarem que a diminuição desse fator, mesmo para cinco ou dez oscilações, era imperceptível. Aliás, já haviam afirmado que para a amplitude inicial de 5° não dava para ver a amplitude variar. O que nos

leva a depreender que, para eles, a escolha dessa posição de largada estaria garantindo por si só a não variação da amplitude do pêndulo. Em sendo assim, por que não adotaram a contagem de várias oscilações ao invés de uma?

Podemos dizer que dois fatores contribuíram para essa decisão. O primeiro, relativo ao fenômeno da variação do plano de oscilação do pêndulo durante o seu movimento e, o segundo, associado à presença, no dia das medidas, do relógio digital do aluno SIDO que permitia avaliações de tempo da ordem de décimos de segundo.

Durante as tentativas experimentais que antecederam ao dia da tomada de medidas, os componentes do GRUPO 6 constataram que o pêndulo mudava o seu plano de oscilação, o que o impedia de oscilar livremente principalmente pelo fato dele vir a se chocar com a mesa da carteira onde se apoiava a haste suporte. Esse fenômeno tornou-se evidente para eles porque tentavam medir o tempo necessário para o pêndulo parar. Com isso, o pêndulo realizava um número suficientemente grande de oscilações (na ordem de dezenas) para que a articulação do fio com a haste promovesse uma mudança do plano de oscilação de até 90° . Todavia, esse fenômeno só interferia na medida do tempo quando ao chocar-se com a carteira impedia o movimento do pêndulo. Para anular esse efeito, afastaram, como vimos, a extremidade da haste suporte da beira da carteira, impedido assim que o pêndulo atingisse o seu pé. Mas esse procedimento introduzia a oscilação da extremidade da haste na direção vertical. Seguiu-se daí uma discussão acerca da possível influência desse fenômeno no movimento do pêndulo e no tempo correspondente a ele, sem que chegássemos a estabelecer definitivamente qualquer conclusão, a não ser a da possibilidade dessa influência. Voltaram, então, a aproximar a extremidade da haste da carteira até que não observassem mais a oscilação da mesma durante o movimento do pêndulo.

Ao realizarem as medidas fora da sala de aula, dispunham como já dissemos de uma escrivaninha para apoiar a haste. O primeiro procedimento, nesse sentido, foi o de aproximar o máximo possível sua extremidade da beira da escrivaninha para evitar o tal movimento oscilatório da haste. Como haviam escolhido o lado posterior da escrivaninha para dependurar o pêndulo, o seu plano de oscilação ficava bem próximo a esse la

do. Com isso, quando era posto a oscilar, o pêndulo chocava-se com a escrivaninha. Isto poderia ser evitado mudando a posição da haste mesmo que mantivessem a proximidade da sua extremidade com a escrivaninha, mas não o fizeram.

Para solucionar esse problema, adotaram a conta-gem de uma única oscilação. Suficiente para que o pêndulo não tivesse tempo de mudar o seu plano de oscilação e conse-qüentemente se chocar com a escrivaninha.

Contudo, a contagem de uma única oscilação para a medida do período traria consigo a limitação associada à rapi-dez com que o evento ocorria. Frente a essa limitação, os alunos se mostraram muito seguros por disporem do relógio digi-tal do aluno SIDO que, como disseram, era *mais exato*. Assim, procuraram compensar a rapidez do movimento do pêndulo duran-te uma única oscilação, adotando um instrumento de medida que permitia avaliações fracionárias de tempo, no caso, do segun-do.

Portanto, se por um lado a anulação do fator va-riação do plano de oscilação do pêndulo por intermédio da escolha de uma única oscilação para a medida do período, impli-cava numa limitação associada à rapidez desse evento, por ou-tro, a adoção de um instrumento que permitia avaliações de até décimos de segundo, compensaria essa limitação, eliminando assim, como esperavam, os erros possíveis advindos da mesma.

Dessa maneira, estavam atribuindo ao instrumento de medida a capacidade de alcançar valores mais precisos como produto dos seus procedimentos. Até então, não consideravam que os erros associados à própria técnica de medir — seja na sincronização de sinais entre eles, seja na determinação do início e do fim do movimento de uma oscilação — poderiam con-tribuir com desvios substanciais se, mesmo para um dos pêndu-los, em particular, compararmos diversos valores do período assim obtidos.

No entanto, para minimizar o efeito desses erros, ainda que adotando uma única oscilação, poderiam promover al-gum tipo de procedimento que procurasse compensá-los, já que por mais cuidadosa que fosse a medida ela não estaria livre de desvios. Resta saber se os critérios adotados pelos alunos do GRUPO 6 na escolha dos valores de tempo correspondentes

a uma única oscilação compensavam, de alguma forma, esses desvios.

Vimos que, para cada pêndulo a escolha do valor do período recaía naquele que comparecesse duas vezes dentre os encontrados. Isto é, quando durante as medidas um dos valores se repetisse, este seria o escolhido.

Note-se que, de forma espontânea, esses alunos começam a aceitar os erros inerentes às medidas efetuadas, quando procuraram repeti-las, na busca de um valor côrreto. Todavia, a operação de escolherem, dentre os valores obtidos, o mais freqüente, implica, a princípio, em acreditarem que esses valores não estão acrescidos de erro, justamente pelo fato de comparecerem mais do que uma vez, ao contrário daqueles menos freqüentes. Mesmo assim, trata-se de um procedimento que ainda procura se prender mais aos dados obtidos do que a uma pre-determinação dos mesmos, alheia aos elementos nele envolvidos. Mas não podemos dizer que, com isso, tenham compensado os erros inerentes à determinação do período do pêndulo por intermêdio da contagem de uma única oscilação ao privilegiarem uns valores em detrimento de outros, critério esse mais adequado a uma discriminação de elementos, onde os desvios se acentuam, do que a uma conjunção de elementos na qual tais desvios tendem a se atenuar mutuamente.

Em linhas gerais, os componentes do GRUPO 6 tentaram compensar a limitação associada à rapidez do movimento relativo a uma única oscilação, primeiro adotando um relógio que permitia avaliações fracionárias de tempo e, segundo, escolhendo o valor mais freqüente para o período dentre os obtidos. Contudo, tivemos oportunidade de concluir, em ambos os casos não houve de fato uma compensação dos erros inerentes às medidas efetuadas, ainda que, espontaneamente, estivessem trabalhando com freqüência de dados para determinar o "mais correto".

Mais tarde, no seu Relatório de Atividades, o aluno SIDO viria a afirmar que a escolha do valor mais freqüente teria contribuído para os possíveis erros dos dados obtidos pelo seu grupo, mas não chega a propor uma forma melhor de proceder a não ser negar a anterior. Vejamos como ele diz isso:

...Essa conclusão pode estar errada porque no processo que usamos para fazer a atividade poderíamos ter errado. Por exemplo, para medir o tempo de oscilação nós soltávamos o pêndulo três vezes. Se nestas três vezes repetia o tempo de uma oscilação nós colocávamos como resultado o qual que havia repetido. Mas se nestas três vezes não repetisse, nós soltávamos o pêndulo novamente até que repetisse o tempo de uma oscilação. Isso poderia ter ocasionado um erro.

A aluna MAIDE critica o mesmo procedimento, acrescentando implicitamente uma alternativa; todavia, não explicita o processo mais adequado na sua totalidade.

"No nosso Grupo, acho que o erro foi que, com o tempo curto, ter feito apenas 3 a 4 vezes para a marcação do tempo".

Note-se que ela aponta a limitação associada à rapidez do movimento propondo inclusive que deveriam fazer mais medidas, mas não chega a esclarecer o que fariam com elas; se permaneceriam a escolher o valor mais freqüente ou se tenderiam a procurar o valor médio dentre os obtidos.

Outro aspecto a ser analisado refere-se aos dados obtidos pelo GRUPO 6. De acordo com esses dados, o período diminuiria com o aumento de massa do pêndulo, quando sabemos que se considerarmos o efeito da variação da amplitude dever-se-ia esperar o inverso, embora a diferença de tempo fosse tão pequena que seria praticamente impossível detectá-la para uma amplitude inicial de 5° como adotaram e, acima de tudo, contando uma única oscilação para cada medida. Com esses parâmetros e com auxílio de um cronômetro que nos permitia avaliar até 0,1 segundo, obtivemos valores para os pêndulos escolhidos de 1,3s, 1,4s, 1,5s e 1,6s independente da massa.

É importante assinalar, no entanto, que o procedimento de contar uma única oscilação traz consigo uma limitação bastante acentuada no que se refere à avaliação da medida de tempo. Isso, sem dúvida, contribuiu sobremaneira para que os componentes do GRUPO 6 encontrassem os valores apresentados para o período do pêndulo. Associando-se essa limitação ao critério de escolha do valor mais freqüente, dentre os obtidos para cada medida do período, podemos explicar a relação encontra

da. Descartamos, por outro lado, a possibilidade dos alunos desse grupo predeterminarem essa relação, uma vez que, ao serem solicitados a apresentar os seus dados por ocasião do PAINEL, não sabiam sequer como organizá-los, justamente por não terem percebido, até então, a relação implícita nos mesmos.

Todavia, vimos como as alunas MAIDE e SISA insistiram em tentar discriminar os termos massa e peso dos frascos que lhes serviram de pêndulos, após a tomada de dados e nos momentos que antecederam o PAINEL. Como já dissemos, os valores registrados nos frascos referiam-se à massa e não ao peso dos mesmos. Restava agora uma pergunta, que não foi explicitada, mas resultava da insistência das alunas MAIDE e SISA: qual a relação qualitativa ou quantitativa entre o peso e a massa dos frascos? O valor maior para a massa correspondia ao valor maior para o peso também? Trata-se de uma relação inversa a essa? Daí, a pergunta da SISA; *...Esta é a massa, não é...? ...e o peso, como é que a gente sabe?*

Essas alunas poderiam estabelecer uma relação qualitativa entre os pesos e as massas dos frascos adotando o critério convencionalmente usado, sustentando cada um deles numa das mãos para avaliá-los em termos dos parâmetros "mais leve" e "mais pesado". Além disso, o frasco de 30g estava vazio, o de 62,2g continha areia. Essa comparação já indicaria uma relação. Não seria difícil verificar qualitativamente a diferença de "peso" entre o frasco de 104,9g e os dois outros frascos. Nesse momento, no entanto, esse critério não foi adotado. Preferiram, ao contrário disso obter uma resposta nossa a respeito da relação em jogo.

De qualquer maneira, a insistência das alunas MAIDE e SISA acerca dessa relação indica uma preocupação com uma outra relação, mais próxima da atividade presente: a relação entre o período e o peso do pêndulo. A palavra "peso" lhes parecia bem mais familiar do que a palavra massa. Portanto, a relação entre o tempo de cada oscilação e o peso do pêndulo estaria mais próxima de uma compreensão sobre o fenômeno em estudo do que a relação entre o período e a massa do pêndulo. Embora tenhamos apresentado a massa como uma grandeza associada à "quantidade de matéria" do pêndulo, a distância que os alunos mantinham do seu processo de determinação impedia a sua inserção no

da. Descartamos, por outro lado, a possibilidade dos alunos desse grupo predeterminarem essa relação, uma vez que, ao serem solicitados a apresentar os seus dados por ocasião do PAINEL, não sabiam sequer como organizá-los, justamente por não terem percebido, até então, a relação implícita nos mesmos.

Todavia, vimos como as alunas MAIDE e SISA insistiram em tentar discriminar os termos massa e peso dos frascos que lhes serviram de pêndulos, após a tomada de dados e nos momentos que antecederam o PAINEL. Como já dissemos, os valores registrados nos frascos referiam-se à massa e não ao peso dos mesmos. Restava agora uma pergunta, que não foi explicitada, mas resultava da insistência das alunas MAIDE e SISA: qual a relação qualitativa ou quantitativa entre o peso e a massa dos frascos? O valor maior para a massa correspondia ao valor maior para o peso também? Trata-se de uma relação inversa a essa? Daí, a pergunta da SISA; *...Esta é a massa, não é...? ...e o peso, como é que a gente sabe?*

Essas alunas poderiam estabelecer uma relação qualitativa entre os pesos e as massas dos frascos adotando o critério convencionalmente usado, sustentando cada um deles numa das mãos para avaliá-los em termos dos parâmetros "mais leve" e "mais pesado". Além disso, o frasco de 30g estava vazio, o de 62,2g continha areia. Essa comparação já indicaria uma relação. Não seria difícil verificar qualitativamente a diferença de "peso" entre o frasco de 104,9g e os dois outros frascos. Nesse momento, no entanto, esse critério não foi adotado. Preferiram, ao contrário disso obter uma resposta nossa a respeito da relação em jogo.

De qualquer maneira, a insistência das alunas MAIDE e SISA acerca dessa relação indica uma preocupação com uma outra relação, mais próxima da atividade presente: a relação entre o período e o peso do pêndulo. A palavra "peso" lhes parecia bem mais familiar do que a palavra massa. Portanto, a relação entre o tempo de cada oscilação e o peso do pêndulo estaria mais próxima de uma compreensão sobre o fenômeno em estudo do que a relação entre o período e a massa do pêndulo. Embora tenhamos apresentado a massa como uma grandeza associada à "quantidade de matéria" do pêndulo, a distância que os alunos mantinham do seu processo de determinação impedia a sua inserção no

rol de atributos convencionalmente adotados para classificar os objetos. Talvez isso nos ajude a compreender a razão da dificuldade apresentada pelos componentes do GRUPO 6 na organização dos seus dados, de maneira a apresentá-los na forma de uma tendência.

A organização dos dados solicitava um estabelecimento de relação entre duas variáveis onde apenas uma delas era familiar: o tempo relativo a cada oscilação. Uma possível associação entre essa relação e um fenômeno conhecido ou imaginável tornava-se pois muito difícil para que pudessem estabelecer um significado aos seus dados. Aliás, podemos descrever como esse grupo, em particular, nos solicitava para que explicássemos as razões dos fenômenos observados, buscando portanto o significado do que haviam observado. Podemos mesmo acrescentar que se preocupavam mais com esses aspectos do que em "fazer" a atividade.

Considerando-se pois esses aspectos, podemos assinalar que os componentes do GRUPO 6 não chegaram a compreender o significado físico da relação entre o período e a massa do pêndulo apresentada no PAINEL.

*
* *

Resumindo. Pudemos notar que os diversos procedimentos adotados pelo GRUPO 6, no desenvolvimento da ATIVIDADE 2, não convergiam obrigatoriamente para a relação entre os principais fatores em jogo, a saber: o período e a massa do pêndulo.

A escolha da posição de largada correspondente a uma amplitude inicial de 5° derivou, como vimos, da constatação de que para esse ângulo o pêndulo não apresentava variação visível na sua amplitude. Esse fato foi suficiente para a sua escolha, embora também contribuisse para a anulação da possível interferência do fator variação da amplitude no período.

Quanto à adoção da contagem de uma única oscilação para a medida do período, esta procurava anular a variação do plano de oscilação do pêndulo, mas trazia consigo a limitação associada à rapidez do movimento a ser medido. No

entanto, o relógio digital do SIDO, segundo os componentes do GRUPO 6, compensaria isso, já que, por permitir medidas de tempo até 0,1 segundos, era *mais exato*.

Esse procedimento, por outro lado, não compensava os erros inerentes às medidas de tempo. Ademais, esses erros não tendiam a ser compensados mesmo com a escolha do valor que se repetia nas sucessivas medidas efetuadas. Aliás, essa escolha não demonstrava uma preocupação em compensar os erros, mas, sim, em discriminar os valores tidos como "corretos" (por se repetirem) dos valores tidos como "errados" (por não se repetirem).

Além disso, apesar dos dados obtidos para o período dos três pêndulos adotados não serem os esperados, dadas as suas características métricas e físicas — efeito produzido principalmente pela contagem de uma única oscilação e pelo critério de escolha do valor mais freqüente dentre os obtidos — tais dados, entretanto, mostravam uma tendência: o período diminuía com o aumento de massa do pêndulo. Contudo essa tendência não foi percebida pelos alunos do GRUPO 6 pelo fato de introduzirmos a "massa" como critério de medida da quantidade de matéria do pêndulo.

Assim, acabaram por perceber uma relação, mas entre o período (tempo), conhecido por eles, e uma variável ainda destituída de significado para diferenciar os pêndulos.

Finalmente, devemos acrescentar que pelo menos quatro elementos devem ser ressaltados nesse grupo; elementos esses que podem adquirir um significado importante no contexto deste trabalho. O primeiro deles se refere ao tempo normal de aula gasto quase que exclusivamente na tentativa de conhecer o material e decifrar o que era para ser feito, o que nos levou a um trabalho extra-classe a fim de realizarem efetivamente suas medidas. Um aspecto que se destacou nitidamente nesse grupo foi a vontade de compreender do que se tratava para depois fazer. Ao contrário da maioria dos grupos, cuja preocupação básica era como fazer ou o que é que a professora queria que se fizesse.

O segundo elemento refere-se à expectativa de controlar os fatores que pudessem "perturbar" a medida feita, no sentido de tê-la o mais "pura" possível. Nesse sentido, alguns aspectos, como a medição temporal mais exata e "invariân-

cia" da amplitude do pêndulo ou sua variação a uma quantidade desprezível, devem ser ressaltados, pois trata-se de cuidados que fazem parte de esquemas operatórios associados a controle de variáveis de singular importância para o trabalho experimental e que este grupo parece ter manifestado com grande nitidez, em comparação com os outros grupos.

O terceiro elemento, bastante ligado aos dois anteriores, como também ao que se seguirá, é o de realizar espontaneamente os procedimentos sem ter um planejamento a priori do que se faria e sem a preocupação de provarem algo, a não ser realizar uma boa coleta de dados que eles sequer sabiam como analisar posteriormente. É provável que esse grupo acabasse por analisar os dados e chegasse a conclusões corretas caso houvesse tempo disponível para tanto, dada a sistemática e controle do trabalho.

Por último, o quarto elemento se refere a algo que somente esse grupo utilizou e demonstrou. O início de esquemas operatórios formais para tanto: trata-se do fato de terem começado a se utilizar da medida da tendência central — no caso moda — para saber qual a melhor medida ou a *mais correta*, no dizer deles. Apesar de todos os problemas inerentes à utilização exclusiva desse tipo de tendência central, a atitude de não querer provar que um valor é o correto, mas, a partir dos dados, aceitar o mais provável de ocorrência como o mais exato, é um forte indício da utilização espontânea de raciocínio probabilístico para análise dos dados, indícios esses que este grupo manifestou fortemente.

c) - algumas considerações

Dissemos no capítulo anterior que a integração do fator variação da amplitude ao sistema de fatores que compõem o movimento do pêndulo, nos leva a duas possibilidades de operações associadas às medidas do período. Primeira, a de negar o fator variação da amplitude decorrente da contagem de várias oscilações, como fizeram aqueles grupos que tenderam a aceitar a medida relativa do tempo; segunda, a de minimizá-lo, reduzindo-o a dimensões desprezíveis, o que corresponde à contagem de uma única oscilação para essa medida, como procederam os dois grupos tratados neste capítulo.

Não devemos nos esquecer, contudo, que para que a essa ação corresponda a minimização desse fator, é necessário conjugá-la a uma intenção ou ainda a uma pressuposição de que a variação da amplitude pudesse, de alguma forma, interferir no período do pêndulo. Quanto a isso, pudemos depreender que esses dois grupos, cada um à sua própria maneira, deram mos tras de, pelo menos, suporem tal interferência ao aceitarem a medida absoluta para o tempo. No caso do GRUPO 3 a tentativa foi a de minimizar a variação da amplitude contando uma única oscilação, e no caso do GRUPO 6 a de minimizar esse fator ado tando amplitudes iniciais bastante pequenas.

Por outro lado, embora esses dois grupos se assemelhem pela tentativa de minimização do fator variação da am plitude, eles se diferenciam quanto a outros aspectos permeados pelas suas manifestações e condutas. Referímo-nos às suas concepções acerca do fenômeno em estudo, aos procedimentos a dotados e ao estabelecimento ou não de regularidades, bem como às relações entre esses elementos que pudemos depreender du rante a realização dos trabalhos.

Interessa-nos, aqui, apontar alguns desses aspectos.

Os componentes do GRUPO 6 deram demonstrações de procurar integrar todos os possíveis fatores que compunham o movimento do pêndulo a fim de tomarem suas decisões acerca dos procedimentos a adotar. Assim foi a preocupação de como deveria ser feita a medida do comprimento do pêndulo, a curio sidade manifestada frente à mudança do seu plano de oscilação e a própria constatação de que a variação da amplitude era muito pequena para posições de largada da ordem de grandeza se melhante àquela por eles adotada.

No que se refere ao GRUPO 3, parecia haver, por parte das componentes responsáveis pelas principais decisões do grupo, uma tentativa de "eliminar" aqueles fatores que apa rentemente impediriam as medidas tal como pretendiam fazê-las. Foi o caso, por exemplo, do "chaqualhar" do pêndulo quando sol to da amplitude inicial de 90° , atribuindo a esse fenômeno a causa da variação da amplitude. Ao aceitarem nossa sugestão de adotarem amplitudes iniciais menores, no entanto, não se preocuparam em verificar se a amplitude deixava de variar, vis

to que além da mudança da posição de largada passaram a adotar também a contagem de uma única oscilação. Em relação ao controle da variação da amplitude, o GRUPO 6 pareceu ser mais criterioso do que o GRUPO 3.

Quanto ao estabelecimento de regularidades, o GRUPO 3 manifestou uma precipitação em concluir uma relação, ainda que qualitativa, dispondo apenas de dois dados que envolviam os fatores tempo e comprimento, enquanto o GRUPO 6, que dispunha de três dados coletados relativos ao tempo e à massa do pêndulo, só arriscou uma conclusão durante o PAINEL.

Como vimos, essa conduta interferiu diretamente nos procedimentos de cada um dos grupos. Enquanto os componentes do GRUPO 6 procuraram coletar seus dados neutralizando ou controlando os fatores integrados ao sistema, as alunas CIRA e NETA do GRUPO 3, embora também intencionadas a minimizar o fator variação da amplitude, predeterminaram entretanto os valores de tempo que se seguiram ao segundo dado obtido devido à precipitação a que nos referimos.

Nesse sentido, o GRUPO 6 ao aceitar a medida absoluta para a medida de tempo deu mostras de compreender que o fator variação da amplitude, como o período, é dependente da amplitude e da posição de largada. O mesmo não parece ter ocorrido com o GRUPO 3, cujos procedimentos que os levaram à tentativa de minimizar a variação da amplitude não foram acompanhados das provas correspondentes para que se assegurassem desse efeito.

CAPÍTULO III

INDEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE MEDIDA

Vimos até aqui os casos em que os alunos tenderam a integrar, de uma ou de outra forma, a variação da amplitude ao sistema dos fatores que compõem o movimento do pêndulo. De correu dessa integração a aceitação da medida relativa e da medida absoluta do período do pêndulo, embora, repetimos, essa aceitação guardasse também formas específicas de acordo com os grupos estudados, e isso já tivemos oportunidade de apresentar.

Entretanto, nossa pesquisa nos possibilitou averiguar os efeitos causados, em primeiro lugar, pela negação dessa integração e, em segundo lugar, pela não identificação do problema relativo à presença do fator variação da amplitude, que levou dois grupos, tratados neste capítulo, a não definir critérios de medida concordantes com o fenômeno em estudo, devido às conseqüências advindas desses dois aspectos. Além disso, cada um desses aspectos justifica a divisão deste capítulo nos itens que se seguem.

a) - tentativa de burla

Este item se refere ao tratamento que o GRUPO 5, composto pelos alunos JUNIOR e NATÁLIA, deu à ATIVIDADE 1 durante o seu desenvolvimento; ATIVIDADE 1 - Escolha um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Solte-o de uma determinada posição e meça o período de oscilação. Varie a amplitude de oscilação, repetindo a medição do período.

As principais decisões voltadas aos procedimentos desse grupo couberam à aluna NATÁLIA, embora dispusesse da ajuda do seu colega JUNIOR, principalmente nas medidas efetuadas. Além disso, eles contaram com o auxílio da aluna SILA do GRUPO 1, sem falarmos dos freqüentes contatos mantidos entre a aluna

NATÁLIA não só com esse grupo como também com o GRUPO 2.

O tempo empregado para a realização dessa atividade não ultrapassou o previsto: 50 minutos referentes ao 1º DIA DE ATIVIDADES e 100 minutos referentes ao 2º DIA DE ATIVIDADES.

A característica básica deste grupo inicialmente foi a de buscar uma relação que não era aquela prevista pela ATIVIDADE 1. A identificação parcial desse fato levaria a aluna NATÁLIA a tentar relacionar o fator amplitude ao período, relação característica dessa atividade. Mas, como já dissemos, a não identificação do problema relativo à inerência da variação da amplitude ao movimento do pêndulo redundou numa tentativa de forjar seus dados a ponto de não conseguir explicar a origem dos mesmos posteriormente.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

Uma vez tendo optado por desenvolver a ATIVIDADE 1, quando pela nossa proposta inicial a atividade que caberia ao GRUPO 5 deveria ser a ATIVIDADE 2, a aluna NATÁLIA nos procurou para perguntar se poderia escolher qualquer pêndulo. Dissemos a ela que escolhesse aquele que considerasse mais conveniente para o desenvolvimento da sua atividade. Sem demonstrar muita segurança na sua escolha pegou um dos frascos pequenos, dos disponíveis: o de massa 88,3g.

Podemos dizer que este foi o único contato direto que a aluna NATÁLIA teve conosco durante o primeiro e segundo dias de atividades. Os demais contatos se fizeram por intermédio do GRUPO 1, onde estava sempre presente, quando éramos solicitados a atender às perguntas da aluna CATE desse grupo. Todavia, não nos dirigia a palavra. Suas dúvidas, apresentava-as, frequentemente, à aluna SILA do GRUPO 1.

Assim, grande parte do tempo destinado ao 1º DIA DE ATIVIDADES foi consumido pela aluna NATÁLIA em contatos que se alternavam com o aluno JUNIOR do seu grupo e com o GRUPO 1, mais especificamente, com a aluna SILA.

Com o aluno JUNIOR, montou o pêndulo de maneira adequada conforme nossas instruções, chegando a fazer algumas tentativas de medidas. Mas, essas tentativas eram entremeadas por contatos com o GRUPO 1. De maneira que não chegava a dar prosseguimento a elas.

Quanto ao aluno JUNIOR, este permanecia na expectativa de novas instruções da aluna NATÁLIA, quando esta se ausentava do seu grupo. Participava das tentativas experimentais, mas não chegava a tomar decisões.

A aluna NATÁLIA também estava presente quando sugeríamos às componentes do GRUPO 1 que procurassem uma posição mais favorável à observação do pêndulo e que adotassem comprimentos maiores para o mesmo. Como vinha trabalhando com o pêndulo da mesma forma que o GRUPO 1, retornou para junto de seu colega de grupo e seguiu nossas sugestões.

A partir de então, tentou tirar algumas medidas chegando a registrar uma delas.

O comprimento do fio do pêndulo de 47,5cm só foi medido depois das medidas de tempo. Na nova montagem ajustou o pêndulo para um comprimento maior que o anterior, mas sem se preocupar em medi-lo, vindo a fazê-lo posteriormente com auxílio da fita métrica.

Para a medida de tempo adotou o procedimento da contagem de uma única oscilação. Com auxílio de um relógio dos de pulso com ponteiros de segundo registrou 2 seg para o "período de oscilação" do pêndulo quando este foi largado da "posição" de 30° , correspondente a uma amplitude inicial de 60° .

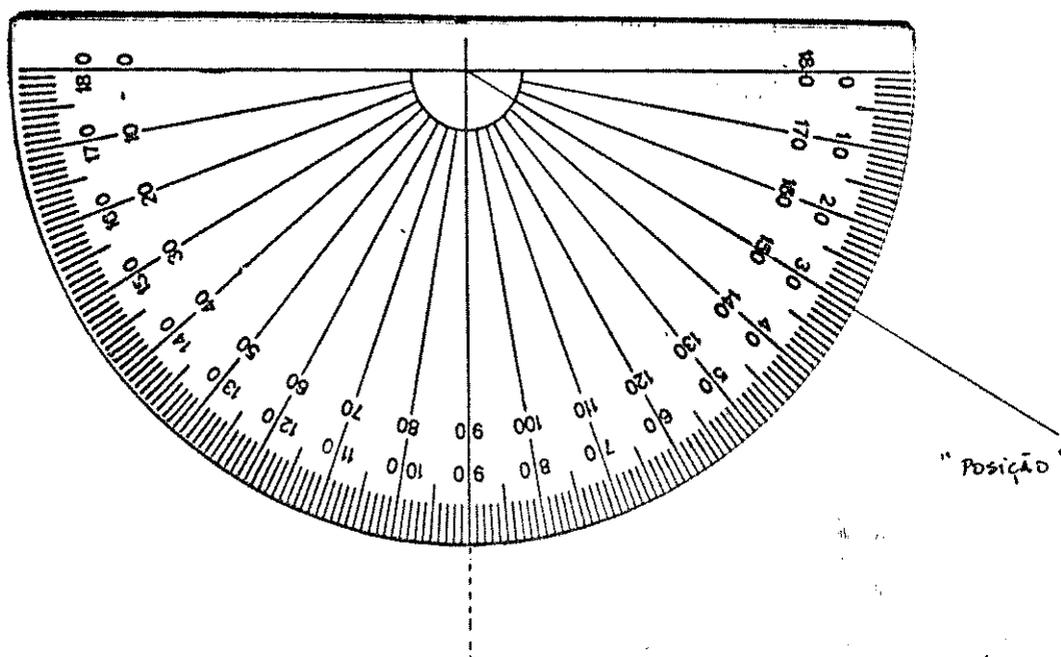


FIGURA 10 : " POSIÇÃO " DE 30°

Para obterem esses dados a aluna NATÁLIA e o aluno JUNIOR repetiram suas medidas algumas vezes. Enquanto ela avaliava o tempo, ele manipulava o pêndulo comunicando-lhe os sinais de início e término de cada oscilação.

Com esses dados e procedimentos o GRUPO 5 encerrou os trabalhos do 1º DIA DE ATIVIDADES.

Antes de dar início ao relato dos novos acontecimentos ocorridos com esse grupo, vejamos o que a aluna NATÁLIA espontaneamente registrou, no seu caderno de apontamentos, entre o primeiro e segundo dia de atividades.

- 1) medida do comprimento 42,5cm
massa = 88,3g

O pêndulo é solto num ângulo de 30° .

Conclusão: soltamos o pêndulo de uma determinada posição por ex: 30°

para ocorrer uma oscilação é preciso que ele vá e volte, só que ele não chega bem no 30° ele chega um pouquinho menos do 30° .

Para ocorrer uma oscilação o pêndulo leva 2 segundos.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

Após um breve contato com a aluna SILA do GRUPO 1, a aluna NATÁLIA montou o seu pêndulo e, junto com o aluno JUNIOR, deu início às suas medidas de tempo.

Largando o pêndulo da posição de largada 30° (amplitude inicial de 60°), mediu o tempo relativo a seis oscilações obtendo um valor de 10s. Para a obtenção desse dado, repetiu sua medida algumas vezes.

A partir daí, paralisou suas atividades. Deixando o aluno JUNIOR sozinho novamente, entrou em contato com o GRUPO 2 onde permaneceu por algum tempo.

Em seguida, voltou a entrar em contato com o JUNIOR. Contando com a sua participação, tentou fazer algumas medidas, mas não chegou a registrar nenhuma delas. Paralisou suas atividades novamente. Solicitou a presença da aluna SILA no seu grupo. Fez novas tentativas de medidas, agora com o auxílio da sua colega. Desse encontro resultou mais um dado obtido. Mediram o tempo relativo a cinco oscilações obtendo 9s.

Depois disso a aluna SILA retornou ao GRUPO 1 e a NATÁLIA procurou os alunos do GRUPO 2. Permaneceu com esse grupo quase até o final do 2º DIA DE ATIVIDADES.

Para o GRUPO 5, portanto, esse dia de atividades transcorreu assim. Enquanto o aluno JUNIOR permanecia em seu lugar à espera da aluna NATÁLIA, esta mantinha-se fazendo contatos, ora com a aluna SILA do GRUPO 1, ora com os componentes do GRUPO 2.

Todavia, em nenhum momento desse dia os alunos do GRUPO 5 nos solicitaram. Quando frequentávamos esse grupo para nos inteirar do andamento dos trabalhos éramos informados, por um ou por outro de seus componentes que estavam *fazendo a atividade*.

Mais tarde, por ocasião do PAINEL, a aluna NATÁLIA apresentaria os dados relativos ao GRUPO 5 da seguinte forma:

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 5

Massa = 88,3g	
Comprimento = 42,5cm	
Posição = 30°	
Período de oscilação = 2 seg	
Amplitude	Período
20° a 40°	6 osc. = 10 seg = 1,6
40° a 100°	5 osc. = 9 seg = 1,8

Na oportunidade, a aluna NATÁLIA e o aluno JUNIOR foram solicitados a explicar o significado dos dados apresentados na coluna "Amplitude" (20° a 40° e 40° a 100°), mas não souberam fazê-lo.

Posteriormente, verificamos que no caderno de apontamentos da aluna NATÁLIA, em dois lugares diferentes, ao invés da expressão "40° a 100°", junto aos demais dados, aparecia a expressão "40° a 180°".

Os dados apresentados pelo GRUPO 5 relativos à ATI
VIDADE 1 caracterizam dois momentos distintos dos seus procedime
ntos. O primeiro, referente à posição de largada de 30° , quando
a aluna NATÁLIA decidiu contar uma e seis oscilações do pên
dulo para a medida do período. O segundo, referente ao que essa
mesma aluna chamou de *variar a amplitude*.

Quanto ao primeiro momento, vimos que as medidas de tempo relativas a uma e seis oscilações não ocorreram no mesmo dia. Ao final do primeiro dia de atividades com o pên
dulo, a aluna NATÁLIA e o aluno JUNIOR mediram o tempo de uma osci
lação a partir da posição de largada de 30° , obtendo 2 segundo
s. No início do segundo dia de atividades com o pên
dulo, proce
deram à medida de tempo das seis oscilações, obtendo 10 segun
dos.

Considerando a dificuldade generalizada que os aluno
s apresentaram em avaliar o tempo devido a uma única oscilação, e ainda as limitações afeitas aos próprios instrumentos de medida disponíveis, podemos admitir como aceitável o dado dos 2 segundos obtidos pelo GRUPO 5 com a posição de largada de 30° e com o comprimento do fio do pên
dulo de 42,5cm. Para essa
mesma medida obtivemos experimentalmente um valor em torno de 1,5s.

Contudo, os 10s obtidos, para a mesma posição de largada durante as seis oscilações contadas, apresenta uma dife
rença considerável em relação aos valores esperados para um pên
dulo como esse. Experimentalmente, obtivemos, para essa medida, um valor pouco inferior a 8,5s. Segundo esses dado
s a diferença entre os 10s obtidos e os valores esperados equivale a praticamente ao tempo de uma oscilação completa do pên
dulo em questão.

Mesmo que se retome as limitações relativas às condi
ções experimentais em que a atividade se processou, devemos convir que essa diferença foge bastante dos padrões de erro espe
rados. Por esse motivo, tal diferença deve comportar uma explicação.

Podemos apontar três alternativas. Uma primeira possibilidade é a de que o erro apresentado se deva a um ajuste de sinais, entre a aluna NATÁLIA e o aluno JUNIOR, no iní
cio e no final da marcação dos tempos. Além dessa possibilidade

de, podemos pensar numa dificuldade por parte desses alunos em avaliar o valor do tempo assinalado pelo ponteiro dos segundos no mostrador do relógio. E, a terceira possibilidade, seria a de que a diferença encontrada não tenha sido devida a uma dificuldade técnica ou avaliativa mas, sim, advinda do fato de que o pêndulo não tivesse realmente um comprimento de fio como foi registrado (42,5cm). É possível que no segundo dia de atividades a aluna NATÁLIA não tenha ajustado, como no primeiro dia o comprimento do fio do pêndulo, passando a trabalhar, a partir daí, com um comprimento maior.

Dessas três alternativas, a de maior probabilidade é a terceira, visto que se considerarmos os efeitos somados das dificuldades técnica e avaliativa, não teriam alcançado tal diferença. De uma maneira geral, as medidas eram feitas sempre depois de algumas tentativas. Esse aspecto não elimina a possibilidade de erro, é claro, mas contribui sobremaneira para que ele se torne bem inferior ao tempo relativo a uma oscilação. Assim, o tempo de 10s para as seis oscilações deve ter sido obtido com um comprimento de fio superior a 42,5cm. Para comportar os erros experimentais aceitáveis nas medidas de tempo, esse comprimento estaria em torno do valor de 60cm. Isto é, um valor bem diferente da medida apresentada nos seus dados, o que evidencia uma falta de preocupação com o controle do fator comprimento do pêndulo.

Por outro lado, cabe-nos perguntar qual teria sido o motivo que levou a aluna NATÁLIA a tomar a medida do período do pêndulo duas vezes para uma mesma posição de largada, primeiro, contando uma oscilação e depois, seis oscilações.

Suponhamos que ela tenha feito isso por não ter confiado no valor do tempo de uma única oscilação. Talvez ela tivesse percebido a dificuldade associada a essa medida. Por isso, decidir-se-ia por uma segunda medida onde o fator erro poderia ser dissipado pelas seis oscilações. Nesse caso, por que ela não teria apresentado posteriormente o tempo relativo às seis oscilações como devido à posição de largada de 30°? Além disso, por que ela apresentou somente o tempo relativo a uma oscilação a partir dessa posição?

Na verdade, o tempo relativo às seis oscilações não figurou nos seus dados como devido à posição de largada de

30°, mas associado à "amplitude - 20° a 40°". O que revela que entre a tomada de medidas e a sua apresentação, esse dado foi desprezado. Contudo, essa medida foi feita e deveria haver uma razão para isso.

Comparando-se essas duas primeiras medidas, podemos notar que a única diferença entre elas é o número de oscilações embora, como vimos, a aluna NATÁLIA tenha alterado de uma para a outra, também o comprimento do pêndulo, mas não de maneira intencional. Assim, podemos dizer que, intencionalmente e em termos de procedimentos, o fator número de oscilações figurou como variável da medida do período a partir da posição de largada de 30°. Fato que nos leva a depreender que no primeiro momento dos seus procedimentos a aluna NATÁLIA procurou medir o período do pêndulo variando o número de oscilações e não a amplitude como solicitava a ATIVIDADE 1. Apesar da variação do número de oscilações implicar também numa variação da amplitude, não foi esse segundo fator que ela procurou medir. Se fosse, ela teria apresentado os registros correspondentes.

Tendo em vista que, posteriormente, a segunda medida relativa a esse procedimento foi desprezada, podemos pensar que nesse primeiro momento a aluna NATÁLIA tenha interpretado a solicitação de "variar a amplitude de oscilação" como "variar o número de oscilações". Como decorrência dos seus contatos com a aluna SILA do GRUPO 1 e com os componentes do GRUPO 2, é possível que essa interpretação tenha sofrido alterações, daí não ter apresentado esses procedimentos como dados do GRUPO 5, mas, tão somente, o tempo relativo a uma oscilação a partir da posição de largada de 30°.

Portanto, num primeiro momento, os procedimentos do GRUPO 5, em particular da aluna NATÁLIA, foram assinalados pela variação do número de oscilações, não por tentar controlar essa variável, mas sim por estabelecer uma interpretação própria em relação àquilo que acreditava devesse ser feito.

Em contrapartida, o segundo momento dos procedimentos do GRUPO 5 foi marcado por uma intensa interação da aluna NATÁLIA com os componentes do GRUPO 2 e com a aluna SILA do GRUPO 1. Esta, chegando a participar inclusive de algumas medidas relativas aos dados do GRUPO 5.

De acordo com o Relatório de Atividades da aluna NATÁLIA foi nesse segundo momento que ela passou à variação da

amplitude do pêndulo: *Mais nós queríamos chegar em conclusões mais concretas e variamos a amplitude 20° a 40° 6 oscilações, etc.* Todavia, não chega a registrar o significado dado por ela a essa *variação da amplitude*.

Com relação aos dados do fator amplitude ou da sua variação obtivemos da aluna NATÁLIA duas versões. A primeira, constante no seu caderno onde ela aponta dois dados na coluna "amplitude": "20° a 40°" e "40° a 180°". A segunda, constante nos dados apresentados em PAINEL na mesma coluna: "20° a 40°" e "40° a 100°". Embora ciente dessa discordância, não soube explicar posteriormente o significado desses dados. O que nos leva a pensar que a aluna NATÁLIA não tenha compreendido o significado da solicitação da ATIVIDADE 1: "varie a amplitude de oscilação".

Quanto à forma de apresentação dos dados relativos à "amplitude", notamos uma semelhança com aquela apresentada pelo GRUPO 2, com o qual a NATÁLIA teve intenso contato. Entretanto, não podemos atribuir a mesma semelhança ao conteúdo desses dados.

Por outro lado, a presença da aluna SILA no seu grupo trouxe contribuições e interpretações estranhas às do GRUPO 2. Se somarmos a isso a própria dificuldade apresentada pela NATÁLIA em explicar os seus dados, podemos depreender que o segundo momento dos procedimentos do GRUPO 5 não foi marcado por uma conduta coerente. Embora possamos atribuir uma série de significados aos seus dados, sabemos apenas que nenhum deles partiu de uma explicação da sua autora. Portanto, tentar explicá-los sem essa confirmação seria inútil.

O que podemos afirmar é que a aluna NATÁLIA procedeu a mais uma medida de tempo. Aquela relativa às cinco oscilações obtendo 9 segundos. Todavia ela não apresentou dados seguros para que possamos saber, ao menos, a posição de largada ou amplitude do pêndulo com que essa medida se processou. Sabemos apenas que, certamente, esse dado não foi obtido com um comprimento de fio de 42,5cm, como ela apresentou nos seus dados. Já tivemos oportunidade de comentar que nesse segundo momento dos procedimentos do GRUPO 5, o pêndulo foi operado com um comprimento de fio em torno de 60cm, tendo em vista os valores de tempo apresentados.

A conclusão estabelecida pela aluna NATÁLIA em relação aos dados do seu grupo, como consta no seu Relatório de Atividades, foi a de que *à medida que aumentava a amplitude o período aumentava*. Só podemos imaginar que essa conclusão te nha sido estabelecida a partir de uma leitura subjetiva dos seus próprios dados e não a partir dos seus procedimentos. Assim, estaria fazendo corresponder os 20° (de 20° a 40°) ao tempo de 1,6s e os 40° (de 40° a 100° ou 40° a 180°) ao tempo de 1,8s. Nesse caso, os valores 20° e 40°, segundo sua conclusão, estariam se referindo às amplitudes ou posições de largada do pêndulo. Mas, qual o significado de 20° a 40°, 40° a 180° ou 40° a 100°? Quanto a isso, só podemos ficar no campo das suposições, pois mesmo a aluna NATÁLIA não soube explicar.

O aluno JUNIOR, que praticamente não participou das decisões desse grupo, faz uma outra descrição dos procedimentos e chega a uma conclusão diferente da sua colega.

A massa do nosso grupo foi de 88,3g; o comprimento do pêndulo escolhido 48,5cm correspondente à massa: a posição de largada 30°: colocando o pêndulo em 40° e assim medindo 5 oscilações deu 1,8 segundos e em 6 oscilações deu 1,6seg; quanto menos oscilações o tempo do período também diminuía.

Vemos que a sua conclusão inverte a relação entre o número de oscilações e os valores correspondentes do período. No entanto, é possível que a relação estabelecida para a sua conclusão tenha sido feita entre o número de oscilações e o tempo total e não o tempo relativo a cada uma delas (período). De qualquer maneira, essa conclusão demonstra mais uma preocupação em relacionar o número de oscilações com o tempo, do que em relacionar a amplitude do pêndulo com o período, conforme solicitava a ATIVIDADE 1. Aliás, foi exatamente essa conduta que marcou o primeiro momento dos procedimentos do GRUPO 5 e, como já vimos, não chegou a se transformar substancialmente no segundo.

Outro aspecto a considerar em relação à aluna NATÁLIA foi a conduta pouco segura com que ela conduziu suas atividades. Mantinha freqüentes contatos com o GRUPO 1, em particular com a aluna SILA, demonstrando uma dependência muito grande em relação a ela para tomar suas decisões, decisões essas que não contaram com a participação do seu colega de grupo.

Ora, esse intenso contato com a aluna SILA só se ria frutífero de alguma maneira, desde que ela estivesse desenvolvendo a mesma atividade. Assim, a escolha da atividade por parte da aluna NATÁLIA se explica pela mesma dependência que ela manteve com a aluna SILA e seu grupo. Daí, a escolha da ATIVIDADE 1.

* * *

Resumindo. Tendo em vista as nossas explicações iniciais, como também a solicitação contida na Folha de Atividades e os contatos com o GRUPO 1, a aluna NATÁLIA depreendeu inicialmente que a tarefa correspondente a ATIVIDADE 1 se resumia em medir o período do pêndulo variando o número de osci lações. Após outros contatos com o GRUPO 1 e mesmo com o GRUPO 2, percebeu que a solicitação da ATIVIDADE 1 não se referia à variação do número de oscilações, mas à variação do fator amplitude do pêndulo. Todavia demonstrou não saber como proceder para atender a essa solicitação, o que a levou a apresentar dados incoerentes que, posteriormente, não soube como explicar. O seu colega de grupo, no entanto, manteve a relação entre o período e o número de oscilações estabelecendo uma conclusão que acabou por envolver apenas esses dois fatores.

b) - *busca de uma medida invariável e negação do sistema integrado*

Estudaremos aqui o GRUPO 2 composto pelo aluno RAZEM e pelas alunas LURI e MILA que optaram primeiramente por desenvolver a ATIVIDADE 2, mas que acabaram por se decidir pela ATIVIDADE 1 - *Escolha um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Solte-o de uma determinada posição e meça o período de oscilação. Varie a amplitude de oscilação repetindo a medição do período.*

Adiantamos que a aluna MILA, por transferir-se para outra escola a partir do 5º DIA DE ATIVIDADES, não teve oportunidade de nos entregar o seu Relatório de Atividades. Assim, não contaremos com as suas manifestações por escrito, em

bora, veremos, tenha sido, juntamente com o aluno RAZEM, a responsável pelos procedimentos do seu grupo durante a realização da atividade escolhida.

O tempo efetivamente empregado no desenvolvimento da ATIVIDADE 1 limitou-se ao disponível do 2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos), visto que na ausência do aluno RAZEM, no 1º DIA DE ATIVIDADES, as alunas LURI e MILA haviam tentado desenvolver a ATIVIDADE 2. Apesar disso, não foram diferentes os problemas enfrentados num e noutro desses dias pelo GRUPO 2 como teremos oportunidade de constatar.

A posição desse grupo neste item que o qualificou, se deve, em primeiro lugar, à tentativa de ajustar o fenômeno em questão a características impróprias a ele, o que levou o RAZEM e a MILA a buscarem uma medida invariável para a amplitude do pêndulo. Em segundo lugar e principalmente, essa posição se deve, como já afirmamos em parte, à não integração do fator variação da amplitude ao sistema de fatores que compõem o movimento do pêndulo.

1º DIA DE ATIVIDADES (50 minutos)

No primeiro dia de atividades o aluno RAZEM havia faltado. De maneira que as decisões do GRUPO 2, nesse dia, ficaram a cargo das alunas LURI e MILA. E a primeira delas foi a escolha da ATIVIDADE 2, que concorda, pelo menos aparentemente, com a nossa sugestão acerca da distribuição das três atividades pelos sete grupos.

De posse da Folha de Atividades e da haste suporte distribuída a todos os grupos, solicitavam nossa presença pedindo explicações acerca do que era para ser feito na ATIVIDADE 2.

Com auxílio da Folha de Atividades lemos junto o texto correspondente à ATIVIDADE 2, enfatizando que, para essa atividade, deveriam variar a massa do pêndulo, ou seja, deveriam trabalhar com frascos diferentes.

Um tempo depois os componentes desse grupo voltam a nos solicitar perguntando, dessa vez à professora: *quantos pesos a gente tem que usar?... que pesos? ...aqueles que a gente quiser?*

Dissemos que tantos pesos quantos achassem necessários e que, se possível, adotassem, também, frascos com "pesos" iguais e volumes diferentes. Implicitamente, estávamos nos referindo aos frascos de 82,2g, dentre os disponíveis, sendo um pequeno e um grande.

A partir disso, escolheram dois frascos dos pequenos sem dar maior relevância ao detalhe que apontamos.

Logo a seguir observamos que as alunas LURI e MILA encontravam-se em dificuldades com a montagem de um dos pêndulos escolhidos. Apesar de fazerem passar o fio do pêndulo pela fenda única da haste, não conseguiam fazer com que o seu comprimento se mantivesse constante. Isto porque, ao invés de fixarem o fio na fenda dupla, na outra extremidade da haste, limitavam-se tão somente, a enrolá-lo ao longo desta.

Espontaneamente, fomos até elas e repetimos as instruções de montagem a fim de que superassem a dificuldade, o que foi conseguido imediatamente.

Com essa montagem deram início às primeiras tentativas experimentais, voltadas mais à manipulação do pêndulo do que à tomada de algum dado quantitativo. Nesse momento, o comprimento do pêndulo era de, aproximadamente, 15 a 20cm.

A haste suporte estava apoiada sobre a mesa de suas carteiras. Para observarem e manipularem o pêndulo mantinham-se sentadas em suas cadeiras.

Durante essas primeiras tentativas experimentais nos perguntaram como iriam fazer para medir, uma vez que haviam observado que a amplitude de oscilação do pêndulo variava.

De início, sugerimos que buscassem uma posição mais favorável à observação do pêndulo, preferencialmente, abaixadas ou sentadas no chão, e que adotassem comprimentos maiores para o pêndulo, pelas mesmas razões apresentadas anteriormente às componentes do GRUPO 1. Em seguida sugerimos que verificassem se a variação da amplitude do pêndulo dependia da posição de onde ele era largado.

O tempo que restava para o término do 1º DIA DE ATIVIDADES foi empregado, pelas alunas LURI e MILA, na tentativa de atender às nossas sugestões, sem contudo voltarem a nos solicitar.

2º DIA DE ATIVIDADES (100 minutos)

Com a presença do aluno RAZEM no segundo dia de atividades a primeira providência tomada pelo GRUPO 2 foi a escolha da ATIVIDADE 1. As alunas LURI e MILA alegaram que a ATIVIDADE 2 era *muito complicada*.

Não foi, no entanto, a nova escolha que as tornou mais independentes, pois, logo a seguir, solicitaram à professora que lhes explicasse o que era para ser feito visto que não estavam sequer conseguindo apresentar ao aluno RAZEM o significado dos termos tomados como duvidosos. *Nos não entendemos o que é para a gente fazer* — disseram. Além disso, queriam saber como montar o pêndulo para a ATIVIDADE 1, que peso escolher, que comprimento, etc...

Atendendo a essa solicitação, a professora leu o texto referente a essa atividade, juntamente com os três componentes do grupo, tentando explicar suas características mais importantes e procurando sanar as dúvidas emergentes.

Após esse contato com a professora, o aluno RAZEM escolheu um frasco dentre os disponíveis (um dos pequenos de 82,2g) e, juntamente com as suas colegas de grupo, montou o pêndulo de forma satisfatória, porém sem avaliar metricamente o seu comprimento, fazendo-o somente depois das medidas de tempo. Essa montagem foi mantida até o final das atividades desse dia, e o comprimento por eles apresentado era de 45cm, referente, tão somente, ao fio do pêndulo.

A partir de então, deram início às primeiras medidas de tempo, mas logo a seguir viriam nos procurar novamente alegando não ser possível medir o tempo porque o movimento do pêndulo era *muito rápido*. Na oportunidade tentavam fazê-lo adotando uma única oscilação e soltavam o pêndulo de uma amplitude inicial relativamente grande; aproximadamente, 70°.

Sugerimos a contagem de várias oscilações ao invés de uma, tentando contrapor os erros associados a um e outro procedimento. Instantes depois estávamos apresentando a todos os alunos, como já descrevemos, a estória da senhora lograda numa loja de tecidos, onde procurávamos estabelecer uma analogia entre o logro do tecido e o "erro" no caso do pêndulo.

De qualquer maneira, nossa sugestão não parece ter produzido nenhum efeito. Os componentes do GRUPO 2 passaram a se mostrar dispersos e conversar sobre assuntos alheios à atividade.

Frente a essa conduta, solicitamos que eles nos esclarecessem os motivos de não adotarem a sugestão de contarem várias oscilações (cinco, dez, etc...) ao invés de uma.

Apresentaram a seguinte justificativa: *Como marcar uma amplitude se logo na segunda oscilação já muda?* A aluna MILA acrescentou que *na volta de uma oscilação a amplitude já muda*. Caracterizavam, portanto, a variação da amplitude como impedimento às medidas de tempo.

A aluna LURI afirmava que *a atividade era impossível de resolver*. O aluno RAZEM acreditava que havia *um jeito para resolver*, e esse jeito nós conhecíamos. A aluna MILA tinha dúvida sobre a possibilidade de *resolver* a questão, mas concordava com o RAZEM sobre o tal *jeito de resolver*.

Retomando a pergunta que já havíamos feito às alunas LURI e MILA no primeiro dia de atividades: "você procuraram verificar se a variação da amplitude é maior ou menor dependendo da posição em que o pêndulo é solto?" Manipulando o pêndulo montado para ilustrar o significado da nossa pergunta, acrescentamos, em essência, o seguinte: "...se vocês soltarem o pêndulo, digamos, de uma amplitude de 80° , poderão verificar uma certa variação da amplitude...mas, se vocês soltarem o pêndulo da posição de 10° ...a variação da amplitude obtida será a mesma?"

Ficaram de verificar isso e, em seguida, deram início às medidas de tempo. Para tanto, adotaram os procedimentos que se seguem.

Soltavam o pêndulo da "largada" de 30° , relativa a uma amplitude inicial de 60° , e observavam seu movimento até que ele passasse a oscilar entre as marcas de 60° e 120° , de acordo com as leituras no transferidor. A partir daí contavam dez oscilações e marcavam o tempo correspondente. Ver figura 11.

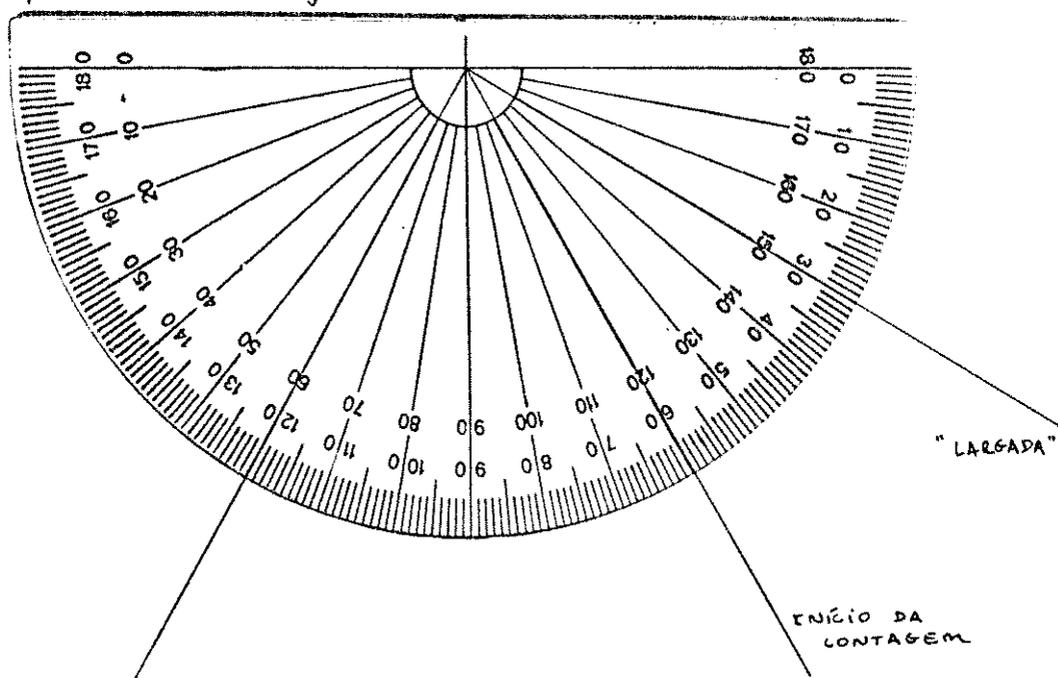


FIGURA 11 : 1ª MEDIDA DO GRUPO 2

Repetiram o procedimento para avaliar o tempo relativo a dez oscilações quando o pêndulo oscilava entre as marcas de 70° e 110° . Isto é, soltaram novamente o pêndulo da "largada" de 30° , deixaram-no em movimento até que começasse a oscilar entre as marcas de 70° e 110° , quando, então, davam início às medidas de tempo.

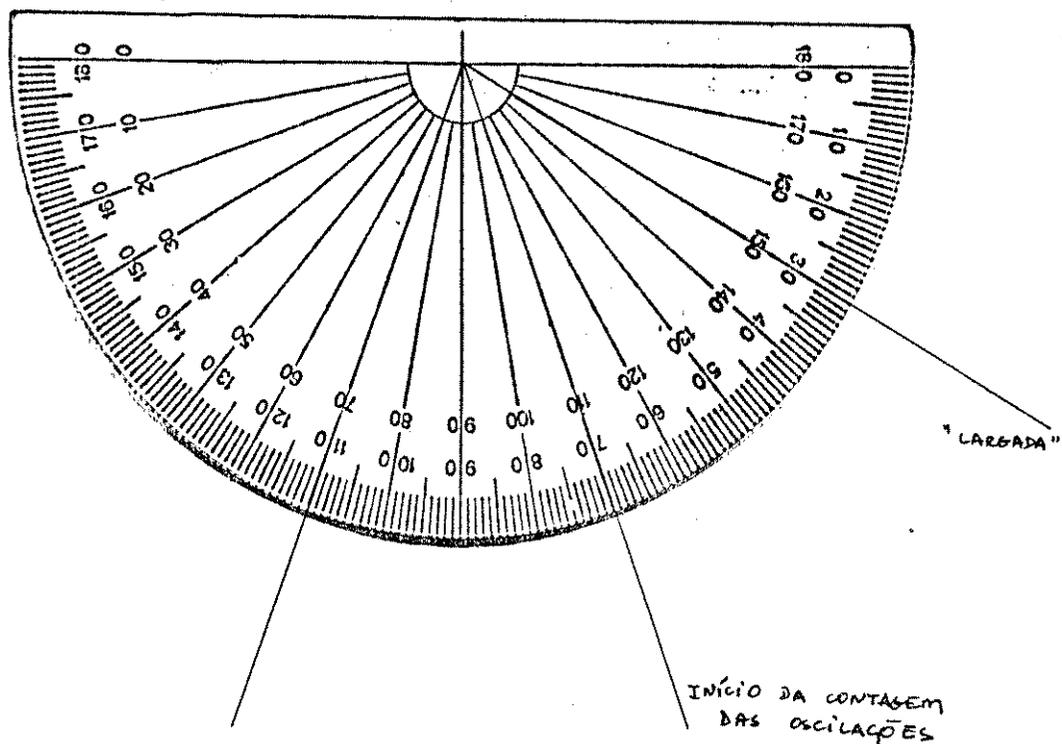


FIGURA 12 : 2ª MEDIDA DO GRUPO 2

Para cada uma das dez oscilações referentes a essas duas primeiras medidas obtiveram um tempo de 14s.

Na terceira medida adotaram os mesmos procedimentos registrando o tempo das dez oscilações enquanto o pêndulo oscilava entre as marcas de 80° e 100°. O valor obtido então, foi de 13s para as dez oscilações contadas.

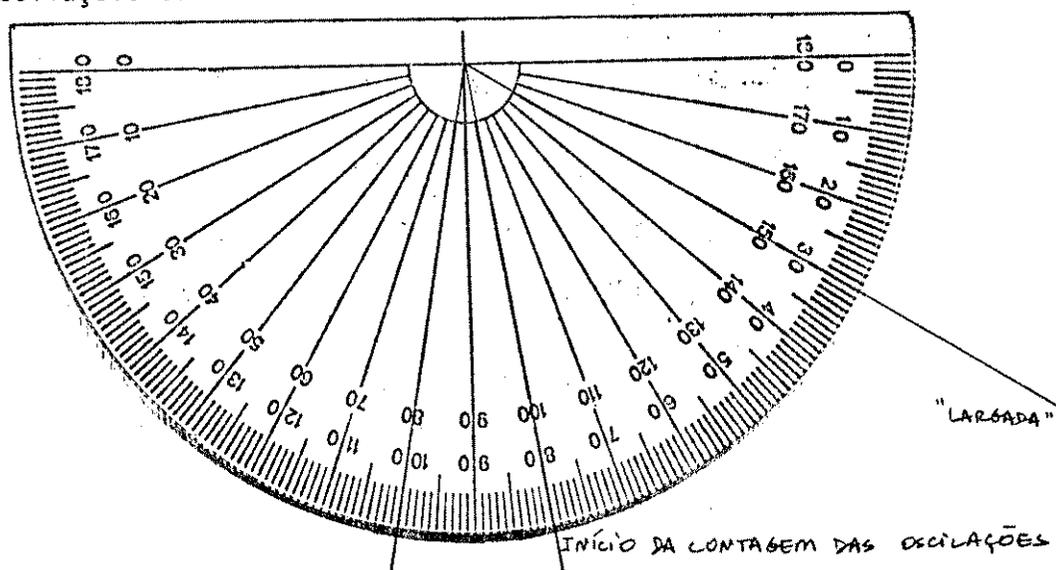


FIGURA 13 : 3ª MEDIDA DO GRUPO 2

Finalmente repetiram a medida do tempo quando o pêndulo oscilava entre as marcas de 80° e 100°, adotando, porém, a "largada" de 40° e não mais de 30°. Para as dez oscilações correspondentes a essa medida obtiveram, também, 13s.

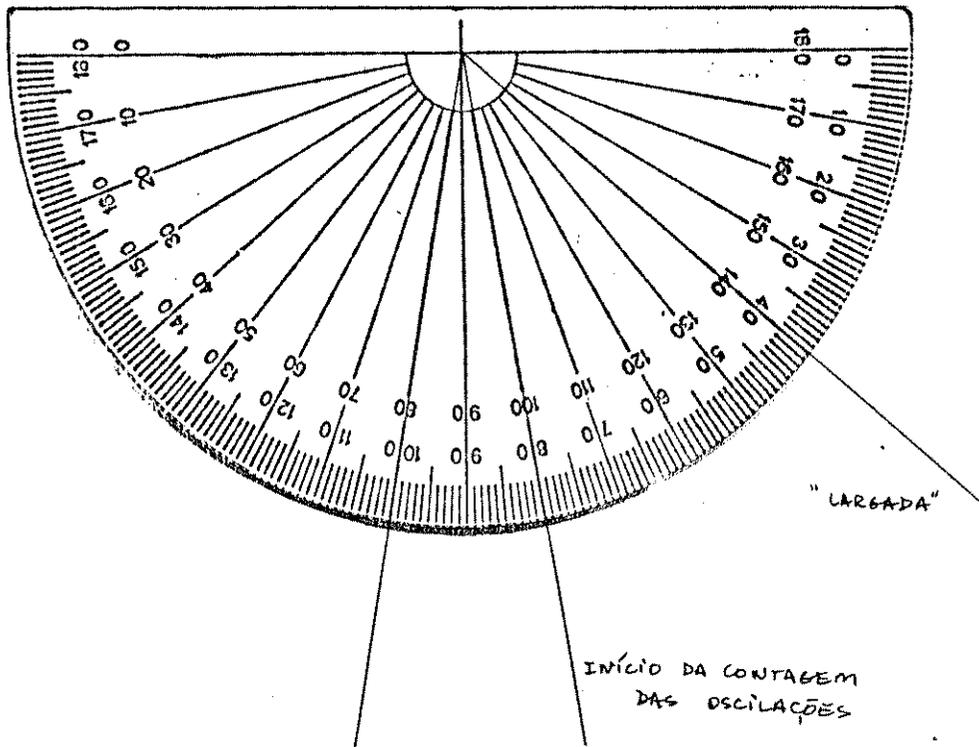


FIGURA 14 : 4ª MEDIDA DO GRUPO 2

Durante essas medidas, enquanto a aluna LURI registrava os dados no seu caderno, a aluna MILA e o aluno RAZEM se alternavam na medida de tempo e avaliação da posição do pêndulo.

Por ocasião do PAINEL o GRUPO 2 apresentou os seus dados na forma que se segue.

DADOS APRESENTADOS PELO GRUPO 2

Comprimento = 45cm		
Massa = 82,2		
Largada = 30°		
<u>Amplitude</u>	<u>Período</u>	<u>Cada</u>
60° a 120° (60°)	Em 10 osc. = 14 seg	1,4
70° a 110° (40°)	Em 10 osc. = 14 seg	1,4
80° a 100° (20°)	Em 10 osc. = 13 seg	1,3
<u>Largada = 40°</u>		
80° a 100° (20°)	Em 10 osc. = 13 seg	1,3

O valor que aparece entre parêntesis caracteriza o que os componentes do GRUPO 2 resolveram chamar de amplitude. Trata-se do ângulo compreendido entre as marcas em que o pêndulo oscilava numa e noutra medida de tempo. De acordo com o que havíamos exposto acerca do termo amplitude, essa deveria corresponder ao ângulo compreendido entre uma das marcas e a posição de 90°.

Terminadas as medidas os componentes do GRUPO 2 nada acrescentaram de significativo até o término do 2º DIA DE ATIVIDADES.

Quanto ao GRUPO 2, no que se refere ao seu desempenho em relação à ATIVIDADE 1, existem algumas questões a colocar cujas respostas poderão nos levar a compreender melhor as razões que conduziram seus componentes a tomar as principais decisões que, em conjunto, compuseram os seus procedimentos. Mas, antes, é necessário esclarecer que conduziremos a nossa análise considerando dois momentos das suas condutas, separados pela sugestão que fizemos a eles de verificarem se a grandeza da variação da amplitude do pêndulo dependia da posição em que o mesmo era solto, onde, o primeiro deles se caracteriza pelo impasse em que se encontravam chegando a paralisar suas atividades e, o segundo, composto pelos seus procedimentos afeitos às medidas do período.

Dessa forma, quanto ao primeiro momento, cabe perguntar, inicialmente: por que os alunos do GRUPO 2 não aceitaram o procedimento da contagem de várias oscilações, ou até mesmo de uma, para a medida do período do pêndulo? Quais os motivos que os levaram a paralisar suas atividades? O que os fez pensar que havia um *jeito* de se saírem do impasse em que encontravam e que, esse *jeito*, sem dúvida, era conhecido por nós?

Quanto ao segundo momento, interessa-nos investigar, por um lado, como eles captaram nossa sugestão e, por outro, quais as razões que os conduziram nos seus procedimentos.

Paralelamente a isso, devemos lembrar que as principais decisões desse grupo foram tomadas pelo aluno RAZEM e pela aluna MILA, embora a aluna LURI tenha participado das atividades periféricas, como a montagem e a tomada de dados, relativas ao desenvolvimento da ATIVIDADE 1.

Começemos pelo primeiro momento, retomando a origem e o significado do impasse em que se encontravam.

Vimos que os componentes do GRUPO 2 apresentaram a dificuldade associada à contagem de uma única oscilação alegando que o movimento era *muito rápido* e que não dava para medir. Frente a essa limitação, sugerimos a contagem de várias oscilações, mas essa foi imediatamente rejeitada devido à conseqüente variação de amplitude do pêndulo ao longo do seu movimento. Aliás, as alunas LURI e MILA, no primeiro dia de atividades, quando haviam escolhido a ATIVIDADE 2, na au-

sência do aluno RAZEM, apresentaram esse mesmo problema, que reapareceu permeando o impasse em que o grupo se encontrava.

Mas, em que consistia esse impasse?

Aparentemente, no confronto entre uma necessidade advinda da atividade e as características do fenômeno a ser medido. Por um lado, havia a necessidade de medir o período do pêndulo para uma determinada amplitude. Por outro lado, ao tentar medir esse período, a amplitude do pêndulo não se mantinha constante; segundo os componentes do GRUPO 2, mesmo durante uma única oscilação ela já variava.

No que se refere a essa necessidade, podemos dizer que existiram dois elementos que a determinaram. O primeiro, extrínseco ao pensamento dos componentes do GRUPO 2, resultante de uma solicitação exterior de desenvolver a ATIVIDADE 1, adicionada às suas características específicas. O segundo, intrínseco aos seus pensamentos, cujo produto estava associado à variação da amplitude do pêndulo durante as suas sucessivas oscilações.

Para termos uma idéia dessa variação, tomamos o pêndulo utilizado por esse grupo (82,2g de massa e 45cm de comprimento) para o fio e o soltamos da posição de largada de 30° , o que correspondia a uma amplitude inicial de 60° . Cerca de dez a doze oscilações após a largada, o pêndulo oscilava com uma amplitude em torno do valor de 50° . Portanto, é razoável que eles tenham detectado uma variação de amplitude considerável, dado o fato de que pretendiam medir o período a partir do tempo transcorrido durante dez oscilações.

Contudo, poderiam admitir que, com tal variação, o tempo transcorrido durante as dez oscilações, dividido por dez, corresponderia a um período "médio" do pêndulo para uma faixa de amplitude, digamos de 60° a 50° . Embora, para essas dez oscilações, a partir de diversas posições de largada, as grandezas das variações de amplitudes sejam diferentes entre si, os períodos "médios" obtidos poderiam dar a eles uma idéia da relação existente entre os fatores em jogo.

Suponhamos que eles estivessem pensando nessa alternativa. Nesse caso, o impasse poderia estar sendo gerado pela dúvida deles não saberem ao certo se esse procedimento atenderia às solicitações da ATIVIDADE 1 ou não. Em outras pa

lavras, poderiam estar se perguntando se era isso que era para ser feito. Todavia, não apresentaram de forma explícita essa possibilidade, incidindo, em contrapartida, na idéia de que haveria um *jeito* de resolver o impasse em que se encontravam.

Ao entrarem em contato conosco, não apresentaram qualquer alternativa a não ser a de que *deveria ter um jeito*, principalmente o aluno RAZEM e a aluna MILA. Mas, por que acreditavam que haveria um jeito?

É admissível que os alunos frente a uma situação de impasse, simplesmente paralizem suas atividades esperando que alguém lhes diga como devem proceder. No caso específico do GRUPO 2, é possível que esse *jeito* se referisse a uma certa maneira de fazer as medidas que satisfizesse o que a ATIVIDADE 1, ou nós solicitávamos deles. Mesmo que isso tenha ocorrido, em parte, vimos que a aluna LURI acreditava que a situação não tinha solução, ou seja, não acreditava num *jeito* de se saírem do impasse em que se encontravam. O que nos leva a pensar que, para o grupo, a possibilidade ou não de se saírem do impasse estava em função de conseguirem ou não algum efeito satisfatório às suas intenções. Portanto, ao paralizarem as atividades, os componentes do GRUPO 2 não estavam simplesmente à espera que lhes dissessem como fazer as medidas, mas também alimentando uma expectativa de solução para um problema específico: a variação da amplitude do pêndulo frente à necessidade estabelecida, amplitude essa que, para a medida do período, não poderia variar.

E qual seria a solução, ou expectativa de solução, para esse problema? Um *jeito* de proceder que fizesse com que a amplitude não variasse. Se é assim, por que não nos colocaram essa expectativa de forma explícita? Porque acreditavam que deveriam descobrir a saída antes que lhes disséssemos como fazer, nisso consistia a ATIVIDADE 1 para eles. Daí a paralização.

Ora, se admitiam que não podiam coadunar a variação da amplitude com a forma como concebiam a ATIVIDADE 1, então deveria haver um *jeito* de impedir tal variação. Caso isso não fosse possível, a atividade, para eles, não deveria ter "solução", o que seria um contrassenso. Logo, nós deveríamos conhecer esse *jeito*. Afinal, nós propusemos a atividade.

Portanto, o impasse em que se encontrava o GRUPO 2 gerou-se a partir da impossibilidade que seus componentes sentiam em conseguir medir o período do pêndulo com uma amplitude fixa (invariável); evento, que, imaginavam, sabíamos como conseguir.

Como vimos, após a nossa sugestão eles retomaram suas atividades, fato que nós leva a pensar que, muito provavelmente, essa interferência tenha produzido algum efeito nos seus procedimentos seguintes.

Devemos nos perguntar, agora, se tal sugestão — averiguar se a grandeza da variação da amplitude dependia da posição de largada — levou os componentes do GRUPO 2 a manter a expectativa de anular tal variação ou não. Dito de outra forma, é preciso saber se nossa sugestão alterou substancialmente o conteúdo do impasse em que se encontravam ou, se ao contrário disso, ela indicou uma solução para o mesmo.

Um dos aspectos mais evidentes dos seus procedimentos, que revela ainda uma preocupação com a variação da amplitude, foi o de medirem o tempo transcorrido durante dez oscilações para amplitudes pequenas, se tomadas em relação à quela correspondente à posição de largada de 30°. Deixavam o pêndulo oscilar até que atingisse amplitudes cuja variação era imperceptível, ou muito pequena, para, somente a partir daí, passarem a medir o tempo correspondente a essas oscilações. Com isso, poderiam estar admitindo que eliminariam o fator variação da amplitude, encontrando assim o *jeito* que procuravam em delimitar, para cada uma das amplitudes, as posições extremas entre as quais o pêndulo oscilava:

60° a 120° (60°)

70° a 110° (40°)

80° a 100° (20°)

Com o propósito de verificar a variação da amplitude em torno dessas posições reproduzimos experimentalmente os procedimentos do GRUPO 2, com o mesmo pêndulo e comprimento adotados pelos seus componentes. Soltamos o pêndulo da posição de 30°, e a partir daí contamos o número de oscilações executadas até que ele atingisse, seguidamente, as diferentes amplitudes adotadas para a medida do período. Assim, largamos o pêndulo da posição de 30° e contamos o número de oscilações necessárias até que pudéssemos considerar, dadas

as possibilidades de medida, que ele estivesse oscilando entre as posições de 60° e 120° . Continuamos contando o número de oscilações até que ele oscilasse entre 70° e 110° . Procedemos da mesma maneira para as posições de 80° a 100° . Obtivemos assim os seguintes dados:

nº de oscilações desde a posição de largada de 30°	Posições
53 a 62	60° a 120°
90 a 102	70° a 110°
136 a 152	80° a 100°

Esses dados indicam que, dentro dos limites da avaliação na medida da amplitude a partir da posição do fio com o pêndulo em movimento, da 53° a 62° oscilação, desde a posição de 30° (amplitude inicial de 60°), o pêndulo estará oscilando entre as posições de 60° e 120° , com uma amplitude de 30° . Isto é, embora a amplitude mude de oscilação para oscilação, para essas posições, sua variação é relativamente pequena. Deste modo, torna-se difícil determinar exatamente o número de oscilações necessárias para que o pêndulo atinja uma determinada amplitude, desde que é largado de uma certa posição. E essa dificuldade aumenta à medida que diminui a amplitude de oscilação relativa às posições extremas consideradas. Isso porque a variação da amplitude para cada oscilação diminui à medida que esta diminui. Pelos dados apresentados, podemos notar que o pêndulo executa nove oscilações (62-53) em torno das posições 60° a 120° , doze oscilações (102-90) em torno das posições 70° a 110° e dezesseis oscilações (152-136) em torno das posições 80° a 100° .

Retomando, portanto, os procedimentos do GRUPO 2 associados a essas considerações, durante as dez oscilações contadas para cada amplitude, a variação desta foi muito pequena, dentro dos limites de avaliação da sua medida. Nesse caso, poderíamos pensar que, para os componentes desse grupo, o jeito de eliminar a variação da amplitude seria medir o seu período a partir de amplitudes pequenas.

Entretanto, eliminar esse fator seria o mesmo que admitir que, para pequenas amplitudes, estas não apresentariam

variação, admissão essa contradizente com as condutas dos componentes do GRUPO 2, por duas razões. Em primeiro lugar, por que a origem do impasse a que chegaram se deveu justamente ao fato de que a amplitude sempre variaria, *mesmo durante uma oscilação*, segundo eles. Em segundo lugar, porque largar o pêndulo da posição de 30° e passar a medir o tempo somente quando este atingisse amplitudes pequenas, já implica por si só na admissão de que há variação na amplitude.

Voltamos então a nos perguntar qual teria sido o efeito produzido pela nossa sugestão nos procedimentos desse grupo, dado que medir o período do pêndulo para oscilações de baixa amplitude, na conjuntura em que isso ocorreu, não implica obrigatoriamente em eliminar a sua variação. Apesar de sabermos que a expectativa de eliminá-la marcasse fortemente o impasse a que haviam chegado os componentes do GRUPO 2, principalmente o aluno RAZEM e a aluna MILA.

Ora, se por um lado, esses alunos tinham a expectativa de eliminar a variação da amplitude e, por outro lado, procederam de maneira a não podermos concluir que tenham, de fato, admitido chegar ao seu intento, o efeito produzido pela nossa sugestão não deve estar relacionado unicamente ao atendimento de um dos elementos que compunham a necessidade afeita à ATIVIDADE 1, qual seja, a de que o período deveria ser medido com uma amplitude fixa.

Como vimos, havia um outro elemento a considerar, extrínseco ao pensamento dos alunos voltado à característica da ATIVIDADE 1, que é a necessidade de realizá-la devido ao contexto de trabalho em que todos se situavam. Associada a esse elemento, havia ainda a crença por parte deles de que nós sabíamos qual era o *feito* de resolver o problema que haviam concebido.

Desta maneira, podemos pensar que o efeito produzido pela nossa sugestão não esteja no atendimento, exclusivamente, de um ou de outro desses elementos, mas na conjunção dos mesmos. Ao mesmo tempo que a nossa sugestão indicava um atenuante para a variação da amplitude, já que ela advinha do impasse originado por esse fenômeno, ela também apontava o modo como a atividade deveria ser feita, uma vez que éramos nós que estávamos dizendo. Em outras palavras, se nós não sugería

mos uma forma de eliminar totalmente a variação da amplitude, como queriam, pelo menos oferecíamos o caminho de como a atividade deveria ser feita. E, está claro, esse caminho envolvia uma solução para a variação da amplitude.

Assim após a verificação de que a variação da amplitude era menor para posições de largada correspondentes a alturas menores do pêndulo, em relação ao solo — verificação essa advinda da nossa sugestão — passaram a entender que o período deveria ser medido somente para pequenas amplitudes. Nessas situações, a variação da amplitude era menor, o que atendia, em parte, a necessidade de eliminar esse fator. Além disso, esse procedimento estaria atendendo à mensagem implícita na nossa sugestão da forma como foi captada por eles, ou seja, considerar apenas pequenas amplitudes. O *jeito* procurado havia sido parcialmente conseguido; não é possível fazer com que a amplitude não varie, mas, para desenvolver a atividade, é preciso considerar amplitudes pequenas, ou seja, onde *varie pouco* segundo eles.

Note-se que, embora os alunos do GRUPO 2 tenham adotado um procedimento compensatório, no que se refere à variação da amplitude, a intenção de negar esse fator não foi dissipada. Apenas foi ajustada à nossa sugestão. Segundo seus dados, eles mediram o período para amplitudes cuja variação é pequena. Não o fizeram para amplitudes maiores, onde a variação é também maior. A justificativa disso não está senão na razão que os levou ao impasse.

Portanto, se, em primeira instância, o procedimento de determinar o período, somente a partir das oscilações com baixa amplitude, tinha por objetivo compensar a sua variação, em segunda instância, ele nega esse fator, uma vez que os alunos se recusaram a envolvê-lo nas suas medidas, não considerando amplitudes maiores.

Paralelamente a esse procedimento, observamos que os alunos desse grupo, para cada uma das três primeiras medidas do período, soltaram o pêndulo da posição de 30° deixando-o oscilar até atingir uma das amplitudes desejadas. Passaremos agora a averiguar quais as razões que os levariam a proceder desse modo, pois, apesar de suficiente, não era o único possível para efetuarem essas medidas.

Uma outra conduta possível seria a de largar o pêndulo da posição de 30° (amplitude inicial de 60°), esperar que ele atingisse a amplitude de 30° (entre as posições de 60° e 120°), medir o tempo de dez oscilações, deixar que ele continuasse oscilando até atingir a amplitude de 20° (entre as posições de 70° e 110°), medir o tempo de dez oscilações e assim sucessivamente, ou seja, de forma contínua em relação ao movimento do pêndulo.

Mas não procederam dessa forma. Para cada amplitude considerada, repetiam o procedimento de largar o pêndulo da posição de 30° .

Tanto uma como a outra forma, podem revelar uma intenção de igualar os procedimentos para as medidas feitas.

Podemos admitir que medir o tempo para as dez oscilações de forma contínua em relação ao movimento do pêndulo, para cada amplitude adotada, traria consigo algumas dificuldades de ordem técnica e que poderia requerer dos alunos um certo treino para proceder assim. Um descuido por parte de um deles no início ou final da contagem do tempo, avaliações discordantes entre eles acerca da amplitude em que o pêndulo se encontrava, poderiam ser alguns dos motivos que os levariam a repetir a medida para esta ou aquela amplitude.

Contudo, isso não explica a segunda forma adotada a não ser pela intenção de igualar os procedimentos em todas as amplitudes medidas.

Na realidade, se pretendemos medir o período do pêndulo considerando uma certa amplitude, digamos de 30° , o que corresponderia a ele estar oscilando em torno das posições de 60° e 120° , podemos, para isso, soltá-lo de qualquer posição relativa a uma amplitude inicial maior ou igual a 30° . Em qualquer dos casos, o movimento do pêndulo, ao atingir a amplitude desejada, apresenta as mesmas características de período e variação de amplitude.

Se os alunos do GRUPO 2 conhecessem essa característica do pêndulo não achariam necessário soltá-lo da posição de 30° a cada vez que quisessem mudar a amplitude a ser medida. Por exemplo, para a primeira medida poderiam soltar o pêndulo da posição de 60° , para a segunda, da posição de 70° e, para a terceira, da posição de 80° . Entretanto, soltando o pêndulo

sistematicamente da posição de 30° , eles indicam não só a intenção de igualar os procedimentos como também sugerem uma necessidade de fazê-lo. Isto é, se o pêndulo não fosse solto sempre da mesma posição, poderia ocorrer alguma alteração nas suas medidas. E que alteração seria essa? É o que vamos procurar averiguar agora.

Primeiramente, devemos nos perguntar por que razão eles teriam mudado a posição de largada de 30° para 40° (diminuindo, portanto, a amplitude inicial) quando repetiram a medida do tempo para a amplitude referente às posições de 80° a 100° .

Do ponto de vista físico, essa mudança não altera em nada o valor do tempo decorrido durante dez oscilações em torno da amplitude considerada. No entanto, se eles a fizeram, chegando inclusive a registrar tal procedimento, é por que acreditavam alcançar algum efeito.

Analisando-se os dados obtidos pelo GRUPO 2 nas três primeiras medidas, verificamos que os valores obtidos para o tempo de "cada" oscilação, correspondente às amplitudes de 30° (60° a 120°) e 20° (70° a 110°), são iguais entre si (1,4s) e que esse mesmo tempo, referente à amplitude de 10° (80° a 100°), é de 1,3s, portanto diferente dos dois primeiros. Como eles repetiram a medida do período somente para esta última amplitude — soltando o pêndulo de uma posição mais baixa — podemos depreender que, pelo menos, eles queriam verificar se esse procedimento alteraria o valor do período já obtido a partir de 30° . Temos bons motivos para admitir essa possibilidade.

Considerando que os valores obtidos para as duas primeiras medidas do período são iguais entre si, podemos pensar que eles imaginavam encontrar o mesmo valor para a amplitude de 10° (80° a 100°). Como vimos, eles repetiram a medida do período para essa amplitude, ainda com a posição de largada de 30° , o que é um bom indicador de que a haviam tomado inicialmente como errada.

Ora, mudando a posição de largada para 40° (amplitude ou altura inicial menor que a correspondente à posição de 30°) estariam, no mínimo, verificando a possibilidade de voltar a obter 1,4s. Mas, ainda assim, obtiveram 1,3s. Não temos elementos disponíveis para saber como eles relacionariam

seus dados se tivessem conseguido 1,4s; entretanto, ao decidirem mudar a posição de largada para 40° estavam admitindo, implícita ou explicitamente, que o pêndulo deveria se deslocar mais vagarosamente quando solto de posições mais baixas, pelo menos como hipótese provável.

Procurando encontrar uma justificativa de caráter físico nas diferenças de tempo encontradas entre a amplitude de 10° (80° a 100°) e as outras duas, reproduzimos experimentalmente os procedimentos adotados pelo GRUPO 2. Assim, com auxílio de um relógio de ponteiros, dos de pulso, medimos o tempo decorrido durante dez oscilações para as amplitudes de 30° , 20° e 10° . Com o relógio disponível permitimo-nos fazer avaliações de até 0,5s e obtivemos os seguintes valores:

<u>Amplitude</u>	<u>Tempo</u>
30° (60° a 120°)	pouco mais que 14s
20° (70° a 110°)	14s
10° (80° a 100°)	pouco menos que 14s

Admitindo-se que para essas posições o pêndulo apresenta, como vimos anteriormente, pequenas variações de amplitude e velocidades relativamente pequenas, se comparadas àquelas apresentadas em amplitudes maiores de oscilação (ou, ainda, comprimentos maiores do pêndulo), é de se esperar realmente uma aproximação satisfatória entre os dados teóricos e os dados experimentais. Acrescentando-se a isso as limitações em que o experimento se processou em sala de aula, podemos convir que os dados obtidos pelo GRUPO 2 não fogem ao esperado para o pêndulo em questão. É igualmente admissível, dentro dessas limitações, o valor obtido por esse grupo para as dez oscilações relativas à amplitude de 10° (80° a 100°), tanto para a posição de largada de 30° como para a de 40° . Todavia, dada a precisão dos demais valores e dado o fato de que eles repetiram essa última medida, torna-se difícil explicar a diferença obtida a não ser pela introdução de um erro sistemático ocasionado por desajustes de ordem técnica que, por não ter-nos sido possível registrar, foge ao alcance da nossa análise.

Voltemos às razões que os levaram a mudar a posição de largada para repetir a medida do período relativo à amplitude de 10° . Como vimos, essa conduta foi precedida pela expectativa de que tal mudança iria fazer com que o pêndulo a

presentasse o mesmo período que aquele apresentado para as de mais amplitudes. Podemos, portanto, compreender agora o motivo que os levou a igualar os procedimentos até o terceiro dado obtido.

De alguma maneira, supunham que a posição de largada interferiria no período do pêndulo. Pelo procedimento posterior, de diminuir a amplitude inicial (posição de largada de 40°) a fim de aumentar o valor do período de 1,3s, já obtidos, para 1,4s, equivalente aos dois primeiros, podemos depreender que essa interferência se traduziria da seguinte forma: soltando-se o pêndulo de amplitudes iniciais maiores, ao atingir amplitudes pequenas, seu período seria menor do que quando solto de amplitudes iniciais menores, para essas mesmas amplitudes. O que equivale dizer que o período do pêndulo não dependia da amplitude em que estivesse oscilando, mas da posição de onde tivesse sido largado.

Assim sendo, ao mudar a posição de largada os alunos do GRUPO 2 demonstraram, por um lado, negar o fator amplitude de oscilação e, por outro lado, eleger um outro fator interveniente, qual seja, a posição de largada.

Aliás, foi exatamente esse o objetivo da ATIVIDADE 1 captado pela aluna LURI, que praticamente não participou das decisões do GRUPO 2. Podemos comprovar isso a partir do que consta em seu Relatório de Atividades.

A minha atividade tem por finalidade saber se variando o ângulo em que se solta o pêndulo, muda o período.

Em seguida, apresenta os procedimentos de maneira coerente com esse objetivo:

Medimos o comprimento do pêndulo, marcamos uma amplitude de oscilação e marcamos 10 oscilações (que foram de 1,4 seg. cada); logo após as 10 oscilações variamos a amplitude e marcamos novamente 10 oscilações que foram de 1,3 seg. cada.

Note-se que ela relaciona os tempos de 1,4s e 1,3s a duas amplitudes diferentes que, de acordo com o objetivo estabelecido, correspondem às duas posições de largada adotadas pelo seu grupo.

Depois disso, estabelece uma conclusão:

Verificamos então que quanto menor a amplitude, menor o período de oscilação.

De conformidade com os demais elementos que a LURI colocou à disposição, parece que ela não fez uma distinção nítida entre amplitude e posição de largada. Assim, podemos traduzir sua conclusão por: quanto menor a posição de largada, menor o período de oscilação.

Poderíamos pensar que talvez o objetivo apresentado pela aluna LURI, tenha sido o mesmo para o aluno RAZEM e a aluna MILA, desde o início de seus procedimentos. Nesse caso, como explicar que a mudança da posição de largada de 30° para 40° só tenha ocorrido a partir do fato de terem obtido um valor diferente dos anteriores para o período?

Está claro que a obtenção de dois valores iguais para o período levaria o aluno RAZEM e a aluna MILA a suporem que o terceiro confirmaria os anteriores. Como isso não ocorreu, procuraram conseguí-lo mudando a posição de largada, ou seja, introduzindo, segundo seus pressupostos, um outro fator, negando portanto a amplitude. Mas não podemos dizer que, mesmo aí, o objetivo da atividade tenha sido o de *saber se variando o ângulo em que se solta o pêndulo, muda o período*, como escreveu a aluna LURI. O que podemos depreender é que, pelo menos, a partir da amplitude de 10° (80° a 100°), o objetivo estabelecido era o de igualar os valores do período para as diferentes medidas, objetivo esse que não chegou a ser atingido; daí não conseguirem estabelecer uma conclusão que os convencesse.

No seu Relatório de Atividades, o aluno RAZEM escreve:

... Nas variações que fizemos não deu para chegar a nenhuma conclusão.

E acrescenta a seguir:

... Os outros grupos chegaram a alguma conclusão de vido a igualdade de resultados ocorrentes na atividade.

Poderíamos supor que com o termo *igualdade* o aluno RAZEM pretendeu expressar uma "tendência". Isso por dois motivos. Primeiro, porque no seu relatório, antes de se referir à impossibilidade de estabelecer uma conclusão para os seus dados, ele escreve:

Dois outros grupos fizeram a mesma atividade e chegaram em conclusões diferentes.

Os outros grupos são o GRUPO 1 e o GRUPO 5, cujos dados não revelam uma mesma tendência para a relação entre o período e a amplitude do pêndulo. E aí estaria o segundo motivo para se pensar que com *igualdade* o RAZEM não quisesse se referir somente a uma identidade aritmética entre os valores do período. Mesmo que assim fosse, para esse caso, não podemos concordar que os seus procedimentos tenham sido permeados pela admissão da possibilidade de uma relação do tipo "o período aumenta ou diminui com a amplitude". Se isso tivesse ocorrido, não teria colocado em dúvida somente aquele valor para o período diferente dos demais. Ele poderia duvidar, digamos, do primeiro, referente à amplitude de 30° (60° a 120°), ou mesmo, da igualdade dos dois primeiros tendo em vista a diferença apresentada pelo terceiro.

Ademais, pressupondo que o período deveria aumentar para a amplitude 10° (80° a 100°) a partir da posição de largada de 40° , os alunos do GRUPO 2 deveriam igualmente admitir a recíproca como verdadeira, ou seja, o período para a posição de largada de 30° deveria então ser menor e não igual àquele correspondente à posição de 40° . Se tivessem imaginado a recíproca, poderiam repetir as medidas para as demais amplitudes, como dissemos; poderiam tentar outras posições de largada; poderiam, enfim, ter colocado à prova a hipótese de que a posição de largada influiria no período. Nesse caso, deveríamos entender que esse fator tivesse figurado nos seus procedimentos como uma variável em estudo. Em assim sendo, no entanto, só podemos depreender que esse fator tenha sido utilizado dentro dos seus procedimentos para ajustar o fenômeno às suas intenções, mesmo em caráter de tentativa.

Na verdade, seus procedimentos revelam uma busca pela igualdade dos valores do período, a partir da terceira me

dida efetuada, única possibilidade de tirarem uma conclusão.

Mesmo a aluna LURI no final do seu Relatório de Atividades duvida dos resultados do seu grupo por não ter encontrado uma "igualdade" como a do GRUPO 1, apesar de já ter concluído, anteriormente, que quanto menor a amplitude, menor o período de oscilação. Vejamos como ela escreve:

Sõ que um outro grupo, o de nº 1 fez o mesmo exercício que eu e meu grupo, e nos resultados deles, verifica-se que o período de oscilação não muda.

E conclui:

Eu sugiro apenas que meu grupo refaça o exercício. Tenho dúvidas sobre o resultado.

Já vimos que a busca dessa igualdade para os valores do período implicou, por um lado, numa negação do fator amplitude e, por outro, na eleição de um novo fator, qual seja, a posição de largada. Entretanto, também constatamos que a posição de largada não chegou a figurar como uma variável dentro dos procedimentos decididos pelo aluno RAZEM e pela aluna MILA, visto que este fator se prestou à ajustar as medidas do período do pêndulo à necessidade de igualar os seus valores. Prestando-se a isso, a posição de largada aparece como um fator cuja mudança acarretaria um efeito, em princípio, indesejável, uma vez que esse fator foi igualado nas três primeiras medidas do período, porém, posteriormente, desejável, dada a tentativa de igualá-las. Como já dissemos, a posição de largada não apareceu como um fator cuja influência no período esses alunos pretenderam medir, mas sim como um fator determinante do período. Equivale dizer que os alunos do GRUPO 2 tinham uma pressuposição acerca do fenômeno do movimento do pêndulo relacionado à posição de onde este era solto.

Tivemos oportunidade de concluir que o efeito esperado, a partir da diminuição da amplitude correspondente à posição de largada, era o de aumentar o tempo transcorrido durante as dez oscilações relativas a uma amplitude menor.

Ao igualarem a posição de largada para as diferentes amplitudes, só podemos depreender que esta pressuposição

era a de que esse fator deveria ter alguma influência no valor do período. No entanto, ao alterá-la, como fizeram, era a de que, ao soltar o pêndulo de alturas mais baixas, o período correspondente a amplitudes menores aumentava, mesmo que, ao fazêlo, tenham dado a esse procedimento o caráter de tentativa.

Essa pressuposição não apresenta procedência do ponto de vista físico, uma vez que o que se espera é uma diminuição do valor do período com a amplitude, independentemente da posição de largada do pêndulo. E isso já apresentamos em outras situações.

Sabemos que o pêndulo tem mais energia quando é solto de posições mais altas do que quando é solto de posições mais baixas. Mas, em ambos os casos, ao atingir amplitudes menores que aquela relativa à sua posição de largada, o seu estado de energia independe das suas oscilações anteriores. Isto é, as características de período, variação de amplitude e energia, para um mesmo pêndulo, só dependem da sua amplitude a partir do instante em que passamos a observá-lo. Logo, não existe nenhum outro vínculo causal entre a amplitude em que o pêndulo se encontra oscilando e a posição em que ele foi solto, a não ser o de que esta última tenha que ser maior ou igual à primeira.

No entanto, os alunos do GRUPO 2 (RAZEM e MILA) vincularam entre si esses dois fatores ao tentarem obter o valor desejado para o período. De acordo com essa vinculação, o movimento do pêndulo para uma determinada amplitude seria mais "vagaroso" ou mais "rápido" dependendo da posição (altura) da qual ele teria sido largado. Portanto, a posição de largada, segundo essa concepção, deveria atribuir ao pêndulo uma propriedade associada à rapidez do seu movimento, independentemente da amplitude em que ele estivesse oscilando, mesmo momentos depois dele ter sido solto.

Desta maneira, quando os alunos do GRUPO 2 tentaram igualar os períodos mudando a posição de largada do pêndulo, eles diferenciaram o seu movimento para a amplitude de 10° (80° a 100°), em função de uma e de outra dessas posições. Essa diferenciação não estava senão no tempo relativo às dez oscilações: mais baixo, mais tempo.

Certas situações com balanços de parques infantis ilustram bem essa pressuposição. Quando o balanço é posto a oscilar de posições mais baixas as crianças sentem que ele "anda muito devagar". Daí imaginarem que o tempo para as oscilações de baixa amplitude é maior (demora mais), talvez por não experimentarem, nessas circunstâncias, altas velocidades.

É possível que esteja aí uma boa pressuposição intuitiva para esses alunos pensarem que deveriam alcançar um tempo maior a partir da posição de 40° . Porém, qualquer que tenha sido a razão, ao pensarem nesse efeito, não consideraram a sua recíproca, usando a posição de largada como fator de ajuste à tentativa de igualar o período para as diferentes amplitudes adotadas e negando o fator amplitude que, em princípio, deveria figurar como variável da ATIVIDADE 1.

* * *

Resumindo. Num primeiro momento, os alunos do GRUPO 2 chegaram a um impasse que os levou a paralizar suas atividades. De acordo com a nossa análise, esse impasse se caracterizou basicamente pela impossibilidade que sentiam em fixar uma amplitude para o pêndulo uma vez que, como detectaram, esta variava durante o seu movimento. Vimos, ainda, que esse fenômeno já havia sido apontado com impecilho para a medida do período na ATIVIDADE 2, pelas alunas LURI e MILA quando da ausência do aluno RAZEM. O que nos permite pensar que a troca posterior desta pela ATIVIDADE 1, possa ser explicada pela mesma razão, embora também pudessem ter escolhido a ATIVIDADE 3.

Na expectativa de anular a variação da amplitude e acreditando na possibilidade de desenvolver a ATIVIDADE 1, o aluno RAZEM e a aluna MILA pensavam que deveria haver um jeito de saírem do impasse em que se encontravam.

Com a nossa sugestão de verificarem se a grandeza da variação da amplitude dependia ou não da posição de largada, retomaram as atividades, dando início aos procedimentos que os levaram às medidas do período, fato que caracterizou o segundo momento da nossa análise.

Até onde pudemos depreender, o efeito produzido por essa sugestão incidiu na consideração de pequenas amplitudes para a medida do período, tendo como subproduto a negação

do fator variação da amplitude, por parte desses alunos.

Por outro lado, verificamos que a conduta de igualar os procedimentos, soltando o pêndulo sistematicamente da posição de largada de 30° se explica pelo fato dos alunos imaginarem que a altura de onde o mesmo era solto, atribuía a ele uma propriedade associada à rapidez com que podia se deslocar, independentemente da sua amplitude: mais baixo, mais tempo. Aspecto que foi comprovado pelo intento de igualarem os valores do período a partir da terceira medida efetuada, quando mudaram a posição de largada de 30° para 40° . Ao procederem assim, no entanto, não consideraram a recíproca do pressuposto que haviam estabelecido, qual seja: mais alto, menos tempo. Desta forma, não só negaram o fator amplitude por tentarem igualar o período, como também adotaram o fator posição de largada como ajustador a fim de obterem a igualdade desejada e não como variável dentro dos seus procedimentos.

Finalmente, não alcançando tal objetivo, não conseguiram chegar a conclusão alguma, ainda que seus dados sugiram, se não uma tendência, pelo menos uma hipótese a ser pesquisada, que, dado o contexto de suas preocupações, passou-lhes despercebida ou preferiram que assim o fosse. É provável que seus trabalhos e conclusões seguissem outro rumo se eles tivessem deixado de perseguir a idéia de que havia um jeito de se obter uma medida invariável e utilizável em todo o sistema e tivessem uma outra concepção de medida invariável, qual seja, aceitando sua relatividade em função do sistema de funcionamento, não procurando, assim, uma única, mas aquela, dentre as possíveis, que englobasse a pluralidade das diferenças, característica do próprio sistema. Dito de outra forma, médias obtidas por diferentes grupos, se igualados certos fatores, poderiam ser comparadas entre si. No que se refere à ação de igualar fatores, no sentido de fazer variar apenas um mantendo os demais constantes, parece ter sido este o principal aspecto responsável por não lhes permitir que resolvessem o problema e que o colocassem dessa forma. Isto porque parece implícito que se eles não conseguiam tirar uma medida invariável e tivessem que variar outro fator, seus dados, dentro do contexto deles não seriam interpretáveis. O que eles parecem ter buscado todo o tempo foi uma medida invariável, para ver se ela variaria

em função de outras variáveis, não adaptando seu modelo de trabalho às manifestações do fenômeno, já que esse modelo não incluía o problema da medida em si. Isto é, partiam do pressuposto de que não havia questionamento a esse respeito e que podiam aplicar diretamente o controle de variáveis, que eles parecem ser capazes de manipular.

c) - algumas considerações

A indefinição do critério de medida exibida pelos dois grupos tratados neste capítulo, como vimos, caracteriza o que houve de comum entre eles. Para os componentes do GRUPO 1 essa indefinição se revelou por não terem adotado procedimentos que os levassem ao estudo da relação entre a amplitude e o período do pêndulo, conforme a solicitação da ATIVIDADE 1. Ao invés disso, procuraram uma outra relação — entre o tempo e o número de oscilações — que por sinal também ficou indefinida dada a linearidade possivelmente esperada mas não encontrada nessa relação. Como consequência disso, a busca da relação originária da atividade em questão limitou-se a uma tentativa de burla dos dados referentes à variação da amplitude, fator que, por isso mesmo, não chegou a figurar efetivamente em seus procedimentos. No caso dos componentes do GRUPO 2 essa indefinição se traduz pela não integração do fator variação da amplitude ao sistema que compõe o movimento do pêndulo, acarretando a busca de uma medida invariável para a amplitude, o que decorreu da tentativa de "eliminar" a sua variação.

Dadas as características que atribuímos ao fenômeno em estudo, de acordo com o que expusemos na introdução desta parte, as medidas do período do pêndulo deveriam, de início, indicar pelo menos a integração do fator variação da amplitude no sistema dos demais fatores, para, em seguida, apontar para outras características que pudessem diferenciar os grupos, se fosse o caso, em termos da aceitação da medida relativa ou da medida absoluta do fator tempo. Sem esses condicionantes os "resultados" obtidos se distanciam das características reais do fenômeno, principalmente se considerarmos seu aspecto dinâmico, características essas que definiriam os critérios de medidas dos

fatores em jogo.

Por não terem definido tais critérios os componentes do GRUPO 5 chegaram sequer a esboçar uma regularidade para os dados obtidos, dada a estranheza que esses guardavam em relação ao sistema de fatores que compõem o movimento do pêndulo. Pelo mesmo motivo, os componentes do GRUPO 2 não se permitiram traçar uma tendência exibida pelos seus dados, ainda que possível. Isto porque não haviam conseguido "controlar" o tempo a partir do "controle" da posição de largada. Dai seus dados não terem merecido confiança por parte desses alunos. Ou seja, seus critérios de medidas se afastaram das características próprias do movimento do pêndulo, consubstanciando assim um movimento imaginado por eles, passível de ser "controlado".

PARTE II

CONCEPÇÕES RELATIVAS A VARIÁVEL, REGULARIDADE E ERRO EXPERIMENTAL

Após a realização das três atividades propostas, por parte dos diferentes grupos, demos início ao PAINEL.

Ao convidarmos os alunos para esse PAINEL dissemos a eles que, em princípio, tínhamos como objetivo a apresentação dos dados obtidos, análise dos mesmos e discussão dos "resultados" ou conclusões a que eles haviam chegado. Acrescentamos que pretendíamos abordar com eles os principais problemas e limitações ou dificuldades que haviam identificado, sem contudo definir, de início, temas específicos para tanto. Esperávamos que esses fossem sendo definidos no decorrer das discussões, apesar de estarmos intencionados a cumprir, na medida do possível, os objetivos estabelecidos para o PAINEL.

O PAINEL se desenvolveu nos terceiro e quarto dias de atividades, em duas semanas sucessivas, sendo que, cada um desses dias correspondeu a 100 minutos de trabalho junto aos alunos.

Em linhas gerais, no terceiro dia de atividades, as discussões giraram em torno da obtenção e análise dos dados referentes a cada uma das três atividades, bem como da caracterização e do objetivo de cada uma delas. A impossibilidade de se chegar a um consenso acerca da ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2 nos levou, no quarto dia, a tentar verificar dos alunos quais seriam as causas disso para que se pudesse dizer dos critérios que nos levariam a esse consenso. Da mesma maneira, procuramos averiguar, nesse dia, quais seriam os critérios adotados por eles para validarem a conclusão ou "resultado" relativos à ATIVIDADE 3, como fizeram.

Antes de dar início às discussões, solicitamos que cada um dos grupos escrevesse os seus dados na lousa, identificando a atividade desenvolvida e o número do grupo que a realizou. Esses dados foram escritos na lousa essencialmente na mesma forma em que nós já os apresentamos.

Tendo em vista a necessidade que antepusemos de que todos os alunos deveriam dispor dos dados dos diferentes grupos, uma vez que iríamos retomá-los em outras oportunidades, a aluna NATÁLIA, do GRUPO 5, e a aluna SILA, do GRUPO 1, se ofereceram a anotá-los e reproduzi-los para os demais alunos. Foi o que fizeram no quarto dia, quando distribuíram a cada um dos colegas, uma cópia mimeografada contendo todos os dados apresentados na lousa.

Enquanto os alunos apresentavam seus dados, aproveitamos o tempo disponível para montar um dos pêndulos sobre uma cadeira colocada em cima da escrivaninha dos professores a fim de que todos pudessem observá-lo.

Durante o PAINEL os alunos se sentaram nos seus lugares de origem, com as carteiras enfileiradas convencionalmente, não formando grupos como vinham fazendo no primeiro e segundo dia de atividades.

Procuraremos descrever agora como foram constituídos e abordados os diferentes temas discutidos durante os dois dias destinados a esse trabalho.

Além disso, descreveremos como os alunos participaram das discussões desses temas e, a seguir, tentaremos apresentar as razões em que teriam consistido suas diferentes manifestações.

Quanto a essas manifestações assinalamos apenas aquelas que mais se acentuaram durante as discussões, tenham sido elas consensuais ou não. Deixaremos, assim, de repetir as mesmas perguntas, respostas, sugestões, opiniões, palpites ou quaisquer outras manifestações que tenham partido de diferentes alunos. Essas serão atribuídas ao primeiro aluno ou aluna que tenha se manifestado a respeito, mas, tanto quanto possível, buscaremos revelar o alcance do seu teor para os demais.

Veremos que parte dos temas constituídos durante o PAINEL podem ser interpretados como tendo sido consubstanciados a partir das manifestações dos alunos e parte advindos de objetivos explícitos que nós pretendíamos atingir. Contudo, se nos torna difícil categorizá-los segundo esses critérios, principalmente por não terem sofrido, durante as discussões, uma separação formal, mas tratados em continuidade às manifes

tações dos alunos e às observações ou intervenções que achávamos pertinentes na oportunidade.

Nesse sentido, a separação temática do conteúdo do PAINEL, que fazemos a seguir, se deve mais a uma facilidade que encontramos em analisá-lo do que à intenção prévia de classificá-lo como tal. Todavia, a ordem em que os temas aqui aparecem respeita a continuidade a que nos referimos.

Tais temas, como veremos, serão agrupados em dois capítulos que compõem esta segunda parte, sendo que no primeiro deles estudaremos as noções de variável manifestas pelos alunos. No segundo trataremos, nessa mesma perspectiva, do estabelecimento de regularidades, até a tentativa de sua metrificacão, associado ao erro experimental nos termos, repetimos o propósito, das concepções dos alunos a respeito.

CAPÍTULO IV

NOÇÃO DE VARIÁVEL

Considerando os objetivos do PAINEL, pretendíamos averiguar, de início, até que ponto os alunos estavam aptos a atribuir significado aos dados expostos na lousa relativos a todas as atividades realizadas pelos sete grupos e não somente àqueles referentes à própria atividade desenvolvida.

Nos textos referentes a cada uma das três atividades contidas na Folha de Atividades já havíamos assinalado a maior parte dos fatores em jogo, no estudo do movimento do pêndulo. Ademais, outros fatores apareceram implícita ou explicitamente envolvidos nas manifestações, condutas e procedimentos adotados durante a realização de cada uma dessas atividades como vimos.

Entretanto, esses fatos não nos levavam a deprender de pronto que os alunos tivessem dado a esses fatores os atributos que os configurassem como variáveis, visto que, para tanto, se fazia necessária pelo menos, a intenção de relacioná-los entre si. Além dessa intenção, as relações daí decorrentes deveriam situar-se no campo das relações possíveis, considerando, pois, as características impostas pelos fenômenos envolvidos nesse movimento. Por exemplo, podemos relacionar o volume dos diferentes frascos a suas alturas ou diâmetros, porém, nessas condições, não nos permitimos atribuir a nenhum desses três fatores o caráter de variável, em função do movimento do pêndulo, uma vez que as relações entre eles, em si, nada têm a ver com esse fenômeno.

Sendo assim, pretendíamos averiguar, também, por intermédio das discussões do PAINEL, qual a noção de variável que os alunos apresentavam no momento, já que esta, pelas circunstâncias presentes deveria permear a atribuição dos dados a que nos referimos.

Como requisito para isso, se nos apresentava a necessidade de verificar o quanto os alunos estavam cientes das diferenças e semelhanças entre as três atividades propostas.

Isto porque esperavámos que os critérios adotados, tanto num caso como no outro, deveriam incidir nos fatores envolvidos em cada uma dessas atividades e nas suas diversas relações.

Começamos, então, pelas diferenças, perguntando a todos o que "havia variado de atividade para atividade". Em seguida às respostas e discussões em torno dessa solicitação, perguntamos "o que havia de comum entre as atividades desenvolvidas".

Das diferentes manifestações dos alunos daí decorrentes pudemos chegar a uma caracterização das três atividades por intermédio das variáveis nelas envolvidas, evidentemente dentro de certas limitações, como veremos. Pudemos ainda depreender alguns aspectos que nos levaram a algumas conclusões acerca da noção de variável, nos termos em que comentamos anteriormente, o que justifica a denominação deste capítulo.

Diante da nossa primeira pergunta — "O que variou de atividade para atividade?" — esperávamos, em princípio, que as mesmas fossem diferenciadas umas das outras, por parte dos alunos, através da amplitude, da massa e do comprimento, visto que a ATIVIDADE 1, ATIVIDADE 2 e a ATIVIDADE 3 relacionavam, respectivamente, cada um desses fatores com o período, de forma explícita, quanto às solicitações nelas envolvidas.

Entretanto, a primeira variável que nos indicaram foi o período. Este foi identificado inicialmente pela aluna MARGOM do GRUPO 1, como sendo *a oscilação, o tempo*. O que nos levou a retomar nossas explanações acerca do termo período. Mesmo assim, essa aluna insistiu: *... então ... é a oscilação ...*. Para a MARGOM, *a oscilação ... o tempo*, era uma variável pelo fato dos valores referentes a tempo que estavam escritos na lousa serem diferentes, uns em relação aos outros. As demais manifestações acerca dessa variável tinham a mesma conotação. *O período variou* — diria a aluna CIRA do GRUPO 3, referindo-se aos diferentes valores desse fator apresentados pelos diversos grupos.

Quanto aos fatores comprimento e massa do pêndulo, estes foram indicados como variáveis pelas mesmas razões. Ca-

da grupo usou um comprimento diferente para o pêndulo ou cada grupo usou um peso diferente. Estas eram justificativas dadas à nomeação dessas variáveis.

O aluno RÊNIO do GRUPO 4 apontou o volume do pêndulo como sendo também uma variável, dizendo que *tem peso grande e pequeno*, referindo-se ao material disponível e ao fato de que ele próprio havia adotado frascos de tamanhos diferentes.

A amplitude e a posição de largada (*posição* como a denominaram no momento) foram igualmente apontadas como variáveis. *Mas, não é a mesma coisa* — disse a aluna CATE do GRUPO 1.

Alguns alunos insistiam que se tratava da mesma variável. Outros, como o aluno RAZEM e a aluna MILA do GRUPO 2, caracterizavam-nas como variáveis distintas. Aliás, foi assim que as conceberam durante as suas atividades.

A CATE procurava uma resposta nossa a qualquer custo acerca disso. *Então ... é a mesma coisa ... a posição de largada e a amplitude ?*.

A aluna LUCI do GRUPO 7 apontou a *régua* como variável, indicando que esse instrumento variou de grupo para grupo. A aluna CATE, acompanhada por outras colegas retrucou : *Mas, as régua são iguais !* Outros alunos acrescentaram que havia *régua e fita-métrica*, e que estes variavam.

Posteriormente, juntamente com os alunos, pudemos verificar que não havia coincidência entre as escalas de algumas régua e, também, entre essas e as escalas da fita métrica, muito embora somente estas últimas tenham sido, de fato, usadas como instrumento de medida do comprimento do fio do pêndulo por todos os grupos.

Nessa mesma linha de variação de grupo para grupo, não mais de atividade para atividade, alguns alunos introduziram o *relógio* como variável, mas se mostraram indecisos quanto à relação desse fator com os demais e com os seus resultados.

Assim, por intermédio de perguntas e respostas, afora a *régua* e o *relógio*, foram identificados como "variáveis", nos termos em que os alunos as conceberam, o período, o comprimento, a massa, o volume, a amplitude e a posição de largada.

É necessário acrescentar que durante esse processo, por ocasião das nossas intervenções, procurávamos associar ao termo variável os fatores envolvidos no fenômeno do movimento do pêndulo passíveis de metrificação, tendo em vista a forma como se apresentavam nas diferentes atividades.

No que se refere aos alunos, no entanto, suas manifestações indicavam uma superposição de dois significados distintos dados a esse termo, além daquele que lhe havíamos atribuído. Ora a "variável" referia-se ao elemento que, segundo os dados da lousa, comparecia com valores diferentes, como foi o caso do período, do comprimento e da massa do pêndulo; ora a "variável" referia-se à maneira como havia sido concebido o elemento nos diferentes grupos. Fazem parte deste significado, o volume, para o aluno RÊNIO, a amplitude e a posição de largada, para o aluno RAZEM e a aluna MILA.

Portanto, se pretendíamos verificar o quanto os alunos estavam cientes das diferenças entre as atividades, pudemos constatar que essas eram atribuídas, como vimos, mais aos grupos do que propriamente às atividades.

De qualquer maneira, os elementos em jogo chegaram a ser caracterizados como fatores, que de uma ou de outra forma se distinguiam entre si. No entanto, as relações entre esses fatores, que permeavam as diferentes atividades e que, por sua vez, os qualificavam como variáveis, não atingiram um nível satisfatório.

Apesar disso, consideramos esses aspectos suficientes para passar a verificar entre os alunos as características semelhantes, que entre si guardavam as três atividades.

Tendo identificado com os alunos os principais fatores relativos ao fenômeno do movimento do pêndulo, por intermédio dos quais havíamos tentado diferenciar as atividades propostas, passamos a solicitar dos mesmos que indicassem agora as semelhanças entre elas. Para tanto, perguntamos o que havia de "comum entre as atividades realizadas".

Alguns alunos e alunas, ao mesmo tempo, disseram : *o período.*

Retornamos a perguntar : "... e o que as atividades propunham que se estudasse sobre o período ?"

Imediatamente, a aluna MILA do GRUPO 2 respondeu :
... queria saber se o período variava ... a gente queria ver se o período variava com a amplitude, a massa e o comprimento.

Com o propósito de averiguar se essa afirmação fazia sentido para os demais, procuramos identificar os objetivos explícitos de cada uma das três atividades em particular. Assim, tomamos o texto referente a cada uma das atividades contido na Folha de Atividades, lemos os textos em voz alta e solicitamos que os alunos traduzissem "o que era para ser feito" em cada uma delas. Solicitamos essa tradução individualmente, chegando a um processo quase exaustivo, pois queríamos estar seguros de que os alunos teriam condições de interpretar os dados apresentados relativos às diferentes atividades.

Quanto à ATIVIDADE 1, a aluna CATE do GRUPO 1, por exemplo, traduziu : *... era para deixar o comprimento, o peso e variar a amplitude.*

Nessa mesma linha, as demais atividades foram reproduzidas pelos alunos, sempre procurando apontar quais os fatores que "havia sido alterados" e quais os fatores que "procuram manter constantes".

Dessa forma, verificou-se que os alunos diferenciavam as atividades a partir daquilo que haviam depreendido "do que era para ser feito" em cada uma delas e não a partir das variáveis nelas envolvidas como pretendemos inicialmente.

Além disso, a diferenciação das atividades foi facilitada pela necessidade de igualá-las. O "período", ao mesmo tempo que foi apontado como fator "comum" a todas as atividades, também as diferenciou dadas as suas diversas relações, implícitas no "que era para ser feito", com os demais fatores.

Pudemos constatar, pois, que a nossa tentativa de caracterizar, com os alunos, cada uma das atividades, partindo das diferenças entre elas, resultou numa dificuldade por parte deles em discriminar a atividade, em si, do grupo que a realizou.

Entretanto, a identificação da atividade com o grupo responsável por essa dificuldade, acabou por facilitar a caracterização das semelhanças e diferenças que, como vimos, se deu por intermédio da busca daquilo "que era para ser fei

to".

*
* *

Em resumo, durante o processo de caracterização das atividades, pudemos verificar duas tendências básicas demonstradas pelas diferentes manifestações dos alunos.

A princípio a tendência encontrada quanto à diferenciação das atividades por intermédio das variáveis nelas envolvidas, foi a de identificação da atividade com o grupo que a realizou. Assim, as atividades eram diferentes na medida em que os valores atribuídos aos fatores em jogo se diferenciavam de grupo para grupo. Posteriormente, a tendência dos alunos foi a de diferenciar as atividades por intermédio daquilo "que era para ser feito" em cada uma delas, a partir do estabelecimento de um elemento comum a todas: o "período" do pêndulo.

Mesmo depois do PAINEL, alguns alunos mantiveram a identificação da atividade com o grupo, ao tentarem estabelecer as semelhanças e diferenças entre as três atividades, de maneira explícita, nos seus relatórios de atividades, procurando atender à segunda solicitação do nosso ROTEIRO. Vejamos o que escreveram esses alunos.

MARGOM, do GRUPO 1 :

1.^a diferença - nº de exercício a ser feito, diferenciando as respostas. O nosso exercício (nº 1) na massa, na oscilação, a posição de largada, amplitude etc, variaram.

Como exemplo de diferença no nosso grupo nº 1 :
As respostas foram diversificadas quanto: a massa, oscilação etc, sendo que o grupo número 5 desempenharam a mesma tarefa, obtiveram respostas completamente diferentes das nossas.

— Semelhança — (no meu modo de ver) não existiram, a não ser pela excessão (é lógico) dos materiais a serem usados.

JUNIOR, do GRUPO 5 :

2. As massas e o comprimento e o período de oscilação foram diferente. "diferenças" entre os grupos e a posição de largada do pêndulo. "Semelhança"; Quanto mais oscilações fizermos, mais tempo vai ser o período. Quanto maior o comprimento do

pêndulo mais lento será o tempo; este foi um dos fatores que fez com que os resultados dos grupos saíssem diferentes.

NATALIA, do GRUPO 5 :

As diferenças que cada grupo desempenhou em suas atividades, creio que foi a variação da amplitude, a variação da massa, e a variação do comprimento do pêndulo. Quanto as semelhanças creio que foi o argumento que cada grupo desempenhou em sua atividade para ver se o período variava.

ARIE, do GRUPO 4 :

As diferenças foram entre comprimento, a amplitude, período de oscilação e massa. Semelhanças não encontrei, apenas a conclusão que no GRUPO 4, quanto maior a massa maior o período de oscilação, e no GRUPO 6, quanto menor a massa maior o período de oscilação.

LUASE, do GRUPO 3 :

De semelhante; ou semelhança :
Muitos usaram régua, relógio, (diferentes) o que contribuiu para que todos os resultados não fossem tão corretos e a vontade de suicídio pairou em todas as cabeças.

De diferente :
Muitas: O comprimento (atividade 1 e 2, solicitava a mesma, só a atividade nº 3 variou), o peso (a mesma na 1.ª e 3.ª atividade, variada, na 2.ª), as posições de largada (a mesma na 2.ª e 3.ª atividade, variada na 1.ª atividade), assim como o nº e o tempo de oscilação escolhidos nas atividades por cada grupo.

GINA, do GRUPO 3 :

diferenças — O que eu pude concluir na minha atividade que foi diferente das outras é que nós variamos o comprimento do pêndulo e nas outras atividades foi. A 1.ª variou — a amplitude do pêndulo .
2.ª — variou-se a massa do pêndulo.
semelhanças — Trabalhamos todos com o mesmo material, estudando, todo um complexo de posições, massas, amplitudes, comprimentos, medidas etc.

MENA, do GRUPO 7 :

Nões que fizemos a atividade 3 e o grupo 3 que fez a mesma atividade teve uma grande semelhança : a conclusão. Essa conclusão é que quanto maior o comprimento do pêndulo, maior é o tempo de oscilação.

As diferenças que houveram foram a posição de largada e a massa.

SULA, do GRUPO 7 :

As diferenças entre os grupos 1, 2 e 5 (atividade 1) variou de um grupo para outro a massa, amplitude, posição de largada, comprimento, ponto de oscilação e o raciocínio. Na atividade variava-se a amplitude conservando-se todas as outras medidas.

As diferenças entre os grupos 4 e 6 (atividade 2) variou de um grupo para outro a massa, amplitude, comprimento e outras medidas.

Note-se que os critérios para o estabelecimento de semelhanças ou diferenças entre as atividades estão sempre relacionadas a algo produzido, utilizado ou decidido pelos grupos que as desenvolveram, seja nas conclusões ou "resultados", nos instrumentos de medidas ou "materiais", nos valores adotados para os fatores posição de largada, amplitude, comprimento, massa e, até mesmo, nos procedimentos.

A aluna NATI, do GRUPO 4, também, procurando atender à segunda solicitação do nosso ROTEIRO, discrimina as atividades tendo em vista os objetivos de cada uma delas, deixando assim de identificá-las com os grupos que as desenvolveram. Porém, ao estabelecer as semelhanças entre elas, o faz ora por intermédio da intenção em encontrar uma "solução" comum, ora por intermédio dos "materiais" utilizados pelos diferentes grupos.

Em geral, as diferenças encontradas foi a seguinte:

ATIVIDADE 1 — Ver se a medida que a amplitude varia o período de oscilação também varia.

ATIVIDADE 2 — Como disse, sendo minha, ver se aumentando a massa, mantendo o mesmo comprimento e a mesma amplitude aumentaria também o período de oscilação.

ATIVIDADE 3 — Ver se variando o comprimento, varia também o período de oscilação.

A seguir, acrescenta as semelhanças :

Achamos semelhanças também, sendo que elas foram encontradas nas maneiras de achar a solução de determinados problemas que apareciam no decorrer dos exercícios da atividade, ou seja, quase todos tentando achar uma mesma solução para as mesmas atividades.

Mas a encontramos também nos materiais usados como por ex: régua, fitas métricas, etc.

Para a aluna NETA, do GRUPO 3, as semelhanças e diferenças recaíram naquilo "que era para ser feito" em cada atividade.

A nossa atividade é semelhante ao grupo 7, isto é, é a mesma, manter a massa constante, diferentes comprimentos, medindo para cada um o período de oscilação. Ela se diferencia das outras porque na primeira era para determinar um determinado comprimento e peso, soltando numa determinada posição e período, variando a amplitude e na segunda atividade de escolher uma posição de largada e comprimento, variando a massa e medindo para cada uma o período de oscilação.

Alguns alunos procuraram caracterizar cada uma das atividades apenas diferenciando-as, por explicitar os objetivos ou finalidades de cada uma delas.

A CATE, do GRUPO 1, é um exemplo :

Por minha equipe foi desenvolvida a atividade 1 (um), na qual tinha a finalidade de observar se ocorre mudança no período, variando a amplitude de oscilação.

Tínhamos além dessa, mais 2 (duas) atividades na qual: a atividade 2 tinha a finalidade de ver se variando a massa ocorria a variação do período de oscilação. A atividade 3 : tinha finalidade de ver se com a variação do comprimento do pêndulo ocorria a mudança nas oscilações.

O mesmo ocorreu com a aluna LURI, do GRUPO 2 :

A minha atividade tem por finalidade saber se variando o ângulo em que se solta o pêndulo, muda o período. A atividade nº 2, teve por finalidade variar a massa para saber também se muda o período. A atividade nº 3 tem como objetivo mudar o comprimento do pêndulo para saber se muda o período, também.

De maneira semelhante o aluno SIDO, do GRUPO 6, e

a aluna CIRA, do GRUPO 3, procuraram diferenciar as atividades por intermédio daquilo que "faziam" ou supunham que os outros grupos deveriam "fazer", no contexto das solicitações de cada uma delas contidas na Folha de Atividades.

Vejamos, por exemplo, como é descrito isso pela CIRA :

Os grupos que desenvolveram a atividade nº 1 escolheram um determinado peso para o pêndulo, soltavam de uma posição e mediam o período de oscilação, variando a amplitude de oscilação. Os grupos que desenvolveram a atividade nº 2 escolheram uma posição de largada e um comprimento para o pêndulo. Variavam a massa do pêndulo, medindo para cada uma o período de oscilação, mantendo sempre o mesmo comprimento e a mesma posição de largada. Os grupos que desenvolveram a atividade nº 3 escolheram uma posição de largada e uma massa para o pêndulo. Variavam o comprimento do pêndulo, medindo para cada um o período de oscilação, mantendo sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.

A caracterização das atividades feita pela aluna MAIDE, do GRUPO 6, foi um exemplo daquelas que se limitaram a copiar o texto da Folha de Atividades. Outros fizeram ligeiras alterações no texto, com a mesma finalidade. A descrição feita pelo RAZEM, do GRUPO 2, ilustra esse tipo :

O nosso grupo escolheu a atividade 1 (um) Nós escolhemos um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Soltamos de uma determinada posição e medimos o período de oscilação. Variamos a amplitude de oscilação, repetindo a oscilação do período.

A caracterização e/ou diferenciação das atividades por intermédio das diferentes conclusões também foi um critério adotado pelos alunos. Um exemplo disso é o que escreve a LUCI :

A atividade nº 1 que foi realizada pelo grupo 1, 2 e 5 os resultados foram diferentes sem que conseguíssemos chegar a uma conclusão exata.

Em seguida, ela, como outros, explicita os diferentes "resultados" ou dados que obteve cada um dos grupos na atividade correspondente. A diferenciação das atividades feita pela SILA, do GRUPO 1, se enquadra perfeitamente nesse tipo de

caracterização.

Apesar das diversas maneiras e tentativas de dife
renciarem ou caracterizarem as três atividades ou mesmo somen
te aquela por eles desenvolvida, alguns alunos demonstraram em
seus relatórios não ter conhecimento dos objetivos da própria
atividade realizada. Foi o caso dos alunos MARGOM, (GRUPO
1), LUASE (GRUPO 3), ARIÊ (GRUPO 4), NATÁLIA (GRUPO 5)
e JUNIOR (GRUPO 5). Conforme o exposto, nossa avaliação nos
permite dizer que, de uma ou de outra forma, os demais demonst
traram ter esse conhecimento.

. algumas considerações

Os Relatórios de Atividades abriram-nos um leque de
concepções acerca das três atividades, que variaram desde a
identificação da atividade com o grupo, até a diferenciação
das mesmas por intermédio "do que era para fazer" em cada uma
delas, concepções essas que já haviam sido manifestadas duran
te o PAINEL. Todavia, as descrições individuais dos relató
rios nos permitiram verificar como os diferentes elementos que
compõem essas manifestações se combinaram para que passemos de
um a outro extremo desse conjunto de concepções, muito embora
não exista uma correspondência biunívoca entre essas e os alu
nos que as produziram, a ponto de podermos classificá-los se
gundo esse critério. Nem seria esse nosso propósito, porquan
to pretendemos identificar os aspectos que, pela sua figuração
ou não, apontam as tendências que esses alunos manifestaram em
torno do processo de igualar e diferenciar as atividades.

A proposta de diferenciar as atividades entre si,
por intermédio das variáveis nelas envolvidas, leva à proposi
ção da decomposição do fenômeno do movimento do pêndulo em
suas partes, identificadas aqui pelos seus fatores passíveis
de serem metrificadas pelos alunos. Reciprocamente, as múlti
plas relações entre esses fatores, que podem se combinar hipo
teticamente, recompõem o fenômeno, não mais ao nível do sim
plesmente constatável e factual, como o produto das atividades
propostas, mas, sim, ao nível da sua formalização, ainda que
qualitativa, marcando assim uma volta a ele mesmo, incrementa

da pela admissão de possibilidades e limitações afeitas à sua concepção.

Nesse sentido, o estabelecimento das semelhanças entre as atividades não se limita à identificação do período como fator comum a todas elas, visto que isso poderia ser conseguido pela simples leitura do texto da Folha de Atividades. Acima disso, o estabelecimento das semelhanças requer a noção de periódico, repetitivo e regular, para o movimento do pêndulo, no âmbito dessa possibilidade e das limitações para tanto.

Dos fatores em jogo, devemos nos lembrar que o comprimento, a massa e a posição de largada ou amplitude inicial do pêndulo eram aqueles passíveis de serem controlados pelos alunos. Enquanto isso, o tempo relativo a cada oscilação (período), a amplitude e a sua variação assumiam valores que eram determinados pelos anteriores. Se compreendermos, no entanto, que é através desses fatores independentes que o fenômeno do movimento de um determinado pêndulo se manifesta, o período não seria o único fator comum a todas as atividades. A variação da amplitude caracterizou-se como um efeito inerente a esse fenômeno. Sendo assim, pode ser concebida como fator comum a todas as atividades, embora o seu controle não tenha sido solicitado explicitamente.

Tomando-se, portanto, a regularidade de tempo (periódico) e a variação da amplitude como atributos do movimento de um pêndulo, podemos dizer que é exatamente em torno desses fatores que as atividades se igualam, pois são elas que circunstanciam esse fenômeno quanto à possibilidade de observá-lo e medi-lo. Ademais, no conjunto das sete relações possíveis entre os cinco fatores apontados, por esse motivo, o período e a variação da amplitude são os únicos passíveis de serem combinados, separadamente, com todos os demais. Quanto ao número de oscilações, embora seja controlável pelos alunos, é um fator mais associado aos procedimentos do que às características do pêndulo.

Por outro lado, durante o processo de diferenciação das atividades, nos termos em que propusemos durante o PAINEL, vimos que os fatores apontados pelos alunos como "variáveis" passavam a essa categoria pelo fato de seus valores se diferenciarem de grupo para grupo. Dentro dessa categoria pertenciam indiscriminadamente, tanto os fatores controláveis pelos alu-

nos (grupos), como aqueles dependentes dos primeiros. Isso nos levou à simples identificação de fatores e não à caracterização das atividades, visto que a esta corresponderia a compreensão das relações possíveis entre os mesmos, o que implicaria na decomposição do movimento do pêndulo em suas partes, isto é, nas variáveis que o contornam.

Quando as atividades foram diferenciadas por intermédio daquilo "que era para fazer" em cada uma delas, ou seja, pelas solicitações nelas envolvidas, podemos dizer que houve uma discriminação do período em relação aos demais fatores (amplitude inicial, massa e comprimento).

Pelo que constatamos nos Relatórios de Atividades, alguns alunos não chegaram a esse nível visto que mantiveram a identificação da atividade com o grupo que a desenvolveu. Outros chegaram a discriminar inclusive os fatores que deviam ser controlados, como foi o caso da aluna NATI, do GRUPO 4. A maioria dos alunos, no entanto, ora na tentativa de estabelecer as diferenças, ora na tentativa de estabelecer as semelhanças entre as atividades, superpunha a produção dos grupos às características específicas das atividades, traduzidas pelas relações entre os fatores em jogo.

Mesmo assim, a variação da amplitude não chega a figurar como um fenômeno inerente ao movimento do pêndulo, ou seja, como um fator mensurável dependente dos demais. Ao contrário disso, a variação da amplitude foi tomada, durante o PAINEL, veremos, como uma fonte de erros, concepção que implica na sua negação como fator irredutivelmente associado aos demais.

Além disso, a identificação dos "materiais" ou instrumentos de medidas como "variáveis", marca uma indiscriminação dos fatores diretamente envolvidos no movimento do pêndulo em relação àqueles circunstanciados pela determinação ou escolha dos alunos. Essa identificação, como vimos, foi manifestada não só no PAINEL como também nos Relatórios de Atividades.

Portanto, as diferentes manifestações dos alunos durante o processo de caracterização das três atividades propostas, nos levam a depreender que as concepções de "variável" para eles, transitam entre a sua permanência como fator isolado, cujos valores podem ser determinados diretamente indepen

dentemente dos outros, e a sua discriminação, tendo em vista suas relações com os demais fatores, porém sem percorrer todo campo de possibilidades, mantendo-se, a esse nível, no âmbito das solicitações feitas a eles.

CAPÍTULO V

REGULARIDADE E ERRO EXPERIMENTAL

Neste capítulo teremos oportunidade de tratar a análise desenvolvida pelos alunos em relação aos dados apresentados sob dois aspectos : o estabelecimento de regularidades, juntamente com seus critérios, e as concepções acerca do erro experimental.

Devemos assinalar que esta segunda fase dos trabalhos marca um outro contexto para o estabelecimento de regularidades, tendo em vista suas possibilidades e limitações. Aqui os alunos não mais se encontravam desenvolvendo as atividades, ou seja, tomando decisões em relação às suas medidas, mas se encontravam frente aos dados e "resultados" apresentados pelos diferentes grupos, por intermédio dos quais chegariam ou não a conclusões definitivas acerca do fenômeno em estudo. Contudo, considerando-se as experiências adquiridas por eles na primeira fase, além dos problemas enfrentados, a análise desses dados não deveria se limitar à verificação da coerência entre os mesmos. Embora esse seja um componente importante do processo, não podemos nos esquecer das características até então atribuídas ao próprio movimento do pêndulo e aos fatores que o compunham, nos termos em que os alunos o fizeram.

É, pois, nesse contexto que vimos aparecer o fator erro e suas fontes, em parte como limitador, em parte como elemento regulador, para validar ou contestar as regularidades por eles depreendidas, apesar da interferência também do aspecto concordância ou discordância inter grupos, como teremos oportunidade de registrar.

Nos itens que se seguem trataremos do problema da regularidade e das noções de erro experimental, apresentadas pelos alunos no contexto referido, bem como da relação entre esses elementos, finalizando pela tentativa de metrificar uma das regularidades mais "evidentes" para eles.

a) - o problema da regularidade

Em continuidade aos trabalhos do PAINEL, uma vez caracterizadas as atividades, nos termos já descritos, convidamos os alunos a analisar os dados apresentados na lousa pelos sete grupos.

O objetivo central dessa análise era o de verificar a possibilidade de estabelecermos conclusões gerais acerca do fenômeno do movimento do pêndulo tendo em vista os fatores envolvidos nas diferentes atividades. Os dados relativos à ATIVIDADE 1 deveriam nos indicar a possibilidade ou não de estabelecermos uma relação entre o período e a amplitude do pêndulo. Da mesma maneira, os dados relativos à ATIVIDADE 2 e ATIVIDADE 3, referindo-se às relações entre o período e a massa, ou o comprimento do pêndulo, respectivamente.

Iniciamos pela análise de todos os dados relativos à ATIVIDADE 1. Em seguida, os da ATIVIDADE 2 e, por fim, os da ATIVIDADE 3.

Cada grupo era convidado a descrever para os demais colegas como havia chegado aos dados que apresentava. Isso era feito por intermédio de um representante de cada grupo. Eventualmente ele poderia ser auxiliado nas suas exposições pelos outros componentes do seu grupo. Deixamos que as justificativas dos procedimentos adotados só ocorressem caso houvesse solicitações dos demais colegas para tanto. Isto é, nós apenas pedíamos para que cada representante de grupo dissesse aos colegas como haviam chegado àqueles "resultados" apresentados. Repetindo esses dados, temos :

ATIVIDADE 1GRUPO 1

Comprimento do pêndulo	32,5	variação da amplitude			
Massa	121,7g				
Posição	40°	40°	30°	20°	10°
Período de Osc.	1,2s	1,2s	1,2s	1,2s	1,2s

GRUPO 2

Comprimento 45 cm		
Massa = 82,2		
Largada = 30°		
<u>Amplitude</u>	<u>Período</u>	<u>Cada</u>
60° a 120° (60°)	Em 10 osc. = 14 seg	1,4
70° a 110° (40°)	Em 10 osc. = 14 seg	1,4
80° a 100° (20°)	Em 10 osc. = 13 seg	1,3
<u>Largada</u> 40°		
80° a 100° (20°)	Em 10 osc. = 13 seg	1,3

GRUPO 5

Massa = 88,3g	
Comprimento = 42,5 cm	
Posição = 30°	
Período de oscilação = 2 seg	
<u>Amplitude</u>	<u>Período</u>
20° a 40°	6 osc = 10 seg = 1,6
40° a 100°	5 osc = 9 seg = 1,8

ATIVIDADE 2GRUPO 4

<u>Massa</u>	<u>Comprimento</u>	<u>Amplitude</u>	<u>Período de Oscil.</u>
30	45 cm	30°	(10) 2 seg
51,45	45 cm	30°	(11) 2,2 seg
163,55	45 cm	30°	(12) 2,4 seg

GRUPO 6

Comprimento = 50 cm	
Ângulo de largada = 5°	
<u>Massa</u>	<u>Período - 5°</u>
30 g	1,1
62,2 g	1,0
104,...	0,9

ATIVIDADE 3GRUPO 3

Massa = 172,75 gramas	
Posição de Largada = 70°	
<u>Comprimento</u>	<u>Ponto de Oscilação</u>
60 cm	2 seg
30 cm	1,5 seg
49 cm	2 seg
19 cm	1 seg
69,5 cm	2 seg e meio
OBS. Quanto maior o comprimento do pêndulo + lento será o tempo de oscilação	

GRUPO 7

<u>POSIÇÃO DE LARGADA</u>	0°	0°	0°
Massa	104,9g	104,9g	104,9g
Comprimento	50 cm	30 cm	60 cm
Oscilações	1	1	1
Tempo	1,6s	1,3s	2,0s

Quanto à ATIVIDADE 1, houve uma concordância geral, por parte dos alunos, de que os *resultados* — como diziam — a apresentados pelos três grupos que a desenvolveram (GRUPO 1, GRUPO 2 e GRUPO 5) eram *diferentes*.

A princípio, essa diferença foi atribuída aos valo

res adotados ou obtidos pelos três grupos, associados a cada um dos fatores em jogo. Assim, os valores dos comprimentos do fio, da massa, das amplitudes e dos períodos dos pêndulos diferiam de grupo para grupo.

Posteriormente solicitamos que todos verificassem se as relações entre a amplitude e o período, para cada um dos grupos, também diferiam entre si.

Foi a partir dessa solicitação que os alunos, em geral, passaram a nos perguntar acerca do significado dos diferentes dados e, como consequência, dos procedimentos adotados para conseguí-los. Isso estava sendo feito pela segunda vez. Agora, no entanto, a pedido dos próprios alunos.

Na ocasião, a aluna NATÁLIA do GRUPO 5, durante seus esclarecimentos não conseguiu atribuir significado aos valores "20° a 40°" e "40° a 100°" que, de acordo com os seus dados, referiam-se à "Amplitude" do pêndulo. Mesmo assim, afirmava que o período aumentava com a amplitude do pêndulo.

A aluna CATE do GRUPO 1 e a aluna MILA do GRUPO 2 fizeram seus esclarecimentos nos termos que já descrevemos anteriormente.

A partir desses esclarecimentos os alunos iam identificando duas possíveis tendências entre as variáveis período e amplitude; o período não se altera (GRUPO 1) ou aumenta (GRUPO 2 e GRUPO 5) com o aumento da amplitude, muito embora não houvesse muita segurança quanto a essas interpretações por parte dos componentes do GRUPO 2 e GRUPO 5.

A aluna CATE, entretanto, aparentava muita certeza acerca dos seus resultados, afirmando que era claro que o período não varia com a amplitude. Acrescentou que, pelos dados do GRUPO 2, não se pode chegar a conclusão nenhuma. Mostrou-se, inclusive, um tanto agressiva depois da exposição de motivos desse grupo acerca dos seus dados, dizendo: *Sinto muito, mas eu sô entendi o meu (resultado) — querendo afirmar que os demais estavam errados.*

Essa divergência entre os resultados e os grupos, acabou por gerar um impasse, tendo em vista a possibilidade de se chegar a alguma conclusão sobre a relação entre o período e a amplitude do pêndulo.

Alguns alunos atenuavam o impasse, afirmando : ... *mas, eles fizeram diferente !*. Referiam-se aos diferentes procedimentos e critérios de valores adotados pelos três grupos. Estes seriam os motivos pelos quais os *resultados* e as *conclusões* teriam que ser diferentes.

Entretanto, a maior parte dos alunos, diante do impasse, passou a sugerir que a atividade deveria ser feita novamente. Porém não apontavam nenhum critério de controle das divergências observadas.

Com relação à ATIVIDADE 2, os componentes do GRUPO 4, quando tentavam esclarecer seus procedimentos e *resultados* aos colegas, se anteciparam dizendo que *não dava para concluir nada*, apesar dos seus dados indicarem que o período deveria ser tanto maior quanto maior a massa do pêndulo.

Os alunos mais atentos estranhavam essa atitude de negar a tendência dos dados, quando o aluno RÊNIO, desse grupo, por solicitação da professora, revelou o outro dado do período para o pêndulo de massa 82,2g, que não obedecia à regularidade, tal como os demais dados apresentados indicavam.

Os dados do GRUPO 6 mostravam uma tendência inversa àquela a que havia chegado o GRUPO 4. Para o GRUPO 6 o período deveria diminuir com o aumento de massa do pêndulo.

Todavia, antes de qualquer discussão a respeito, os dois grupos concordavam, entre si, de que a ATIVIDADE 2 deveria ser feita novamente, alegando que precisavam *fazer as medidas com mais cuidado*. Nos dois casos, parecia haver um certo descrédito quanto aos dados obtidos.

No que se refere à ATIVIDADE 3 todos concordaram que o GRUPO 3 e o GRUPO 7, que a haviam desenvolvido, chegaram à mesma conclusão : o período do pêndulo deveria ser tanto maior quanto maior o seu comprimento.

Essa concordância foi suficiente para que ninguém colocasse em dúvida a regularidade estabelecida explicitamente pelo GRUPO 3, independentemente da maneira como cada grupo realizou essa atividade. Para esses grupos, não havia necessidade de *repetirem a ATIVIDADE 3*.

Podemos notar, pois, que quando houve uma concordância entre os grupos, quanto às tendências dos seus dados, como

ocorreu com aqueles que desenvolveram a ATIVIDADE 3, o estabelecimento da regularidade foi consensual, não havendo necessidade de maiores conjecturas a respeito de quaisquer outros fatores que eventualmente pudessem intervir nos valores obtidos ou procedimentos adotados. Nem assistimos a manifestações que colocassem em dúvida os *resultados* de ambos os grupos.

Por outro lado, quando os dados apresentados pelos grupos que realizaram a mesma atividade, não convergiam para uma mesma tendência, a sugestão mais acentuada dos alunos era a de que essas atividades deveriam ser feitas novamente.

Fogem a essa regra dois casos. Primeiro, o caso da aluna CATE do GRUPO 1 descartando os dados dos demais grupos que realizaram a ATIVIDADE 1, por se tratar de dados *errados*, já que não concordavam com a regularidade que haviam estabelecido entre o período e a amplitude do pêndulo. Segundo, o caso daqueles alunos que achavam que os *resultados* eram diferentes porque os grupos haviam usado procedimentos diferentes.

Para aqueles que sugeriam que a atividade deveria ser feita novamente, a grande maioria, a justificativa era a de que um ou outro grupo havia *errado*, ou, ainda, ambos. O que pode significar que a relação entre os fatores em jogo não depende dos procedimentos de cada grupo. Em outras palavras, se todos fizessem suas *medidas com ... cuidado*, como diriam os componentes do GRUPO 4 e GRUPO 6, deveriam chegar à conclusão correta ou *exata*, como costumavam afirmar.

Assim, para essa maioria, o critério de verdade em relação às conclusões, ou *resultados*, estaria no fato dos diferentes grupos chegarem à mesma tendência. Poderia ocorrer que esses grupos concordassem em torno de uma conclusão falsa, mas essa possibilidade era negada pela coincidência dos seus *resultados*.

b) - a noção de erro experimental

No segundo dia destinado ao PAINEL, quarto dia de atividades, retomamos a análise dos dados apresentados pelos diferentes grupos.

Nesse dia as alunas SILA do GRUPO 1 e NATÁLIA do

GRUPO 5, distribuíram a todos as folhas mimeografadas contendo os dados de todos os grupos. Desta maneira, evitamos a re-apresentação dos mesmos na lousa.

De posse desse material, iniciamos por rever os da dos relativos à ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2, dados esses que não nos haviam permitido chegar a conclusões definitivas, tendo em vista as divergências apontadas.

Considerando a proposta que fizeram de que essas atividades deveriam ser refeitas, procuramos averiguar dos alu nos quais seriam as causas dessas divergências, para que com isso, estabelecessem critérios para os novos procedimentos.

Vimos que os alunos já haviam antecipado duas causas possíveis para essas divergências. A primeira, que apareceu com maior intensidade, foi a de que *havia erros* nas medi das. A segunda, a de que os grupos haviam feito de *maneiras diferentes*, de acordo com a opinião de alguns.

Restava-nos verificar o porquê e quais os fatores que estariam intervindo nesses *erros*, bem como em que aspectos essas *maneiras* poderiam intervir nos *resultados* dos diferentes grupos.

Assim, tentamos encaminhar as discussões com os alu nos para essa temática e dentro dela conseguimos depreender os componentes que se seguem.

. o aluno como fonte de erros

A primeira causa apontada pelos alunos para os *erros* nas medidas foi o próprio aluno.

No encontro anterior, quando da análise dos dados, os alunos já haviam manifestado a necessidade de refazer a ATI VIDADE 1 e ATIVIDADE 2, com exceção, é claro, da aluna CATE do GRUPO 1, em relação à atividade que havia realizado.

Voltamos ao tema nesse encontro, perguntando a todos como os alunos poderiam errar ou o que seria esse *erro*.

Pelas respostas e diferentes manifestações compre endemos que o erro relacionado ao aluno se caracterizava como sendo uma falha ou negligência.

O RAZEM, do GRUPO 2, por exemplo, caracterizou as-

sim o erro do aluno : ... a gente pode errar quando faz a medida ... não medir certinho !

A aluna CIRA do GRUPO 3 manifesta-se confirmando :
O aluno pode se enganar na medida...

Tentamos argumentar com a aluna CIRA dizendo que, nesse caso, o erro poderia ser corrigido por outro aluno que estivesse observando. Mesmo assim, os alunos afirmavam que ... *os dois poderiam errar.*

Procuramos introduzir uma outra possível fonte de erros, associada aos instrumentos de medidas, quando fizemos uma breve exposição das limitações da avaliação do tempo por intermédio do relógio de ponteiros.

Nesse sentido, solicitamos que os alunos apontassem outras fontes de erros.

Indicaram-nos, então, a régua, mas quando perguntamos de que maneira a régua poderia contribuir para com os erros, voltaram a dizer que *a gente poderia se enganar* ao medir com ela. Isso, apesar de já termos verificado que nem sempre as escalas de diferentes régua coincidem entre si.

: o dinamismo do fenômeno

Depois dos instrumentos de medidas o aluno RÊNIO do GRUPO 4 apontou um outro fator que teria contribuído para as divergências encontradas entre os grupos. Referia-se, mais especificamente ao GRUPO 4 e GRUPO 6 : ... *se um grupo conta uma oscilação, sô pode dar diferença se contarmos várias.*

A partir dessa observação os comentários se dirigiram para o consenso de que o *aluno erraria mais*, na medida de tempo, contando uma única oscilação do pêndulo, do que contando várias oscilações sucessivas.

Solicitamos que comparassem hipoteticamente o valor do tempo de uma única oscilação com o de cinco. Alegaram que o segundo valor não seria o quíntuplo do primeiro, porque, neste, *havia erro.*

A aluna MILA do GRUPO 2 justifica que na contagem de uma única oscilação ... *é muito rápido ... não dá para medir o tempo direito.*

Para evitar esse erro a aluna CATE do GRUPO 1 argumenta : ... temos que contar várias (oscilações).

Considerando que a contagem de várias oscilações apareceu como solução para a limitação relativa à avaliação do tempo de uma única oscilação, retomamos o problema associado à variação da amplitude, como eles mesmos haviam apontado durante a realização das atividades. Relembramos que muitos de les tinham dúvidas acerca da contagem de várias oscilações, da do o fato de que a amplitude do pêndulo variava.

Imediatamente, a aluna LUCI do GRUPO 7 aponta outra solução : ... é por isso que a gente tem que contar uma só (oscilação) ... a amplitude varia. Note-se que essa afirmação contradiz os procedimentos adotados pelo seu próprio grupo.

Duas alternativas se faziam presentes nesse momento : contar várias oscilações para evitar o erro associado à rapidez do movimento do pêndulo ou contar uma única para evitar a variação da amplitude.

A situação estabeleceu um impasse geral, ficando todos na expectativa de uma solução possa, quando o aluno RAZEM do GRUPO 2 acrescentou que, mesmo ... numa oscilação a amplitude de já muda ... ele (pêndulo) nunca vai no mesmo lugar.

A aluna SISA do GRUPO 6 aponta uma solução para o impasse ao mesmo tempo que justifica os procedimentos do seu grupo na medida do período do pêndulo : ... quando a gente larga de uma amplitude grande, varia bastante ... quando a amplitude é pequena, varia pouquinho ... daí o erro é menor quando a amplitude é pequena.

Essa sugestão não viria solucionar o impasse. Os alunos mantiveram a expectativa de uma resposta nossa a respeito.

O aluno RÊNIO do GRUPO 4, retomando as divergências entre os "resultados" do seu grupo e os do GRUPO 6, introduziu o volume do pêndulo como mais um dos fatores responsáveis por elas : ... quando se variou a massa, foi variado, também, o tamanho — disse.

Perguntávamos a todos em que medida o tamanho poderia interferir nos resultados, quando a aluna SISA do GRUPO 6 afirmou que ... quando é grande, é mais pesado ... isso faz

ele parar mais depressa.

Quando procuramos estabelecer hipoteticamente uma comparação entre dois pêndulos de mesmo peso, sendo um feito de bexiga cheia de ar e outro de uma bolinha de massa de vidro, os alunos, em geral, achavam que o segundo iria oscilar *mais depressa ... porque é mais pesado.*

Voltamos a dizer que os dois pêndulos tinham o mesmo peso, procurando contestar a justificativa apresentada, mas ninguém voltou a se manifestar.

As explicações que se sucederam acerca do atrito do pêndulo com o ar foram totalmente dirigidas por nós.

Assim, o fator volume do pêndulo não foi entendido pelos alunos como uma fonte de erros, e sim como um fator que interferiria no movimento do pêndulo. Além disso, esse fator, segundo eles, estava diretamente associado ao seu peso, mesmo quando comparamos pêndulos de tamanhos diferentes, porém com pesos iguais.

* * *

Com o propósito de detectar a noção de erro experimental pretendíamos verificar dos alunos que critérios poderiam sanar as divergências entre os grupos que haviam desenvolvido a ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2 a partir da exposição e análise de suas causas.

Pudemos depreender que um primeiro critério a adotar seria o de fazer as medidas "com mais cuidado". Isso porque o "erro" associado às medidas, de acordo com os alunos, era um produto da falha ou negligência deles mesmos e não um produto da interação deles com as características do fenômeno em estudo e os instrumentos de medida.

Com relação aos instrumentos de medida vimos que o critério se manteve, uma vez que, mesmo depois de fazermos uma breve explanação sobre a precisão da medida de tempo — onde apontamos as limitações do instrumento e das leituras na escala do relógio de ponteiros — indicaram finalmente a régua como fonte de erros pelo fato deles poderem se enganar ao medir com ela.

Quanto às características do movimento do pêndulo,

percebemos uma ligeira alteração desse critério, visto que, de início, sugeriram a contagem de várias oscilações, no sentido de superar a limitação associada à sua rapidez.

Poderíamos, inclusive, tomar essa sugestão como um segundo critério, não fosse a introdução do fator variação da amplitude. Com ele consubstanciou-se um impasse que os levou a esperar de nós uma saída possível, mesmo com a sugestão da aluna SISA em tentar evitar essa variação.

Cabe ressaltar aqui que a variação da amplitude se ria uma fonte de erros na medida em que a sua ocorrência não permitia aos alunos a adoção de uma amplitude fixa para o pêndulo.

Dessa forma, o erro não estava aí associado à medida do tempo ou a qualquer outra avaliação métrica que dependesse de um maior cuidado do aluno, mas associado ao próprio valor da amplitude que não podia ser mantida constante durante as sucessivas oscilações do pêndulo.

A limitação relativa à rapidez do movimento do pêndulo poderia ser compensada de acordo com a sugestão da CATE, pela contagem de várias oscilações. Mas, como controlar a variação da amplitude, se pretendiam um valor absoluto para ela?

A solução sugerida pela aluna SISA, de adotar pequenas amplitudes, atenua de fato a variação da amplitude. Ao mesmo tempo, entretanto, impede que se avalie o período do pêndulo para amplitudes maiores. Ademais, mesmo sendo autora dessa proposta, não se valeu da sua sugestão para contar várias oscilações.

A saída para o impasse, como esperavam de nós, estaria na conjunção dos fatores número de oscilações e variação da amplitude. Abandonariam, assim, a pretensão de um valor absoluto para a amplitude e associariam o período do pêndulo ao tempo "médio" de cada uma de várias oscilações contadas para uma faixa de variação de amplitude a elas correspondente.

Intencionando fixar a amplitude, no entanto, ao mesmo tempo que negavam a sua variação, distanciavam-se da concepção de um valor "médio" para o período. Se pretendiam uma amplitude fixa, acreditavam na interferência da sua variação no período.

Contudo, as propostas surgidas não consideravam a conjunção, mas sim a dissociação dos fatores em jogo. Procuravam se prender a uma ou outra possibilidade que indica a solução de um ou outro aspecto do impasse, separadamente; ora a da contagem de várias oscilações, para evitarem a rapidez do movimento do pêndulo, ora a da contagem de uma única, para evitarem a variação da sua amplitude. Num e noutro caso estando presente a negação do fator variação da amplitude. Esta, inerente ao próprio fenômeno do movimento do pêndulo.

Portanto, com relação a esses fatores não podemos concluir que tenha se estabelecido um critério consensual relativo aos procedimentos que poderiam eliminar ou controlar as divergências entre os grupos. Com a ausência de uma proposta nossa que solucionasse o impasse, os alunos se dividiram pelas alternativas apresentadas, porém sem se mostrarem convictos o suficiente para tomá-las como saída efetiva. Entretanto, o impasse foi suficiente para que pudessem pensar no problema, agora mais explícito.

No que se refere ao fator volume do pêndulo, pudemos depreender o surgimento de um segundo critério: o de que os grupos adotassem pêndulos de mesmo tamanho. Isto porque esse fator interferiria indiretamente no período do pêndulo, muito embora essa interferência não tenha sido sistematicamente controlada.

A pressuposição de que o fator volume afetaria, de alguma maneira, o período, teria se originado da dificuldade que os componentes do GRUPO 4 sentiram ao tentar estabelecer uma regularidade a partir dos quatro dados obtidos no desenvolvimento da ATIVIDADE 2. A justificativa apresentada no PAINEL repousava no "peso" do pêndulo: *mais pesado ... mais depressa*. Quando propusemos comparar pesos iguais e volumes diferentes, não atentaram para a interação pêndulo-ar, apesar da lentidão do movimento da bexiga ter ficado evidente, em contraposição ao movimento da bolinha de massa de vidraceiro.

Logo, o critério de que todos usassem pêndulos de volumes iguais (de mesmo tamanho) não implica no controle da variável volume, mas na negação desse fator a fim de tentar eliminar as divergências a ele referidas.

Finalmente, o terceiro critério estaria implícito na

afirmação daquela minoria que teria asseverado que os resultados eram diferentes porque os grupos fizeram de maneira diferente a atividade. Para esses, além de fazerem as medidas com cuidado, os grupos chegariam a um mesmo resultado, desde que igualassem seus procedimentos, caso contrário, poderiam chegar a resultados diferentes, e isso lhes parecia natural.

c) - relação entre regularidade e erro experimental

Apontadas as causas das divergências entre os grupos que realizaram a ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2, retomamos a ATIVIDADE 3, desenvolvida pelo GRUPO 3 e GRUPO 7, com o propósito de contestarmos a relação estabelecida entre o período e o comprimento do pêndulo, tendo em vista os dados por eles apresentados.

Sabemos que o período do pêndulo tende a aumentar com o seu comprimento e esta havia sido a conclusão apresentada por esses grupos. No entanto, os dados disponíveis indicavam certos desvios no que se refere a essa tendência, tanto intra como inter grupos.

Com esse critério de análise, pretendíamos averiguar até que ponto a relação estabelecida subsistia para os alunos.

Inicialmente, apontamos uma incongruência entre os dados do GRUPO 3 aliada ao fato de que o período do pêndulo não aumentou quando seu comprimento foi aumentado de 49 cm para 60 cm, uma vez que, para esses, a medida obtida do período foi a mesma : "2 seg".

Quanto a isso, as alunas CIRA e NETA, desse grupo, disseram que, nesse caso, teve algum erro, mas que os outros valores mostravam que o período aumentava (com o comprimento).

Em seguida, convidamos os alunos a verificar se, no conjunto dos valores obtidos nas medidas do período, tomados em relação aos diferentes comprimentos adotados por todos os grupos, a relação estabelecida entre esses fatores se mantinha ou seja, se o período sempre aumentava com o comprimento do pêndulo.

Dos fatores em jogo, nas condições em que as atividades se realizaram, o comprimento do pêndulo é o fator que contribui mais acentuadamente para a variação do período. Para um mesmo índice de variação dos diferentes fatores aliados ao movimento do pêndulo em estudo, é o comprimento que produz o maior índice de variação no valor do período.

Sendo assim, apesar das diferenças de procedimentos e valores adotados para os demais fatores, podemos constatar grosso modo uma tendência do período aumentar com o comprimento. Era isso que pretendíamos averiguar com os alunos acerca dos dados disponíveis, embora não tivéssemos apresentado nenhuma informação sobre a ordem de grandeza da influência dos diferentes fatores sobre o período.

Para proceder a essa análise com os alunos, tomamos os valores de todos os comprimentos escolhidos, em ordem crescente, partindo do valor de 19 cm apresentado pelo GRUPO 3, com o período correspondente de "1 seg". Depois, o comprimento de 30 cm, adotado pelo GRUPO 3 e GRUPO 7, com períodos respectivos de 1,5 e 1,3 segundos, e assim sucessivamente. A tabela a seguir facilita a análise desses dados em conjunto.

GRUPO	COMPRIMENTO (cm)	PERÍODO(S)
3	19	1
3	30	1,5
7	30	1,3
1	32,5	1,2
5	42,5	1,6 a 1,8
2	45	1,3 a 1,4
3	49	2,0
6	50	0,9 a 1,1
7	50	1,6
3	60	2,0
7	60	2,0
3	69,5	2,5
4	90	2,0 a 2,4

De fato, considerando todos os comprimentos escolhidos pelos diferentes grupos em relação aos seus períodos correspondentes, independentemente de outros fatores, podemos no

tar que nem sempre o valor de um aumenta com o valor do outro.

Durante essa análise que colocava em dúvida o aumento do período com o aumento do comprimento do pêndulo, a aluna MENA do GRUPO 7, protestou dizendo que *não dá para comparar ... os grupos fizeram diferente, a atividade*. A aluna CIRA, do GRUPO 3, prontamente acrescentou que, inclusive os pêndulos (usados) eram diferentes (para cada grupo). O aluno RÊNIO, do GRUPO 4, alegou que já havia erro nas medidas e, por isso, também concordou que não dava para comparar os dados. As demais manifestações derivavam dessas três ou com elas coincidiam.

Contudo, permanecia a conclusão apresentada inicialmente pelo GRUPO 3 e GRUPO 7, de que *quanto maior o comprimento do pêndulo mais lento será o tempo de oscilação*, apesar das divergências que apontávamos na análise dos dados.

Como podemos notar, mantiveram-se os critérios que justificavam as divergências entre os grupos : erros nas medidas, pêndulos e procedimentos diferentes. Entretanto, esses mesmos critérios, agora, justificavam as divergências entre os grupos não mais para comprová-las, mas para validar uma proposição já admitida como tal, anteriormente à análise procedida. Prevalencia, pois, o fato dos grupos, que haviam realizado a mesma atividade, chegarem a uma mesma conclusão ou resultado. O que vem confirmar que o critério mais forte para que os alunos estabelecessem conclusões gerais acerca dos fatores envolvidos nas atividades, foi o da concordância entre os grupos. Esse critério subsistiu mesmo às divergências entre os próprios grupos que haviam chegado à mesma conclusão.

Além disso, podemos depreender que essa concordância afastava a possibilidade de ambos os grupos estarem er rados.

* * *

Retomando agora as principais manifestações dos alunos, após a tentativa de caracterizar as atividades, buscamos o estabelecimento de conclusões definitivas em relação aos dados apresentados referentes aos fatores medidos pelos alunos. Segundo eles, a única conclusão possível de se estabelecer re feria-se à ATIVIDADE 3, porquanto os grupos que a haviam desen

volvido concordaram entre si, nas tendências demonstradas pelos seus dados relativos ao período e o comprimento do pêndulo. A título de ilustração, vejamos como alguns alunos se pronunciaram a esse respeito nos seus relatórios de atividades.

CATE, do GRUPO 1 :

... Nessa atividade chegamos a uma conclusão pois ambos os grupos variaram o comprimento do pêndulo e ocorreu mudanças nas oscilações.

MAIDE, do GRUPO 6, refere-se à conclusão estabelecida pelo GRUPO 7, depois de ter comentado acerca dos dados obtidos pelo GRUPO 3 :

... Acho que houve uma resposta bem aceita, coincidiu com a 1^a, acho que esta certa.

SISA, do GRUPO 6 :

Conclusões dos grupo 3 e 7 (atividade 3) — A conclusão de ambos os grupos também foi paralela uma a outra, sendo esta de que quanto maior for o comprimento do pêndulo, maior será o tempo de oscilação percorrido e quanto maior for o comprimento mais lento será o tempo de oscilação.

Tomemos agora os comentários de alguns alunos que desenvolveram a própria ATIVIDADE 3.

NETA, do GRUPO 3 :

Comparando os nossos resultados com os resultados do grupo 7 (mesma atividade) tirei a mesma conclusão pois os resultados obtidos por eles são semelhantes aos nossos ...

GINA, do GRUPO 3 :

Concluí que a atividade que fizemos deu certo pois o grupo 7 chegou às mesmas conclusões que nós.

A aluna MENA, do GRUPO 7, comenta sobre as semelhanças entre o seu grupo e o GRUPO 3, quanto às conclusões e resultados a que chegaram :

*... Mas podemos dizer que não é tão grande a diferença quanto é grande a semelhança, ...
... E isso confirma com os resultados do GRUPO 3*

que foram os mesmos.

SULA, do GRUPO 7 :

Os resultados do GRUPO 3 confirmaram nossa conclusão, as medidas foram diferentes mas quanto mais eles aumentavam o comprimento do pêndulo mais tempo demorava para completar uma oscilação ou vice-versa.

Para outros alunos, pertencentes ou não ao GRUPO 3 e GRUPO 7, se fez sentir a nossa contestação, durante o PAINEL acerca da conclusão estabelecida sobre a relação entre o período e o comprimento do pêndulo, tendo em vista algumas incongruências apontadas, no que se refere aos dados apresentados.

O aluno RAZEM, do GRUPO 2, por exemplo, inclui as conclusões a que chegaram os grupos que desenvolveram a ATIVIDADE 3, na categoria de "duvidosas".

Os grupos que fizeram as atividades 2 e 3 (dois e três) chegaram a uma conclusão meio duvidosa, mas assim mesmo houve grupos que não chegaram a dedução nenhuma.

A aluna CIRA, do GRUPO 3, faz o mesmo referindo-se aos valores obtidos para o período, pelo seu grupo e pelo GRUPO 7 :

Apenas um resultado coincidiu com o nosso, os outros apenas aproximaram. Não podemos dizer qual grupo está certo ou errado, talvez os dois possam estar errados.

A aluna LUCI, do GRUPO 7, estabelece a conclusão, mas se omite em dar um parecer confirmatório :

O nosso resultado coincidiu com o do grupo da mesma atividade, não sei, pode ter sido apenas uma coincidência, como também pode estar certo.

Apesar das dúvidas, como podemos notar, a concordância entre o GRUPO 3 e o GRUPO 7, marca fortemente a regularidade estabelecida entre o período e o comprimento do pêndulo.

Quanto à ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2, no entanto, não podemos dizer a mesma coisa. Para essas o processo foi inverso dadas as divergências reveladas pelos dados e tendências a-

presentadas pelos grupos que as realizaram. Por isso, segundo os alunos, nada poderia ser concluído sobre as relações entre os fatores nelas envolvidos. Isso foi escrito de forma explícita nos seus relatórios de atividades.

CATE, do GRUPO 1 :

Atividade 1 : Nessa, não chegamos a conclusão nenhuma pois após termos discutido em grupo, ao vermos os resultados dos outros grupos que fizeram a mesma, não tivemos uma conclusão pois houve a variação das respostas, não podendo assim ter uma afirmação concreta.

Permitindo-nos um parêntese, vemos que a CATE, ao escrever, atenua consideravelmente sua postura acintosa e convicta acerca do resultado apresentado pelo seu grupo durante o PAINEL.

Em seguida, acrescenta seus comentários sobre a ATIVIDADE 2 :

Atividade 2 : Não chegaram a conclusão nenhuma pois os grupos que resolveram esta, tiveram resultados opostos, ...

A aluna NETA, do GRUPO 3, tenta propor uma saída para o impasse, apontando as divergências entre os grupos.

Com relação aos outros grupos eu acho que nós deveríamos fazermos juntos a atividade para ver onde está o erro porque houve diferença em alguns pontos como por exemplo na atividade nº 1 (Grupo 1 e 2), no grupo 1 o período de oscilação se manteve constante, já no 2 não se manteve totalmente constante.

RÊNIO, do GRUPO 4 :

Entre os resultados obtidos pelos grupos 4 e 6 que executaram a atividade 2, não podemos tirar nenhuma conclusão; isso porque o grupo 4 concluía que com a variação da massa o período de oscilação aumentava. Já o grupo 6 concluiu que com a variação da massa o período de oscilação diminuía.

Quanto aos "resultados" relativos à ATIVIDADE 1, confirma :

Não daria para dar uma conclusão concreta pois houve uma oposição de resultados entre os grupos ...

SIDO, do GRUPO 6 :

Nas outras atividades feitas por outros grupos, também acho que não dá para tirar nenhuma conclusão porque também os resultados encontrados foram diferentes.

LUCI, do GRUPO 7 :

A atividade nº 1 que foi realizada pelo grupo 1, 2 e 5 os resultados foram diferentes sem que conseguíssemos chegar a uma conclusão exata ...

.....
A atividade nº 2, a qual foi feita pelo grupo 4 e 6, também não nos permite chegar a uma conclusão exata, porque deu completamente o contrário ...

Vejamos agora como se pronunciaram sobre a impossibilidade de se estabelecer uma conclusão a respeito dos resultados da ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2, aqueles alunos que, concordando com a divergência, afirmavam que tais resultados eram diferentes porque os grupos as haviam realizado de maneiras diferentes.

NATI, do GRUPO 4 :

Não deu os mesmos resultados da mesma atividade desenvolvida pelo outro grupo. Seria erro ??? Podê até ser. Mas qual dos dois errados ??? Não sei, mas eu acho que pode ter influenciado o modo de achar os resultados porisso pode ser que os dois até estejam certos. É o que eu acho.

NATÁLIA, do GRUPO 5 :

Através de todos esses magníficos resultados não podemos dizer, que, porque um chegou a resultados diferentes um do outro grupo, isto não quer dizer que ele esteja certo ou errado.

Para a aluna MAIDÊ, do GRUPO 6, a maneira diferente recaí sobre o material utilizado pelos grupos que desenvolveram a ATIVIDADE 1 :

Observei que no grupo 1 foi feito o que pediu, MAS SA, período de osc., posições diferentes e eu acho que o resultado foi válido; e que; no segundo por ser material diferente, obteve apenas um resultado diferente, e que se os dois grupos fizessem novamente, eu acho que chegaria a uma resposta justa.

A aluna MENA, do GRUPO 7, procura se omitir de uma decisão própria acerca das divergências entre os grupos que de senvolveram a ATIVIDADE 1, deixando tal decisão para a professora.

Não direi que está errado, mas da mesma forma não posso dizer que está certo (ninguém pode dizer nada! A não ser a professora, certo?), posso dizer que esta diferença pode ter sido pelos instrumentos de medida (como sabemos a régua se com a fita métrica, não são iguais, por exemplo, o relógio um pode atrasar, outro adiantar), principalmente vendo que é mínima sua diferença. E colocando mais as anotações do grupo 5 piora a situação. Podemos ver que as amplitudes marcadas por eles são ainda mais diferentes. Mas não podemos dizer se foi uma coincidência, um erro, um acerto, um "chute", ou até mesmo uma diferença nos instrumentos de medida. Por isso não poderei (ninguém poderá) dar a conclusão certa ou possível de ser certa.

Tendo em vista que a dificuldade de se chegar a uma mesma conclusão sobre os fatores envolvidos na ATIVIDADE 1 e ATIVIDADE 2 residia na diversidade de tendências demonstradas pelos dados obtidos pelos diferentes grupos que a realizaram, alguns alunos sugeriram, nos seus relatórios, eliminar essa diversidade simplesmente unificando os grupos em torno da mesma atividade. Assim, no mesmo tempo que confirmam as divergências já apontadas, propõem fazê-las desaparecer transformando os vários grupos num só. Vamos ver como dizem isso.

NETA, do GRUPO 3 :

... proponho que os grupos que fizeram a mesma atividade façam novamente juntos a atividade e com ajuda dos professores cheguem a um mesmo resultado e conclusões definitivas.

ARIÊ, do GRUPO 4 :

Eu proporia que toda classe fizesse junto o exercicio e assim todos chegariam a uma conclusão.

JUNIOR, do GRUPO 5 :

O modo mais fácil seria todos os grupos fizessem tudo novamente, mas todos fazendo a mesma atividade, assim não poderia haver erro; e se houvesse os grupos poderiam saber o que teria acontecido.

CIDO, do GRUPO 6 :

... proponho que os grupos que tenham atividades iguais se reunissem para fazer novamente a atividade.

MAIDE, do GRUPO 6 :

Que tal se fizéssemos com que todos juntos vissem a atividade 1, 2 e 3 juntos, assim viríamos o erro e chegaríamos a uma conclusão.

SULA, do GRUPO 7 :

... teríamos que fazer todas as atividades de novo juntos com toda classe.

Poderíamos pensar que essas sugestões se refiram à tentativa de igualar os procedimentos ou de compensar os erros, já que, com a junção dos grupos, a possibilidade de detectar suas fontes deve aumentar. Contudo, faltam nessas sugestões os critérios para tanto. O fato de vários grupos, trabalhando numa mesma atividade, chegarem a uma mesma conclusão aumenta a sua credibilidade, mas não a destitui da possibilidade de ser falsa, caso não fixemos critérios que tentem sanar as divergências anteriores, tendo em vista os procedimentos e as fontes de erros que as constituíram.

Embora esses mesmos alunos tenham apontado anteriormente possíveis causas para as divergências entre os grupos, donde se poderia depreender tais critérios, não chegaram, entretanto, a incluí-los nas suas sugestões.

A propósito dessas divergências, das suas causas e da proposta para saná-las, em geral os alunos mantiveram as posições externadas durante o PAINEL, ao se referirem a elas nos seus relatórios de atividades.

Para alguns, a principal fonte de divergências entre os grupos residiu nos erros dos alunos, mantendo-se assim a posição anterior.

LURI, do GRUPO 2 :

Eu sugiro apenas que meu grupo refaça o exercício. Tenho dúvidas sobre o resultado.

NATÁLIA, do GRUPO 5 :

Também pode ocorrer de ambos terem calculados errado, medido alguma coisa a mais ou a menos, ou usado de início a régua e mais tarde a fita, tudo isto pode ser cálculos incompletos ???

GINA, do GRUPO 3 :

O que eu proponho é que se elabore novamente os grupos e as atividades sejam acompanhadas pela classe toda assim todos poderão ver os erros, as falhas, enfim nós relataríamos tudo novamente para ver onde e em que nós erramos e acertamos.

LUASE, do GRUPO 3 :

Observei que diferenças de 1 segundo nos resultados seja atribuída a quem fez a marcação.

Quanto à tentativa de caracterizar as limitações as sociadas aos instrumentos de medidas, independentemente dos erros dos alunos, essa passou a se fazer presente nos relatórios de atividades. Por vezes, nota-se a nítida influência das nossas explicações a respeito durante o PAINEL, quando, como em outros casos, não se verifica a simples distinção entre os erros dos alunos e aqueles possivelmente advindos dos instrumentos de medida.

O aluno RAZEM, do GRUPO 2, mostra o quanto nossas explicações interferiram na sua opinião :

O nosso munitor ... disse que estas diferenças podem ocorrer devido a diferentes objetos de medição usados. Disse também que nenhum instrumento tem exatamente as mesmas medidas. Duas régua, por exemplo, não tem exatamente as mesmas medidas, portanto numa medida grande, haverá uma grande diferença de tamanho.

Essa mesma influência demonstrada pelo aluno RÊNIO, do GRUPO 4 :

Essas foram as conclusões que eu pude tirar como explicou o nosso monitor, as diferenças ocorridas pode se dar pelas diferenças entre os aparelhos de medida.

Em alguns casos os alunos se limitam a apontar o

instrumento de medida como mais uma fonte de erros, além do próprio aluno.

CATE, do GRUPO 1 :

O que pode ter influenciado para que ocorresse erros nos cálculos:

- Instrumentos de medida
- O tempo e outros métodos

Chegamos também à conclusão de que a variação dos instrumentos utilizados por cada grupo, ou até mesmo o erro do experimentador, tenha influenciado.

Em seguida, propõe :

A única maneira a meu ver, de chegar a uma conclusão definitiva, é de calcular novamente, sem trocar os instrumentos de medida e com muita atenção.

A aluna SISA, do GRUPO 6, refere-se às diferentes conclusões a que chegaram seu grupo e o GRUPO 4 :

Diremos então que o resultado de um foi completamente inverso do outro, podendo ter sido causado por medidas erradas (o modo de medir), ou até mesmo mudança de materiais, que com isto iria modificar todas as medidas.

CIRA, do GRUPO 3 :

Não podemos confirmar que estes resultados obtidos estejam corretos pois poderíamos ter errado ao medir o comprimento ou até mesmo o relógio poderia adiantar ou atrasar.

O número de oscilações também é apontado como fonte de erros, entre outros, pelas alunas SILA, do GRUPO 1 e ARIÊ, do GRUPO 4.

SILA, do GRUPO 1 :

Bem eu acho que erramos em :

- . Contar 5 oscilações.
- . Na medida da amplitude
- . e talvez no período.

Logo a seguir, propõe :

Ao invés de contar 5, 10 oscilações contaria 2 ou 3 oscilações.

ARIÉ, do GRUPO 4 quando tenta explicar as divergências entre o resultado do seu grupo e o do GRUPO 6 :

... talvez porque eles tenham feito em 1 oscilação e a gente em 5 oscilações.

Sem deixar de apontar o aluno como fonte de erros o SIDO e a MAIDE do GRUPO 6, especificam em que eles acreditam ter errado : ao repetir as medidas do período várias vezes. Vejamos como eles dizem isso :

MAIDE :

No nosso grupo, acho que o erro foi que, com o tempo curto, ter feito apenas 3 a 4 vezes para a marcação do tempo.

SIDO :

Esta conclusão pode estar errada porque no processo que usamos para fazer a atividade poderíamos ter errado. Por exemplo: para medir o tempo de oscilação nós soltávamos o pêndulo três vezes. Se nesta três vezes repetia o tempo de uma oscilação nós colocávamos como resultado o qual que havia repetido. Mas se nestas três vezes não repetisse, nós soltávamos o pêndulo novamente até que repetisse o tempo de uma oscilação. Isso poderia ter ocasionado um erro.

Pudemos notar, portanto, ligeiras alterações nos relatórios de atividades em relação àquelas manifestações dos alunos durante as discussões dos temas sugeridos, a partir da tentativa do estabelecimento de conclusões acerca dos fatores considerados, envolvidos nas diferentes atividades.

A conclusão relativa à ATIVIDADE 3, de que o período aumenta com o comprimento do pêndulo — a princípio isenta de contestações, já que os grupos que a realizaram haviam chegado à mesma tendência, embora mantida nos relatórios — foi, no entanto, alvo de dúvidas por parte de alguns alunos, dado o fato de termos salientado certas incongruências, aparentes ou não, referentes aos dados apresentados durante o PAINEL.

No que se refere às causas das divergências entre os grupos que desenvolveram as demais atividades, o aluno continuou sendo, como vimos, a fonte de erros mais frequentemente apontada. Mas os instrumentos de medidas e outros materiais

deixaram, para alguns, de se incluir na mesma categoria, passando a ocupar um lugar mais apropriado a uma limitação do processo de medir. Entretanto, ainda aí, pudemos detectar, às vezes até de forma explícita a influência de nossas explicações a respeito, o que não nos garante o desprendimento total do aluno como fonte de *erros*.

Quanto aos erros nos procedimentos, dois alunos chegaram a expor que uma possível fonte estaria no modo com que escolhiam os valores das medidas feitas, o que amplia os critérios implícitos nas suas manifestações, a fim de sanar as divergências encontradas.

A opção por determinar o número de oscilações a serem contadas na medida do período por parte de duas alunas não desfaz o impasse original entre rapidez do movimento do pêndulo e a sua variação de amplitude, mas tão somente demonstra posições assumidas frente a eles.

No mais, podemos dizer que os critérios que emergiram das fontes de divergências apontadas se mantiveram, salvo algumas manifestações particulares deste ou daquele aluno sobre este ou aquele aspecto, tanto quanto pudemos depreender. A saber : *cuidados nas medidas*, uso de pêndulos iguais e identificação de procedimentos, tendo em vista que, para alguns, procedimentos diferentes implicam em *resultados* diferentes, apesar da evidência contrária por parte dos grupos que desenvolveram a ATIVIDADE 3.

Dadas as manifestações individuais, a esses critérios acrescentamos : a adoção de instrumentos de medidas mais precisos (régua e relógio, principalmente) e a escolha adequada (ainda que não explicitada) dos valores das medidas feitas.

Dessa forma, a noção de erro experimental para os alunos tomados como um todo começou a integrar alguns de seus elementos além do "experimentador" : instrumentos de medidas, procedimentos, "materiais" etc.... Todavia, se distanciava ainda, com exceção de alguns alunos, do seu caráter fortuito e probabilístico que integra esses elementos. Daí o prevalecimento, na prática, do critério da concordância entre os grupos para validar as tendências e regularidades, o que implica mais em tentar negar o erro inerente às medidas do que em tentar

neutralizá-lo por um processo de compensação.

d) - *métrica da regularidade*

Considerando-se estabelecida a relação qualitativa de que o período do pêndulo aumenta com o seu comprimento, procuramos introduzir a necessidade de quantificar essa relação. Pretendíamos saber quais as sugestões de que os alunos dispunham para tanto.

Iniciamos por perguntar o período de um pêndulo, da queles usados por eles, porém com um comprimento, digamos, de 100 m.

Não havendo manifestações espontâneas, passamos a perguntar a cada um individualmente.

A aluna MARGOM do GRUPO 1 arriscou : *Sei lá ... uma hora ?*.

- A aluna CIRA do GRUPO 3 avaliou : *... uns quinze minutos*.

— Por que quinze minutos — perguntamos.

— *Mais ou menos ... chutei !* — respondeu a CIRA.

O aluno RAZEM afirmou : *... a gente tem que fazer (a experiência)*.

"Mas ... como podemos saber, antes de fazer a expe riência, o período de um pêndulo de 100 m de comprimento ou com outra medida qualquer ?" — reolocamos a pergunta e completamos : *... é possível saber isso ?*".

Alguns alunos disseram ao mesmo tempo que sim e a aluna CIRA se antecipou sugerindo : *... a gente faz a escala*.

A proposta da CIRA soou como uma descoberta para os demais.

A princípio entendemos que o termo *escala* se refe risse a algo semelhante a um gráfico. No entanto, logo a seguir a CIRA nos explicou, com um exemplo, que estava se referindo à regra de três simples. Seu exemplo foi o seguinte : *... para o comprimento de 30 cm, por exemplo, o período acha do foi de 1,5 segundos; para o comprimento de 60 cm deveria ser x ... (regra de três) ... x igual a 3 segundos*.

Note-se que ela escolheu como valores para o comprimento do pêndulo dois daqueles adotados no seu grupo e cujos períodos não correspondiam a uma proporcionalidade nos termos de uma regra de três, visto que para o comprimento de 60 cm o período obtido foi de "2 seg".

Apontamos essa incongruência, o que fez com que ela e os demais que acreditavam na sua sugestão se mostrassem um tanto surpresos.

Poderiam voltar a argumentar que os dados do seu grupo estavam acrescidos de *ERROS*, mas não o fizeram.

Na verdade, parecia haver dois momentos distintos, designados à relação entre o período e o comprimento do pêndulo.

O primeiro, afeito à relação qualitativa entre esses dois fatores. Essa tendo surgido a partir da concordância entre o GRUPO 3 e o GRUPO 7 de que à medida que o comprimento (do fio) do pêndulo aumenta, seu período também aumenta. Seria uma conclusão advinda da própria experiência.

O segundo momento se originou da nossa proposta de quantificação ou metrificacão dessa relação. Para essa, adotaram um outro expediente disponível : a regra de três.

Regra de três aqui entendida não como um esquema de proporcionalidade, mas como um esquema que é colocado em funcionamento sempre que se está determinado a encontrar o valor de um quarto termo desconhecido, conforme a montagem :

$$\begin{cases} A \text{ corresponde a } B \\ C \text{ corresponde a... } x \end{cases}$$

Ora, eles não conheciam a relação entre o período e o comprimento do pêndulo. Sendo assim a tentativa de metrificacão dessa relação deveria partir dos próprios dados obtidos, nem que isso significasse repetir a ATIVIDADE 3 adotando os critérios implicitamente estabelecidos nas discussões anteriores.

Nesse sentido, a proposta de se *fazer a escala* introduz um esquema estranho aos dados disponíveis. Principalmente pelo fato deles não indicarem uma relação sequer próxima do esquema sugerido para se avaliar o período de um pêndulo com comprimento conhecido.

Poderíamos pensar que o fato de eliminarmos a pos

sibilidade de experiência para essa avaliação, quando da sugestão do aluno RAZEM, teria induzido os alunos a darem uma resposta ou um palpite sobre a pergunta feita. Contudo, nossa condição não os obrigava a se afastarem dos dados disponíveis. Ademais, por que teriam se mostrado tão satisfeitos com a lembrança da aluna CIRA referente à regra de três simples? Poderiam ter respondido que, sem a experiência, era impossível descobrir-se o valor do período.

Mas, de um conjunto de possibilidades a escala apareceu como a alternativa mais viável, embora estranha ao fenômeno em questão. O que nos indica ser um esquema pronto para ser disparado numa situação que lhes parecesse conveniente. Foi o caso da tentativa de metrificação da relação entre o período e o comprimento do pêndulo.

Assim, segundo os alunos havia duas alternativas para a determinação do período de um pêndulo com comprimento conhecido: a experiência, isto é, a medida do período para esse comprimento, ou a regra de três.

e) - algumas considerações

No que se refere ao estabelecimento das regularidades possíveis aqui envolvidas, podemos dizer que não ultrapassamos o nível qualitativo das suas relações no contexto de análise de dados, adicionada à experiência anterior advinda da obtenção dos mesmos. Isto porque a metrificação da relação mais evidente para os alunos estava condicionada, até onde pudemos averiguar, ao esquema envolvido na regra de três, com tendências a ser adotado em qualquer relação aventada apesar da possibilidade de envolver outros tipos de proporcionalidade.

Por outro lado, a possibilidade do estabelecimento das regularidades ficou restrita, nesse contexto, à concordância entre tendências apresentadas por diferentes grupos. Nos casos de discordância — com exceção daqueles alunos que acreditavam ser possível tendências diferentes, justificadas pelos diferentes procedimentos adotados pelos grupos — para os demais, essa discordância era atribuída a erros, o que implica na "crença" de uma única relação possível. Para estes, a proposta para sanar esses erros recaía no maior cuidado com as me-

didias, instrumentos mais precisos, igualdade de procedimentos etc..., mas não consideravam que uma terceira ou quarta tendência seria mais uma dentre as outras anteriores. Qual então, o critério para validar uma das tendências obtidas? Provavelmente aceitar aquela advinda da obtenção de dados concordantes com essa proposta. Mas, por que razão desprezar as tendências anteriormente obtidas?

O problema aqui constituído não é outro senão o mesmo afeito à escolha dos valores obtidos frente à repetição de medidas ou aquele advindo da restrição às tendências que não provinham da concordância entre grupos, ou seja, o de relativizar as ocorrências frente a um conjunto de possibilidades e dar a elas o caráter de mais provável. Esse era o fator que faltava na solução do problema da escolha de uma ou várias oscilações para a medida do período do pêndulo. Na verdade, o impasse não se situava no número de oscilações a adotar, mas, num caso e no outro, na relativização das medidas feitas, tendo em vista as limitações alternativas por eles apontadas: ou a rapidez do movimento ou a variação da amplitude, isto é, o caráter dinâmico do fenômeno.

Se essa característica impôs limitações ao conhecimento do pêndulo, quanto às ações específicas dos seus fatores, uns sobre os outros, é também verdade que a identificação dos problemas delas decorrentes levaram os alunos a ampliarem seu campo de ação sobre o fenômeno. Esses problemas, que já havíamos detectado de diferentes formas durante a primeira fase dos trabalhos, pareciam estar solucionados para alguns grupos a partir das decisões tomadas na coleta de dados. O PAINEL que a princípio representava um outro nível para o estudo em questão, recoloca esses problemas num novo contexto, o que leva os alunos, como vimos nos seus Relatórios de Atividades, a retomarem as considerações sobre suas decisões acerca dos procedimentos, aparentemente já assentadas.

PARTE III

NATUREZA DA MEDIDA E QUESTÕES PEDAGÓGICAS

Apresentamos até aqui as principais manifestações e condutas exibidas pelos alunos junto aos quais trabalhamos em três situações distintas. Na realização das três atividades propostas referentes ao estudo do movimento do pêndulo, nas discussões de PAINEL — circunscritas à análise dos dados, com vistas à possibilidade de estabelecimento de regularidades de correntes dos mesmos — e nos Relatórios de Atividades individuais visando propósitos semelhantes.

Nossas interpretações sobre essas manifestações e condutas nos possibilitaram o assentamento de algumas conclusões parciais sobre os procedimentos específicos adotados pelos diferentes grupos no que se refere às tendências de medidas de tempo efetuadas. Por intermédio desses procedimentos, das discussões de PAINEL e de seus Relatórios de Atividades, pudemos depreender suas concepções acerca da dinâmica do fenômeno em estudo e de erro experimental bem como de que maneira esses aspectos os levaram a estabelecer regularidades que envolvessem os fatores em jogo, ou os impediram de fazê-lo.

Com esses elementos, podemos agora retomar o problema que nos motivou a este estudo, ou seja, o da possibilidade ou não de se estabelecer padrões ou modelos de condutas que envolvam o processo segundo o qual os alunos, partindo das nossas solicitações e das observações do movimento do pêndulo, atingem possíveis regularidades entre seus fatores, mesmo que não chegassem a uma dependência funcional explícita ou a uma lei.

Porém, antes de retomarmos esse problema procuraremos identificar quais as razões que teriam levado os alunos a tomarem diferentes decisões no tocante aos seus procedimentos de medida tendo em vista, por um lado, as características específicas do fenômeno em questão e, por outro, suas concepções acerca dessas características, para que, também a esse nível, possamos estabelecer semelhanças entre os grupos que nos indicam os citados padrões de condutas.

Isso nos levará ao tratamento da natureza da medida envolvida no estudo do pêndulo tal como o propusemos aos alunos, seja aquela que guarda possibilidades de relacionar os fatores em jogo, dada a sua procedência, seja aquela busca da pelos alunos a partir de suas concepções sobre as ações desses fatores uns sobre os outros.

Estes serão, pois, os assuntos abordados no CAPÍTULO VI que se segue.

Nas nossas considerações finais procuraremos apontar algumas questões de ordem pedagógica que se seguem às conclusões que pudemos tirar quanto ao problema dos padrões de condutas possíveis no processo de estabelecimento de regularidades por parte dos alunos com os quais trabalhamos.

CAPÍTULO VI

A NATUREZA DA MEDIDA

Durante o PAINEL tivemos oportunidade de verificar que os alunos de uma maneira geral já haviam depreendido as características gerais e específicas das três atividades propostas quando foram solicitados a apontar as semelhanças e diferenças entre elas. Na oportunidade, ficou assentado que em cada uma dessas atividades era solicitado que os alunos variassem apenas um dos fatores que compunham o movimento do pêndulo (amplitude, massa ou comprimento) e medissem o seu período de oscilação para cada variação efetuada.

Assim, os textos contidos na Folha de Atividades propunham uma organização inicial para que os alunos trabalhassem, sem contudo especificar uma técnica para a medida do período. Além de se decidirem pelos valores do comprimento, peso ou massa, amplitude e posição de largada que seriam previamente determinados, restava a escolha dos procedimentos específicos de medida do período de oscilação do pêndulo, tendo em vista a forma como relacionariam entre si os fatores em jogo.

Sobre a medida do período, até o início das atividades, os alunos dispunham apenas da informação de que o mesmo correspondia ao tempo relativo a uma oscilação - completa do pêndulo. Como tivemos oportunidade de constatar, todos os grupos tentaram inicialmente medir o período do pêndulo, avaliando o tempo de uma única oscilação, o que nos levou a depreender que essa informação foi tomada por eles, a princípio, como uma técnica padrão de medida, vindo posteriormente a ser alterada por razões específicas de cada um deles.

Podemos dizer, por outro lado, que não teria sido essa organização inicial, disponível aos alunos em cada uma das atividades propostas, a responsável pelo envolvimento deles nos trabalhos a realizar. Na verdade esse envolvimento partiu da própria situação de sala de aula que, independentemente daquilo que era para ser feito, favorecia, por si só, um contexto de trabalho a realizar. A essa situação acrescenta

mos a expectativa que os alunos mantinham permanentemente em relação às atividades que vínhamos propondo a eles, dado o caráter pouco convencional que nesse contexto de trabalho se criava.

A característica fundamental dessa organização inicial era a de orientar os alunos no controle das variáveis envolvidas. Todavia essa orientação não previa todos os procedimentos necessários para tanto, segundo os alunos. Isto porque, em primeiro lugar, ela não explicitava as ações dos fatores em jogo, uns sobre os outros, ou seja, as razões que poderiam justificá-la. Estas ficariam a cargo, quando fosse o caso, dos próprios alunos. Em segundo lugar porque, como tivemos oportunidade de constatar, o controle das variáveis amplitude, massa e comprimento, implícito nas solicitações contidas nas três atividades não chegou a figurar, no início dos trabalhos, como um procedimento intencional por parte dos alunos. Nas primeiras tentativas experimentais, indiferenciadamente os alunos preocupavam-se em medir o período do pêndulo sem ainda pretender variar qualquer um desses três fatores, muito embora, alguns, por se decidirem pela realização da ATIVIDADE 2, se interessassem em saber quantos frascos diferentes deveriam escolher. Mas esse interesse, podemos dizer, estava mais voltado à solicitação da própria atividade em variar a massa do pêndulo do que em controlar experimental e intencionalmente essa variável.

Para o efetivo controle dos fatores que compunham o movimento do pêndulo os alunos teriam antes que se defrontar com duas características essenciais desse fenômeno envolvidas com as atividades em questão. Primeiro, a de que a amplitude do pêndulo diminuía ao longo das suas sucessivas oscilações e de que essa variação não apresentava valores iguais para iguais intervalos de tempo, ou seja, a cada meia-oscilação o pêndulo apresentava uma amplitude menor, porém a variação de uma para outra não se mantinha constante. Segundo, a de que a grandeza dessa variação a cada oscilação dependia dos demais fatores, isto é, diminuía com o aumento do comprimento ou da massa do pêndulo e aumentava com o aumento da sua amplitude inicial ou da posição de largada.

Dessas características dinâmicas do movimento do pêndulo, passíveis de serem constatadas pelos alunos, restou

um problema por eles concebido. Por um lado, a expectativa de adotarem um valor fixo para a amplitude a cada medida do período, independentemente da atividade a desenvolver e, por outro lado, a constatação do fato de que essa amplitude variava durante o movimento do pêndulo.

Quanto à expectativa de adotarem um valor fixo para a amplitude, esta teria provindo de duas fontes : a pressuposição que manifestaram de que a variação da amplitude interferiria no período a ser medido e o esquema de medida, já adquirido, de que esta só seria possível quando o fator a ser medido não variasse.

A constatação dessa variação ocorreu desde a observação do pêndulo exposto, no início da proposta das atividades, para ilustrar as instruções de montagem, quando a CATE manifestou a todos estar ciente da mesma, até a tentativa de medirem o período onde notavam a variação da amplitude, a partir da posição de largada, mesmo para uma única oscilação.

Assim, o problema constituído pelos alunos reclamava por uma solução ao nível das medidas a efetuar. Não se tratava, no entanto, da aplicação de uma técnica de medida conhecida a uma situação inusitada, mas da constituição de procedimentos específicos tendo em vista o problema presente. Com isso, o controle de variáveis subjacentes à organização inicial contida nas atividades propostas deixou de figurar como o procedimento central dos trabalhos dos alunos, dando lugar à necessidade de constituírem seus próprios procedimentos, circunstanciados pelas suas pressuposições e provas acerca das relações entre os fatores que compunham, segundo eles, o movimento do pêndulo.

Nesse sentido, as decisões relativas às medidas do período passariam a revelar como os alunos, de fato, relacionavam entre si esses fatores, elegendo-os ou não como variáveis, com vistas a atingir os seus propósitos. Dito de outra maneira, o controle de variáveis não estaria mais condicionado pelas solicitações das atividades conforme foram propostas inicialmente, as quais chamamos de organização inicial, mas estaria agora circunstanciado pela tentativa de solucionar um problema de medida, derivado da característica dinâmica do fenômeno em estudo e concebido pelos alunos, cujo processo de solu

ção, permeado pelos seus procedimentos específicos, implicaria nas suas concepções ou constatações acerca das possíveis relações entre os fatores em jogo.

Com essas considerações, podemos justificar, agora, o tratamento que demos às manifestações e condutas exibidas pelos diferentes grupos no desenvolvimento das suas atividades, visto que de uma ou de outra forma seus procedimentos estavam envolvidos com um problema de medida e como tal, deveriam ser interpretados.

Entretanto, como pudemos constatar, o encaminhamento dado a esse problema não foi o mesmo para os diferentes grupos. As concepções próprias de grupos ou alunos adicionadas aos seus propósitos circunstanciados pelo tipo de atividade a realizar ou a um possível resultado momentaneamente desejado, originaram para cada um deles novos problemas a solucionar, que se diferenciaram entre si, guardando, porém, a identidade da medida do período do pêndulo, circunscrita àquelas características dinâmicas do seu movimento.

É importante salientar aqui que, se os alunos não pressupusessem a interferência da variação da amplitude sobre o período do pêndulo, o problema da medida se reduziria em, por um lado, admitirem somente um valor fixo para a variável a ser medida e, por outro, a constatação da sua variação. Nesse caso, a relação entre o período e os demais fatores adviria da constatação dos dados obtidos a partir das suas medidas, em cada uma das atividades, garantidas pela organização inicial a que nos referimos.

Todavia a pressuposição da ação da variação da amplitude sobre o período, combinada às possíveis ações de outros fatores sobre essa variação — como a massa ou o peso, a posição de largada, o número de oscilações, o *chaqualhar* e a própria amplitude, apontados pelos diferentes grupos — não poderia resultar em procedimentos limitados pelas nossas orientações iniciais, dado que tais combinações os levariam a problemas específicos, envolvendo fatores e relações possíveis, sequer previstas em tais orientações. Também não estava prevista a limitação que a maior parte dos alunos identificaria, associada à rapidez do movimento do pêndulo durante uma única oscilação, que para alguns precedeu e para outros sucedeu ao problema original da medida do período tendo em vista a varia

ção da amplitude. A essa limitação, como vimos, seguiu-se uma orientação nossa praticamente instrucional de se posicionarem de uma maneira mais adequada para manipularem o pêndulo, o que possibilitaria trabalharem com comprimentos maiores do seu fio. Mas isso não os levou a superar tal limitação, uma vez que o movimento do pêndulo durante uma oscilação, ainda que com comprimentos maiores do fio, não resultou em intervalos de tempo suficientemente grandes para deixarem de ser referidos como *muito rápido*. Mesmo a sugestão posterior de que contassem várias oscilações, ao invés de uma, não foi adotada por todos, e, para aqueles que a aceitaram, vimos que o fizeram por razões diferentes.

Tomando-se agora a pressuposição da interferência da variação da amplitude sobre o período, a limitação associada à contagem de uma única oscilação e a característica dinâmica do fenômeno do movimento do pêndulo, o problema concebido pelos alunos se redimensiona devido à natureza da medida a efetuar.

Se os alunos admitissem que o tempo relativo a cada oscilação do pêndulo fosse o mesmo para qualquer amplitude, a medida do período poderia ficar restrita a um tipo de medida semelhante à de uma escala de razão. Embora a amplitude variasse durante o seu movimento, o tempo relativo a cada oscilação deveria se manter o mesmo. Em sendo assim, a cada oscilação poderíamos fazer corresponder uma unidade métrica de tempo, o que nos permitiria deslocar uma oscilação do pêndulo partindo da amplitude, digamos, de 10° para uma oscilação partindo, digamos, de 80° . Nos dois casos a variação da amplitude não é a mesma, mas a igualdade de tempo entre uma e outra nos permitiria esse deslocamento e os alunos poderiam operar numa escala de razão, que consiste na medida convencional (absoluta), a qual admite um zero absoluto, uma ordem e intervalos iguais intercambiáveis. Se assim fosse, o problema só viria a se constituir quando os alunos depreendessem ou tomassem conhecimento que o período varia com a amplitude, para valores desta entre 0° e 90° .

Por outro lado, se os alunos não se defrontassem com a limitação associada à contagem de uma única oscilação, o que ocorreria, por exemplo, se comesçassem a trabalhar com comprimentos para o pêndulo superiores a 1,0 m, eles poderiam

eventualmente manter esse padrão de procedimento. Isto porque para comprimentos maiores o tempo relativo a cada oscilação tenderia a aumentar não apresentando, assim, a limitação afeita à rapidez do movimento. Além disso, com tais comprimentos para o pêndulo a variação da amplitude, em certos casos, poderia se tornar imperceptível para os alunos e aí nem mesmo o problema relativo a essa variação poderia aparecer.

No caso, no entanto, dos alunos perceberem essa pequena variação, embora o tempo relativo a cada oscilação fosse diferente para uma e outra, essas diferenças poderiam, numa primeira instância, ser atribuídas a erros experimentais, considerando que estivessem ainda adotando uma única oscilação para a medida do período. Desta forma os alunos poderiam estar trabalhando numa escala de razão ou com a medida absoluta do período, visto que a unidade de medida, ao invés da oscilação, poderia ser a própria unidade de tempo. Seria o mesmo que medir diferentes intervalos de tempo com uma escala de razão de finida, como é garantida pelos relógios.

Para esse conjunto de procedimentos, no entanto, os erros experimentais deveriam ser compreendidos pelos alunos, em primeiro lugar, como resultantes da interação entre suas operações de medida, os instrumentos de medida e as características do fenômeno em estudo. Porém, como pudemos constatar durante as discussões do PAINEL e por intermédio de seus Relatórios de Atividades, os alunos separavam esses três elementos; atribuíam os erros de medida, em certos casos, a eles próprios, em outros, aos instrumentos de medida e, finalmente, em separado, à característica dinâmica do movimento, que passou a ser identificada como fonte de erro, de onde se originou o impasse em se adotar a contagem de uma ou várias oscilações.

Em segundo lugar, para que a variação da amplitude eventualmente percebida pelos alunos, se situasse no âmbito dos erros experimentais, ela deveria ser considerada desprezível, tendo em vista a variação de outros fatores como a amplitude, a massa e o próprio comprimento do pêndulo. Ora, considerando-se que a ação do fator massa sobre o período decorre exatamente da variação da amplitude, que a ação da amplitude em si está implícita nessa variação e que estamos, ainda, nos circuncrevendo àqueles casos em que os alunos estivessem trabalhando com amplitudes relativamente baixas — o que tornaria a dimi

nuição da amplitude praticamente imperceptível — as interfe
rências em separado desses três fatores sobre o período, do
ponto de vista quantitativo, acham-se muito próximas. Assim,
considerar como desprezíveis os valores da variação da amplitu
de, mesmo durante uma única oscilação, implicaria em saber so
bre a ordem de grandeza da influência de cada um desses fato
res em particular sobre o período. Isso demandaria o conheci
mento prévio da relação métrica entre cada um deles e o perí
odo — conhecimento esse que os alunos não possuíam — ou, pelo
menos, o estudo dessas relações por parte desses alunos que re
tomaria, agora, as três atividades dentro de uma nova proble
mática.

Portanto, a atribuição de erro experimental à peque
na variação da amplitude possivelmente observada pelos alunos
decorreria de conhecimentos prévios acerca da relação entre es
ses fatores em jogo ou de um estudo dessa relação que, como ve
remos mais adiante, deve implicar no abandono de uma escala de
razão para as medidas a efetuar. Só essas duas possibilidades
já solicitariam dos alunos que as características dinâmicas do
fenômeno não fossem tomadas como fonte de erros para os seus
propósitos, mas como inerentes a esse próprio fenômeno e como
tais deveriam ser estudadas. Ademais o erro experimental,
aí, adquiriria uma conotação específica, proveniente da vir
tual inoperância do fator variação da amplitude, em relação aos
outros fatores. Mas não podemos nos esquecer que ele também
decorre da própria técnica de medida onde se acentua o papel
da interação entre o experimentador e os instrumentos de me
dida. Lembremos que a precisão de uma medida não é garantida
somente pelas características do instrumento disponível, mas
sobretudo pela habilidade e capacidade do experimentador em
utilizá-lo levando em consideração tais características.

Vemos, pois, que mesmo trabalhando com amplitudes
relativamente baixas, onde os alunos poderiam classificar as
pequenas variações de amplitude na categoria de erros experi
mentais, eles se defrontariam com novos problemas que retoma
riam o estudo das relações entre os diferentes fatores como um
todo, aparentemente compartimentalizado inicialmente pelas ati
vidades propostas. Essa situação remeteria infalivelmente os
alunos a trabalharem com amplitudes maiores para que pudessem
amplificar as diferenças relativas à ação da amplitude, ou da

massa ou, ainda, do comprimento sobre o tempo de cada oscilação e sobre a variação da amplitude. Isto porque deveriam discriminar a influência da variação da amplitude, hipoteticamente desprezível, do erro experimental advindo da técnica de medida utilizada. Nesse caso, como veremos, a possibilidade ou não da adoção de uma escala de razão ou da medida absoluta voltaria à questão.

Numa segunda instância, admitindo-se ainda que as pequenas variações de amplitude fossem percebidas pelos alunos, mesmo trabalhando com comprimentos para o pêndulo superiores a 1,0 m e dentro de uma faixa de amplitude relativamente pequena, poderíamos admitir um outro conjunto de procedimentos que não aqueles decorrentes das atribuições dessas variações a erros experimentais. Seria o caso dos alunos não conseguirem diferenciar essas pequenas variações ao adotarem amplitudes, massas ou mesmo comprimentos diversos. Ou seja, para as posições de largada correspondentes a amplitudes iniciais relativamente baixas, poderiam convir que as pequenas variações de amplitude tivessem o mesmo valor independentemente dos demais fatores.

Esse procedimento equivaleria a neutralizar a variação da amplitude dado que ela passaria a ser supostamente igual para todas as variações efetuadas com os demais fatores, devido à dificuldade de se perceber diferenças nessas variações. Como dissemos, não se trataria de atribuir a essas diferenças um erro experimental, mas, por não poderem discriminá-las, passariam, ainda que de forma não intencional, a uma operação de neutralização do fator variação da amplitude. Seria, pois, um procedimento que, como no caso anterior, possibilitaria que os alunos trabalhassem dentro de uma escala de razão onde a unidade de medida seria a mesma fornecida pelos relógios convencionais.

Todavia, tanto na atribuição da pequena variação da amplitude a um erro experimental quanto na neutralização não intencional desse fator, os procedimentos decorrentes ficariam restritos à adoção do padrão de uma única oscilação e de amplitudes relativamente baixas. No que se refere ao primeiro caso, já tivemos oportunidade de verificar que, a menos que os alunos tivessem um conhecimento prévio da relação entre os fatores em jogo — o que não tinham — eles deveriam fundamentar

a equivalência entre a tal variação e o erro experimental adotando infalivelmente amplitudes maiores. E isso, sem dúvida, os levaria a retomar implicitamente o problema de medida tendo em vista a possibilidade ou não de buscarem a medida absoluta para o período do pêndulo. No segundo caso, a restrição a baixas amplitudes limitaria o estudo da interferência dos diferentes fatores sobre o período ou mesmo sobre a própria variação da amplitude a essa faixa de valores. A tentativa de ampliar esse estudo como no primeiro caso faria com que os alunos retomassem o problema da medida nos termos já expostos por nós.

Tomemos agora, separadamente, a adoção da contagem de uma única oscilação para a medida do tempo, com comprimentos do fio do pêndulo inferiores a aproximadamente 80 cm, como permitia, em princípio, o material, e consideremos a possibilidade dos alunos não virem a se defrontar com a limitação da rapidez do seu movimento dentro dessas condições. A alternativa que restaria para que eles pudessem trabalhar dentro de uma escala de razão para suas medidas, ainda que de maneira restrita, seria a de operarem com amplitudes iniciais bem pequenas como as de 5° — faixa em que o pêndulo simples é convencionalmente estudado no 2º grau de escolaridade, na qual podem ser desprezadas com sucesso as influências dos fatores massa e, obviamente, amplitude sobre o período, restando, apenas para comprovação, a relação entre este último fator e o comprimento. Nessas situações a variação da amplitude é igualmente imperceptível, mesmo quando adotamos o procedimento da contagem de várias oscilações.

Se tal procedimento fosse adotado desde o início, sem a limitação relativa à rapidez referida durante uma única oscilação, repetimos, poderíamos dizer que para variações de massa ou comprimento a diminuição da amplitude se igualaria por ser quase imperceptível para qualquer conjunto de fatores, principalmente sendo avaliada pelo ângulo como faziam os alunos e não pelo deslocamento do pêndulo.

Caso os alunos assim interpretassem seus procedimentos, poderíamos dizer que aqui também estariam neutralizando a variação da amplitude, o que, como já dissemos, lhes permitiria a opção da medida absoluta do período. Porém, se os alunos interpretassem de maneira diferente, supondo que, embora quase imperceptível, a variação da amplitude não fosse a mes

ma — para diferentes situações que envolvam mudanças nos valores da massa e do comprimento do pêndulo — a operação de neutralização desse fator já não seria possível, a menos que resolvessem intencionalmente igualar tal variação para cada valor adotado de massa e comprimento. Isto seria praticamente impossível nas condições experimentais e materiais disponíveis, dadas as suas limitações impostas.

Neste último caso, restaria como opção a negação desse fator para a aceitação da medida absoluta, mas não plenamente, pois a variação da amplitude, e não mais a amplitude como no caso da neutralização, seria o fator a ser medido. Dado que este fator deveria ser tomado como dependente da massa e do comprimento, conforme a suposição dos alunos, eles já não possuiriam, dessa forma, uma unidade a igualar passível de deslocamento em relação à escala de amplitude, daí não poderem operar dentro de uma escala de razão. A aceitação da medida absoluta, no caso da negação do fator variação da amplitude, poderia ficar na conta da desconsideração desses aspectos por parte dos alunos, todavia não poderia envolver, como vimos, a igualdade dessa variação para as diferentes situações.

Os componentes do GRUPO 6 que adotaram o procedimento da contagem de uma única oscilação e posição de largada de 5° , não chegaram a supor que as variações da amplitude, — que segundo eles, *quase não dava para ver* — fossem diferentes para diferentes massas escolhidas para o pêndulo. Apenas chegaram a constatar que essas variações eram tanto menores quanto menores fossem as amplitudes em que o pêndulo oscilava. Sendo assim, podemos dizer que, para eles, admitindo a igualdade entre as variações da amplitude referidas às diferentes massas adotadas, esse fator teria sido neutralizado. Nesse sentido, como já consideramos anteriormente, a unidade de tempo garante a escala de razão e, portanto, a aceitação da medida absoluta do período para esses alunos.

Entretanto, a partir do instante em que viessem a constatar que as variações da amplitude também são diferentes para as diferentes massas do pêndulo, esse procedimento precisaria ser revisto e a aceitação da medida absoluta voltaria à questão. Poderiam, ainda, atribuir essas pequenas variações a erros experimentais, considerando-as desprezíveis, mas recairiam na problemática que já apontamos relativa a essa possibi

lidade. Neutralizar essas variações de uma para outra massa, adotando amplitudes iniciais de 5° tornar-se-ia praticamente impossível devido, repetimos, às limitações impostas pelas condições experimentais e materiais disponíveis. Para tanto, precisariam adotar amplitudes iniciais bem superiores a 5° , onde poderiam detectar valores nas variações da amplitude que lhes permitiriam igualar com outras. Isso os levaria à contagem de várias oscilações e não de uma única como vinham fazendo. Contudo, nesses casos, como já antecipamos, a medida do período do pêndulo não poderia ser tomada como absoluta dado que esse tempo variaria de oscilação para oscilação, o que não nos permitiria interpretar essa medida como advinda de uma escala de razão.

Num outro contexto, ocorreu com o GRUPO 3 algo semelhante ao que ocorreu com o GRUPO 6 no que se refere à aceitação da medida absoluta. As alunas do GRUPO 3 adotaram a contagem de uma única oscilação e a posição de largada de 70° sem sequer imaginar que a variação da amplitude fosse diferente para cada comprimento do pêndulo por elas escolhido, embora admitissem que tal fator tinha influência sobre o período. Por isso, para cada medida de tempo, simplesmente negaram o fator variação da amplitude deixando, assim, de fazer parte das suas considerações. Deste modo, para essas alunas, a aceitação da medida absoluta se deveu ao fato de não chegarem a supor a concomitância do fator comprimento e do fator variação da amplitude e suas ações sobre o tempo de cada oscilação, ou seja, tomaram cada oscilação como uma grandeza a ser medida de forma convencional.

No entanto, se ao invés de negarem o fator variação da amplitude, supusessem que para diferentes comprimentos do pêndulo seu valor também se altera, cairiam na mesma problemática que apontamos em relação ao GRUPO 6, na qual a medida absoluta deveria ser reconsiderada.

Portanto, mesmo que os alunos não se defrontassem com a limitação afeita à contagem de uma única oscilação, devido à rapidez do movimento do pêndulo, como ocorreu em parte com GRUPO 6 e o GRUPO 3, a aceitação da medida absoluta imporá certas restrições aos seus procedimentos e suposições. Além disso, dificultaria a ampliação do quadro de possibilidades tendo em vista as relações de todos os fatores em jogo, o que

limita o estudo do movimento do pêndulo. Tivemos oportunidade de apontar algumas situações onde isso ocorreria, mas no caso específico do GRUPO 6 ter operado com amplitudes de 5° , não permitiria, por exemplo, o estudo da relação entre esse fator e o período.

Como vemos, a adoção de uma escala de razão para as medidas do período dependia de certas condições que não correspondiam às concepções e limitações apontadas pelos alunos e muito menos à característica dinâmica do movimento do pêndulo. Na verdade os alunos não só pressupunham uma interferência da amplitude ou da sua variação sobre o período, que de fato ocorre, como também se defrontaram com a rapidez do movimento do pêndulo que potencialmente poderia levá-los à contagem de várias oscilações. Além disso, a variação da amplitude ao longo das sucessivas oscilações do pêndulo é descontínua e o seu valor variável, fato que nos impede de tomá-la como unidade passível de deslocamento sobre a escala; propriedade da medida que chamamos de absoluta.

Por conseguinte, a solução do problema da medida e de seus derivados concebidos pelos alunos, residia, primeiramente, em aceitar a variação da amplitude como inerente ao movimento do pêndulo, o que não fizeram o GRUPO 2 e GRUPO 5, para depois tomarem decisões acerca das medidas conforme as suas pressuposições e as características específicas desse fenômeno. A aceitação de que as oscilações do pêndulo diferiam irredutivelmente uma da outra, tanto na amplitude quanto no tempo transcorrido em cada uma delas, só poderia levar os alunos, — dependendo da relação a ser estudada e própria de cada atividade — a tomarem o tempo resultante de cada oscilação como um período "médio", dentro de uma faixa de variação de amplitude.

Para essa noção, que fizemos corresponder à medida relativa do período, o valor "médio" não deve ser confundido com um valor tido como uma tendência para onde convergem os diferentes valores de tempo referentes a cada uma das oscilações, pois a partir da largada do pêndulo esses valores se distanciam gradativamente do tempo transcorrido durante a primeira oscilação.

No que se refere à média — aritmética como seria o caso — o valor do período seria entendido como uma tendência

desde que os alunos considerassem que a amplitude ou a sua va
riação não interferem nesse fator. O período médio, então, se
ria a tendência central em torno da qual se situariam os valo
res de tempo de cada oscilação contada, ora superiores, ora in
feriores a essa tendência, mas de forma aleatória, sem que hou
vesse uma correspondência entre a ordem dessas oscilações e
uma possível ordem crescente ou decrescente de tais valores.
Sendo assim, poderíamos associar o valor do período, resultan
te da razão entre o tempo e o número de oscilações, a um valor
absoluto, embora proveniente de uma média.

Todavia, considerando-se a dinâmica do movimento e
a suposição dos alunos de que a variação da amplitude interfe
re no período, seu valor "médio" jamais poderia se pretender
absoluto visto que este comprovadamente diminui de maneira gra
dativa para cada oscilação. Esse valor "médio", aí, serviria
aos alunos como referência, por exemplo, quando pretendessem
verificar se o período do pêndulo varia com a amplitude. Se
esse valor tendesse a se igualar para diferentes posições de
largada, a suposição dos alunos de que a variação da amplitude
interfere no período malograria e poderiam concluir que o pe
ríodo não varia com a amplitude do pêndulo. Caso, no entanto,
esse valor tendesse a aumentar ou diminuir com o aumento da am
plitude do pêndulo, a suposição dos alunos procederia e pode
riam daí extrair uma relação qualitativa entre o período e a
amplitude.

Contudo, para que os alunos concluíssem acerca de
tais relações, seria necessário admitirem ainda que apesar das flutua
ções advindas de erros experimentais no processo de medidas,
esses valores "médios" indicassem de fato uma tendência a não
variar, aumentar ou diminuir com a variação da amplitude. A
essas flutuações, assim compreendidas, corresponderiam as mes
mas compensações decorrentes da média como tendência central,
que, por sua vez, se associam à busca da medida absoluta, mas
que não seriam encontradas no período "médio", pelos motivos
apresentados.

O GRUPO 1, ao desenvolver a ATIVIDADE 1 que envol
via essa verificação, de acordo com o que expusemos anterior
mente, tendeu à aceitação da medida relativa ao adotar, para
cada posição de largada, a contagem de cinco oscilações. Na
verdade, com esse procedimento, se aproximou mais da busca de

um valor absoluto para o período — o que não significa medida absoluta, obrigatoriamente — predeterminado por esse grupo, do que da busca de um período "médio". Para esse grupo a aceitação da medida relativa se deveu à negação da variação da amplitude integrando-a assim em cada valor obtido para o período.

Entretanto, mesmo a aceitação plena do valor absoluto, decorrente de uma média do tempo de cada oscilação, o que implicaria na busca de uma tendência central, deveria corresponder a uma compensação das diferenças entre esses valores, sejam essas diferenças devidas à suposição da variação do período com a amplitude, sejam elas devidas ao erro de medida. Este foi o caso da nossa sugestão da contagem de várias oscilações, implícita na estória da senhora lograda. A interpretação dada a essa estória pelo GRUPO 1 não revelava, porém, uma intenção de compensar tais diferenças, visto que, por aí, pudemos depreender que a relação estabelecida entre o erro experimental inevitável e o número de oscilações era a mesma, tanto para a contagem de uma única como para a contagem de várias oscilações.

O emprego da noção do período "médio", por outro lado, traria consigo um problema que os alunos deveriam resolver no caso da verificação da ação dos fatores massa e comprimento sobre o período. O tempo relativo a cada oscilação, ao se variar a massa ou o comprimento, estaria hipoteticamente afetado também pela variação da amplitude, já que esta, além de interferir no período, como os alunos supunham, é dependente daqueles fatores. A conjunção desses dois aspectos imporia a necessidade, ou de se estudar separadamente a interferência do fator variação da amplitude e a ação dos outros fatores — massa e comprimento — sobre o período, ou de se igualar a variação da amplitude para os diferentes valores de massa ou comprimento adotados, ou seja, de se neutralizar esse fator de uma para outra medida. Como procedimento resultante de qualquer uma dessas duas alternativas, o número de oscilações não poderia ser o mesmo em cada medida de tempo. Isto porque, para um mesmo número de oscilações e para diferentes massas ou comprimentos a variação da amplitude também seria diferente. De qualquer maneira, como nas duas alternativas o fator a igualar seria a variação da amplitude, o número de oscilações não pareceria como variável interveniente.

É importante assinalar aqui que esse problema decorrente da noção do período "médio", bem como os procedimentos advindos da sua solução, não estavam previstos na organização inicial da ATIVIDADE 2 e ATIVIDADE 3 conforme foram propostas e que envolviam, a princípio, a verificação da ação dos fatores massa e comprimento, respectivamente, sobre o período do pêndulo.

Quanto ao GRUPO 4, que desenvolveu a ATIVIDADE 2, o problema original da medida concebido pelos seus componentes os levou a adotar uma amplitude relativamente pequena, embora verificassem que mesmo aí a amplitude variaria e de que esta, segundo suas suposições, interferiria no valor do período. Mas em nenhum momento chegaram a supor que a grandeza dessa variação se alterasse com o valor da massa do pêndulo. Assim, se limitaram a negar tal variação e não chegaram a conceber realmente o período "médio", apesar de, com o procedimento da contagem de cinco oscilações, tenderem a aceitar a medida relativa. Isso é justificável principalmente pelo fato de que a ação da massa sobre o período se dá devido, tão somente, à variação da amplitude do pêndulo. Nesse sentido, o valor do período, advindo da razão entre o tempo das cinco oscilações e o número de oscilações, seria o próprio período "médio" tal como o concebemos aqui, desde que, nesse caso, se entenda que a diminuição da amplitude é a responsável pela variação do período com a massa.

Para os componentes do GRUPO 4, no entanto, a variação da amplitude deveria interferir no valor do período e, além disso, concluíram que a massa do pêndulo também. Não chegaram, portanto, a estudar esses dois fatores separadamente, nem a neutralizar a ação da variação da amplitude, o que demandaria, como vimos, a mudança do número de oscilações de uma para outra massa do pêndulo. Por isso não podemos depreender que tivessem concebido os valores obtidos para o período como "médios", mas como absolutos, não obstante o procedimento que adotaram indicasse a tendência da aceitação de uma medida relativa.

No que se refere ao GRUPO 7, que desenvolveu a ATIVIDADE 3, a mudança do número de oscilações a contar em cada medida de tempo efetuada, não se justificava em virtude da neutralização do fator variação da amplitude em relação aos dife

rentes comprimentos adotados para o pêndulo e sim, tendo em vista a necessidade concebida pelas suas componentes, em igual o número de oscilações ou meias-oscilações com um número inteiro de segundos, isto é, de tentar neutralizar um erro de medida. Por outro lado, a busca do sincronismo que desejavam distanciou seus dados da noção de período "médio", dado que a mudança do número de oscilações, sem obedecer a ordem correspondente àquela dos valores dos comprimentos adotados, introduzia um fator que ampliava ou diminuía a variação da amplitude de uma para outra medida aleatoriamente, não permitindo, assim, o seu controle. Ainda que tivessem obtido uma boa precisão para suas medidas, a variação da amplitude deixou de figurar em suas considerações.

Da mesma maneira que para o GRUPO 4, o valor do período foi concebido pelas componentes do GRUPO 7 como um valor absoluto. Mas a tendência de seus procedimentos revelou a aceitação de uma medida relativa, principalmente no tocante ao fato de que pressupunham a interferência da variação da amplitude sobre o tempo e de não se imporem, por isso, a contagem de uma única oscilação.

Como pudemos notar, o problema derivado da noção do período "médio" não chegou a ser concebido pelo GRUPO 4 e pelo GRUPO 7. Isso porque, apesar de suporem a interferência da variação da amplitude sobre o período, não consideraram a possibilidade de que os fatores massa e comprimento viessem a interferir, por sua vez, na própria variação da amplitude. Tal possibilidade, como já dissemos, acarretaria duas alternativas de procedimentos: controlar o fator variação da amplitude separadamente dos fatores massa e comprimento ou neutralizar o fator variação da amplitude. Admitir como desprezível a influência da massa e do comprimento sobre a variação da amplitude, como terceira alternativa, faria com que os componentes desses grupos rêtomassem a problemática do erro experimental, o que deveria levá-los a verificar, dentro das condições disponíveis, a grandeza da ação desses fatores uns sobre os outros. Por conseguinte, em termos de procedimentos ou considerações a fazer, voltariam às duas primeiras alternativas que implicam no controle das variáveis período, massa, comprimento, amplitude e variação da amplitude.

Em contrapartida, deixando de pressuporem ou admiti

rem a possibilidade da ação da massa e do comprimento sobre a variação da amplitude, a alternativa que restou a esses alunos foi a da negação deste último fator com a adoção da contagem de várias oscilações. Desse procedimento, o valor resultante para o período era o próprio valor "médio", tomado, no entanto, por eles como absoluto dada a negação da variação da amplitude.

Em síntese, todo o período proveniente de uma medida, nas condições em que se processaram as atividades e tendo em vista a característica dinâmica do movimento do pêndulo, é um período "médio", enquanto valor obtido. Contudo, tomado simplesmente como produto de uma medida, esse valor não acarreta obrigatoriamente a concepção de valor "médio", no sentido que demos a ele nas nossas considerações.

Nesses termos, podemos dizer que todos os grupos obtiveram valores "médios" para o período sem o conceberem como tal. Essa concepção adviria, em primeiro lugar, da integração inevitável do fator variação da amplitude ao sistema de fatores que compõem o fenômeno do movimento do pêndulo. Em segundo lugar, da admissão de que a variação da amplitude é um fator dependente dos demais como o período e, em terceiro lugar, do fato passível de ser verificado, de que a grandeza da variação da amplitude não é constante durante as sucessivas oscilações ou mesmo meias-oscilações do pêndulo.

Esses três aspectos implicavam no controle da variação da amplitude dado que os alunos a tomavam como fator interveniente no período a ser medido. Porém, de todos os grupos, o GRUPO 6 foi aquele que procurou efetivamente controlar esse fator, ainda que se limitasse a fazê-lo tão somente por intermédio da adoção de amplitudes pequenas. Assim procedendo, além da integração da variação da amplitude ao fenômeno em estudo, o GRUPO 6 tomou também esse fator como dependente de um outro — a amplitude.

No mais, podemos admitir que, tanto os grupos que tenderam à medida relativa, quanto aqueles que tenderam à medida absoluta, tenham tentado controlar a variação da amplitude por intermédio de outros procedimentos como a escolha do pêndulo mais pesado, a contagem de uma única oscilação ou a adoção de amplitudes relativamente pequenas. Mas em todos esses casos a amplitude continuou variando e isso fez parte das suas

constatações. Não chegaram a encontrar um procedimento que anulasse a variação da amplitude ou que a neutralizasse. A alternativa possível foi a de negarem esse fator, embora para cada grupo houvesse razões próprias que justificassem essa operação. Assim, não podemos dizer que esses grupos tenham controlado efetivamente o fator variação da amplitude, seja por não tomarem plenamente esse fator como dependente dos demais, seja por não identificarem ou por não integrarem às suas concepções a irregularidade com que variava esse fator durante o movimento do pêndulo.

Portanto, uma noção de medida do período do pêndulo que integrasse essa irregularidade da variação da amplitude — o que implicaria na aceitação do seu valor "médio" e não no seu valor absoluto — recairia em procedimentos necessários para o controle dessa variável. Os dados apresentados por esses grupos, apesar de poderem ser entendidos como valores "médios", não revelavam essa concepção exatamente pelos procedimentos adotados na sua obtenção.

Até aqui pudemos depreender que a organização inicial envolvida nas atividades propostas não previa os problemas afeitos à sua realização visto que estes se originaram de pressuposições e limitações relativas às medidas a serem efetuadas. Como já dissemos anteriormente, o problema da medida concebido pelos alunos ao mesmo tempo que foi determinado pelas suas suposições e limitações, determinou, em contrapartida, seus procedimentos. Reciprocamente, pudemos depreender desses procedimentos não só os problemas derivados do problema da medida como também as suas concepções acerca do movimento do pêndulo.

Sendo assim, podemos agora retomar aqueles propósitos apresentados na introdução deste trabalho dentro dos quais nos situamos e que têm permeado nossas análises e interpretações. Trata-se das manifestações e condutas dos alunos voltadas ao interrelacionamento dos três aspectos que apontamos: as concepções acerca do fenômeno do movimento do pêndulo; os procedimentos de medida e o processo de estabelecimento de regularidades.

As considerações já feitas neste capítulo nos permitem traçar algumas conclusões quanto às relações entre os dois

primeiros aspectos, pelo menos no que se refere às manifestações e condutas dos alunos decorrentes do problema de medida por eles concebido.

Desde o PAINEL, quando tratamos das variáveis envolvidas nas atividades propostas, pudemos constatar que de uma ou de outra forma os alunos de maneira geral foram capazes de identificar os fatores período, amplitude, massa e comprimento envolvidos no estudo do movimento do pêndulo. Essa identificação, a princípio, era suficiente para a decomposição do movimento do pêndulo em seus fatores.

Entretanto, para a composição desse fenômeno em seus fatores, estes deveriam passar à categoria de variáveis de onde emergem as relações entre eles. Além disso, restava considerar a variação da amplitude, dado que, como vimos, ela é uma variável dependente dos demais, da mesma maneira que o período.

Frente a essas proposições, dois fatos limitaram a concepção do movimento do pêndulo quanto à composição de seus fatores. Primeiro, que a noção de variável exibida pelos alunos não incluía todas as possibilidades de relações entre os fatores em jogo, mesmo aquelas que poderiam ser consideradas nulas, como, por exemplo, entre a amplitude e a massa, entre a amplitude e o comprimento ou entre a massa e o comprimento. Segundo, que o fator variação da amplitude não chegou a ser concebido pelos alunos, de forma explícita, como variável, mas como fonte de erros, muito embora, de forma implícita, nos seus procedimentos alguns tentassem controlá-la como uma variável, sendo inclusive, a esse nível, integrada ao sistema dos demais fatores, com exceção do GRUPO 2 e do GRUPO 5.

A contradição aparente entre esses fatos e os procedimentos adotados pelos alunos pode ser melhor compreendida agora, à luz das discussões que fizemos neste capítulo sobre o problema da medida e seus derivados concebidos pelos alunos.

Podemos dizer que a identificação da variação da amplitude aparece a partir da suposição dos alunos de que esse fator interferiria de alguma maneira no valor do período do pêndulo. Isso porque, de início, demonstravam que só sabiam medir grandezas invariáveis durante o processo, e ao contrário do que pretendiam, não conseguiam manter a amplitude constante

nem durante uma única oscilação.

Mesmo assim, o procedimento padrão da medida do pêndulo por intermédio de uma única oscilação poderia ser mantido e a variação da amplitude possivelmente nem chegasse a ser concebida como fonte de problemas. Porém, a limitação identificada pelos alunos associada à rapidez do movimento do pêndulo durante uma única oscilação impôs que eles providenciassem procedimentos que a superassem, colocando assim o procedimento padrão de medida do período em dúvida.

Nesse caso, a limitação da rapidez do movimento na da tinha a ver com a variação da amplitude. Alegavam que, por ser muito rápido o movimento, não poderiam medir corretamente e com isso a medida estaria errada. Era pois um problema de erro de medida e como tal cabia a sugestão da contagem de várias oscilações ao invés de uma.

Todavia a contagem de várias oscilações, por sua vez, acentuaria a variação da amplitude, daí provocar o surgimento de um problema de medida concebido pelos alunos.

Como alternativa para esse problema restaria controlar de alguma maneira esse fator, integrando-o assim ao fenômeno em estudo. Para tanto, necessitariam compreender a ação dos diferentes fatores sobre ele e não somente suporem a sua ação sobre o período.

Alguns grupos, já vimos, tentaram controlar a variação da amplitude, não de forma sistemática, considerando todas as possibilidades, mas aleatoriamente, relevando este ou aquele fator que, por vezes, advinha de sugestões nossas circunstanciadas por problemas ou limitações específicas por eles apontados. Tais procedimentos já nos permitiam admitir que alguns grupos tentavam integrar a variação da amplitude ao sistema de fatores que compõe o movimento do pêndulo. Contudo, isso não implicou num controle efetivo dessa variável e na sua integração plena nesse sistema.

Com a ausência da compreensão da ação daqueles fatores de determinação independente dos demais, sobre a variação da amplitude, era natural que ela fosse tomada como indesejável aos procedimentos que advinham da pressuposição da sua influência somente sobre o período. Sendo assim, podemos deprender como esse fator chegou a ser tomado também como fonte de

erro para as suas medidas.

Essa incompreensão levada ao extremo fez com que os componentes do GRUPO 2 buscassem um "jeito" de eliminar a variação da amplitude e a sua suposta influência nas diferenças dos valores obtidos do período por intermédio do controle da posição de largada do pêndulo. O GRUPO 5, pelo mesmo motivo, não chegou a diferenciar a variação da amplitude observada, da solicitação de variação do fator amplitude explícita na ATIVIDADE 1.

Quanto aos demais grupos a ausência dessa compreensão plena implicou em conceberem o movimento do pêndulo, ora como dinâmico por tentarem controlar a variação da amplitude através deste ou daquele fator, ora como estático por ainda buscarem um valor absoluto para o período e admitirem essa variação como fonte de erros.

Por outro lado, a ausência generalizada da noção de período "médio" acarretou a busca de um valor absoluto para a medida de tempo, o que é contradizente com a própria integração da variação da amplitude ao fenômeno. Essa contradição tem as mesmas características da dicotomia presente nas concepções do movimento do pêndulo : ora dinâmico, ora estático.

O valor absoluto, entendido como produto de uma medida, que resulta numa quantidade de partes iguais dentro de uma escala de razão, é permitido quando puder existir uma correspondência biunívoca entre a divisão dessa escala e a divisão efetuada na grandeza a ser medida. Assim o comprimento, a massa, a amplitude e posição de largada do pêndulo são grandezas passíveis de serem expressas quantitativamente por um valor absoluto decorrente de uma medida, pois cada uma delas pode ser dividida em partes iguais, correspondentes às partes que compõem as escalas de referência para suas medidas. O tempo tomado como a medida de uma sucessão de eventos também pode ser traduzido por um valor absoluto. No entanto, quando se pretende o valor do tempo transcorrido num desses eventos, o valor absoluto só seria aplicado se admitíssemos que eles não se diferenciam entre si. Este não é o caso do período, visto que cada uma das oscilações medidas se diferencia das outras devido à variação da amplitude e de cuja lei de variação não se tem, a princípio, conhecimento. Nesse sentido, a medida de cada um desses eventos ou oscilações em separado aproximaria seu

resultado de um valor absoluto. Mas, ainda aí, ao se tentar comparar os diferentes valores assim obtidos, deveríamos admitir que esses não estivessem afetados pela ação de outros fatores como a massa, o comprimento e a própria amplitude. Isso, como já vimos, não é possível para o caso do período.

Note-se, pois, que a busca de um valor absoluto, para o período, por parte dos alunos, incide diretamente na concepção estática do fenômeno do movimento do pêndulo, ou seja, trata-se de um movimento passível de ser dividido em partes iguais que correspondem a partes iguais de tempo, quando, na verdade, suas sucessivas oscilações ou meias-oscilações se diferenciam entre si, tanto nas suas elongações máximas quanto no tempo transcorrido em cada uma delas, sem contarmos com a diversidade de ação de cada um dos fatores independentes em separado. Os alunos, já vimos, chegaram a considerar parcialmente esses aspectos, daí também a concepção dinâmica do fenômeno, não obstante tenha prevalecido a busca do valor absoluto.

Além da decorrência do uso de uma escala de razão, o valor absoluto tinha conotações específicas para cada grupo quanto à escolha dos valores obtidos quando esses provinham da repetição de medidas. Essa escolha não resultava de uma média dos valores obtidos associada a um sistema de compensações.

Para a aluna CATE do GRUPO 1 o valor absoluto do tempo poderia ser traduzido por um número inteiro de segundos, sendo este predeterminado a ser igual para qualquer amplitude do pêndulo. Os demais valores obtidos a partir das medidas de tempo para amplitudes iguais, ou seja, advindos da repetição de suas medidas, eram valores tomados como errados pois não correspondiam ao desejado. Os componentes do GRUPO 6, por sua vez, escolhiam somente os valores que se repetiam, desprezando os outros.

Nesses termos o valor absoluto também não poderia ser resultante de uma tendência central ou média que compensasse as diferenças advindas dos erros inevitáveis de medida. Pelo que demonstraram, o valor absoluto era também um valor "exato" que representava, sem nenhuma possibilidade de desvio, a grandeza medida, no caso, o tempo de várias ou uma oscilação do pêndulo tendo em vista uma amplitude fixa. Nessa perspectiva, então, a variação da amplitude se convertia numa fonte de erros.

Juntamente com o valor absoluto os alunos pareciam buscar no movimento do pêndulo características que ele realmente não tem, o que deve ter contribuído em parte para que eles negassem os fatores que pareciam interferir nas suas intenções ou suposições, em particular na variação da amplitude. Não podemos esquecer que o problema da medida que circunstanciou os procedimentos dos diferentes grupos trazia o confronto entre dois fatos : por um lado, os alunos pretenderem um valor absoluto para o período, com uma amplitude fixa para o pêndulo e, por outro, eles mesmos constatarem que essa amplitude variava, e que, segundo suas suposições, isso deveria interferir no valor do período.

Desse confronto já podemos depreender o prenúncio talvez da primeira regularidade estabelecida por eles. Se a busca de um valor absoluto para o período ou para o tempo a ser medido pressupunha uma amplitude fixa, invariável, a sua variação constatada por esses alunos só poderia acarretar também uma variação naquilo que era para ser medido. Não se trata, pois, de uma antecipação ou predeterminação de uma relação que estaria sujeita a ser comprovada, entre o período e a variação da amplitude, mas de um fato inevitável já que a grandeza a ser medida é variável e não constante como pretendiam. Dos motivos atribuídos pelos alunos ao fenômeno da variação da amplitude saíam as relações qualitativas entre esse fator e o período do pêndulo. A "perda da força" do pêndulo que resultava na variação da sua amplitude, tanto poderia aumentar o seu tempo de oscilação, uma vez que, com essa "perda", ele se deslocaria mais vagarosamente, quanto poderia diminuir esse tempo, visto que seu percurso durante as sucessivas oscilações tendia a diminuir também. Alguns alunos, no entanto, não se arriscavam a previsões desse tipo limitando-se tão somente a estabelecer que o período deveria mudar com a variação da amplitude.

Isso nos permite compreender como o problema da medida fez com que as regularidades estabelecidas se relacionassem com as concepções acerca do fenômeno em estudo e, principalmente, com os procedimentos adotados no desenvolvimento das atividades.

A pressuposição da interferência da variação da amplitude sobre o período como regularidade, cuja origem agora podemos conceber, passou a orientar os procedimentos dos dife

rentes grupos levando alguns deles a pressuporem ou admitirem outras regularidades derivadas.

A aluna CATE do GRUPO 1, a partir da primeira medida com amplitude inicial de 50° , passou a aumentar a posição de largada para 60° , 70° e 80° , tentando compensar a "perda de força" do pêndulo devido à diminuição da amplitude, admitindo que, assim, o período deveria ser sempre o mesmo. Não levou, no entanto, em consideração que à medida que aumentava a posição de largada, aumentava também a variação da amplitude que por final, foi negada. Por conseguinte, a regularidade pre-estabelecida por ela de que o período não varia com a amplitude decorre da suposta ação da variação da amplitude sobre o tempo. Sendo essa variação passível de ser controlada por ela, como tentou, o valor de tempo para as cinco oscilações deveria conseqüentemente ser sempre o mesmo.

Aproveitando a nossa sugestão de que verificassem se a variação da amplitude era a mesma para qualquer elongação máxima do pêndulo, os componentes do GRUPO 2 engendraram um procedimento que pretendiam fosse capaz de eliminar os efeitos produzidos por tal variação. Tratava-se de controlar o período do pêndulo, oscilando numa amplitude de 10° , a partir da variação da posição de largada de 60° para 50° . A regularidade aí estabelecida, que não chegou a se consumir posteriormente, era a de que diminuindo-se a posição de largada, mesmo depois de algum tempo, quando o pêndulo estivesse oscilando com uma amplitude menor, ele teria "menos força", daí aumentar o seu tempo de oscilação. Sequer chegaram a imaginar que a diminuição da amplitude efetuada durante os seus procedimentos pudesse estar contribuindo para a variação no tempo que constataram. Considerando, como esses alunos o fizeram, que a "diminiuição da força" do pêndulo, pelo fato de ser solto de uma amplitude inicial menor, aumentaria o seu tempo de oscilação, imaginavam poder igualar o período para qualquer amplitude. O período como supunham só seria diferente se houvesse a variação da amplitude. Sem ela o seu valor seria também fixo.

As alunas do GRUPO 3 escolheram inicialmente posições de largada de 90° por acreditarem que com amplitudes menores o tempo de cada oscilação fosse tão pequeno que não dava para medir. Observa-se que dessa forma essas alunas estavam atribuindo inclusive uma certa ordem de grandeza para a ação

da variação da amplitude sobre o período. Adotando, pois, amplitudes iniciais grandes, estariam impedindo que a variação da amplitude interferisse sobre o tempo de cada oscilação a ponto de não permitir sua medida.

Os componentes do GRUPO 4 e do GRUPO 6 procuraram verificar, ainda que a partir de uma sugestão nossa, a relação entre a variação da amplitude e a elongação máxima em que o pêndulo se encontra oscilando. Concluíram que por menor que fosse a posição de largada sempre haveria uma variação da amplitude do pêndulo. Esta regularidade, pelo menos, já não ficava tão somente no âmbito das suposições. Para o GRUPO 4 essa constatação não decidiu propriamente seus procedimentos de medida de tempo a não ser na escolha de uma amplitude relativamente pequena, de 30° , que segundo seus componentes não resolvia o problema da sua variação. Quanto ao GRUPO 6 a nova regularidade, no entanto, foi decisiva para que adotassem uma posição de largada de 5° , onde a variação da amplitude era minimizada tanto quanto achavam possível.

As alunas do GRUPO 7, no começo dos seus trabalhos, constatando a variação da amplitude do pêndulo durante várias oscilações e considerando muito rápido o tempo de uma única, apresentavam um impasse quanto ao procedimento a ser adotado na medida do período. As alunas, a princípio, se recusavam à contagem de várias oscilações devido à variação da amplitude, pois, como era consenso no grupo, quanto menor a amplitude, menor o período de oscilação e esta regularidade era estabelecida na ausência de qualquer verificação.

Vemos, pois, como para os diferentes grupos as regularidades por eles estabelecidas entre o período e a amplitude ou a sua variação determinaram em grande parte seus procedimentos ou deles foram extraídas. Trata-se de regularidades derivadas da suposição da interferência da variação da amplitude sobre o período, visto que a constatação dessa variação não se coadunava com a expectativa de um valor fixo para ela.

Quanto às relações entre o período e a massa ou o comprimento do pêndulo estabelecidas pelos alunos a partir de seus dados, já vimos que foram delimitadas pela ausência da suposição de que esses dois fatores pudessem intervir na variação da amplitude. Apenas o GRUPO 1 fez questão de escolher o pêndulo mais pesado a fim de impedir que ele parasse com faci-

lidade. Mas isso não significa propriamente um controle da variação da amplitude. Ademais, essa escolha se dissipou pelos demais procedimentos que visavam o valor absoluto para o tempo das cinco oscilações que os alunos contavam em cada medida.

No mais, as regularidades entre o período e a amplitude, a massa ou o comprimento, foram estabelecidas pelos diferentes grupos de formas distintas. Um(a) determinando os procedimentos a fim de chegarem a dados específicos em suas medidas e outras determinadas pelos procedimentos envolvidos com o problema da medida em si. Essas regularidades percorreram assim um conjunto de possibilidades, desde as suas pre-determinações antecipando-se às medidas a efetuar, até a ausência de uma constatação apesar da obtenção dos dados.

O GRUPO 1, como já vimos, predeterminou que o período não variava com a amplitude e durante suas medidas buscou um valor absoluto para o tempo.

O GRUPO 2 concluiu, a partir da igualdade de dois valores para o período, que este não deveria variar com a amplitude e com isso engendrou um procedimento que considerava ser capaz desse intento.

Os componentes do GRUPO 3 e GRUPO 7 não pressupunham que o período aumentava com o comprimento do pêndulo, mas estabeleceram tal regularidade tão somente com dois dados obtidos. Em função dessa regularidade as alunas CIRA e NETA do GRUPO 3 explicam que a igualdade de dois valores do período em cinco dados obtidos posteriormente só podia ter ocorrido devido a "erros".

Os componentes do GRUPO 4, após constatarem pelos seus dados que o período aumentava com a massa a partir de três medidas efetuadas, omitiram um quarto valor que não obedecia à regularidade encontrada.

O GRUPO 5 manteve-se na constatação de que o tempo aumentava com o número de oscilações.

Finalmente, os componentes do GRUPO 6, que estavam voltados para a precisão de suas medidas, só foram estabelecer a regularidade de que o período diminuía com a massa do pêndulo, decorrente dos dados obtidos, com o nosso auxílio para posterior apresentação.

Esse quadro de alternativas no estabelecimento de regularidades e as diferentes formas como cada uma delas foi concebida nos revela não só uma ausência de padrão nas suas condutas, nesse sentido, como também uma descontinuidade de procedimentos que parece se desenvolver ao sabor das sucessivas pressuposições, constatações, impasses ou predeterminações de cada grupo ou aluno em particular durante a realização das atividades.

É certo, no entanto, que pudemos encontrar dentro das diferentes manifestações dos alunos, pontos em comum ou razões comuns que as justificassem. Razões que circunscreveram fundamentalmente o problema da medida, tendo em vista a constatação de um novo fator não previsto — a variação da amplitude — adicionada à suposição da sua influência sobre o tempo a ser medido. E o elemento que permeou esse problema não foi outro senão a busca de um valor absoluto para o período do pêndulo, impossível de ser obtido dada a característica dinâmica do seu movimento.

Além de provir de uma escala de razão, o valor absoluto para os alunos apresentava características específicas que não permitiam que eles relativizassem as diferentes tendências encontradas por aqueles grupos que desenvolveram a ATIVIDADE 1 e a ATIVIDADE 2 e que, ao mesmo tempo, aceitassem a relação comum entre aqueles grupos que desenvolveram a ATIVIDADE 3. Essa mesma concepção, durante o PAINEL, viria justificar as divergências entre os grupos como "erros", na prática, fortemente marcados pela falta de cuidado que os alunos teriam tido nas suas medidas. Ou seja, deveria existir sempre um determinado valor a ser obtido nesta ou naquela medida. Se assim não o fosse, o "erro" era do aluno.

Da mesma maneira, pela impossibilidade de os alunos encontrarem esse valor absoluto, a variação da amplitude e inclusive outros fatores que compunham o movimento do pêndulo foram tomados como fonte de "erros".

Podemos ver, portanto, que esses elementos comuns se situaram na natureza da medida do período, tendo em vista a dinâmica do movimento do pêndulo. Porém, os problemas daí derivados, embora de mesma origem, adquiriam formas próprias de cada grupo e até de cada aluno, daí não podermos detectar pa-

drões ou modelos de procedimentos específicos que os orientassem igualmente. Mesmo as sugestões que fazíamos, circunstanciadas por problemas ou limitações apontadas pelos alunos, foram, como vimos, incorporadas de diferentes formas pelos alunos, o que levou os diferentes grupos a conduzirem seus procedimentos de maneiras diversas, na tentativa de superá-los.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de manifestações e condutas exibidas pelos alunos na tentativa de solucionar os problemas derivados do problema da medida do período, dada a característica dinâmica do fenômeno, nos impediu de estabelecer um padrão de procedimentos específicos capaz de explicar todos os grupos. Ao mesmo tempo que os cinco grupos estudados nos dois primeiros capítulos se assemelhavam pela integração do fator variação da amplitude ao sistema que compunha todos os fatores envolvidos no movimento do pêndulo, eles se diferenciavam, em primeiro lugar, dos dois grupos estudados no terceiro capítulo que teriam negado essa integração e, em segundo lugar, entre eles próprios, por tenderem a aceitar ora a medida relativa, ora a medida absoluta do período, tendo em vista o fenômeno em estudo. Dentro dessas categorias pudemos verificar alguns aspectos que diferenciavam os grupos uns em relação aos outros no tocante aos procedimentos adotados, seja nas suas implicações no que se refere à concepção do movimento do pêndulo, seja nas formas de estabelecimento de regularidades, seja ainda nas interações desses três elementos. Mesmo a capacidade de controlar variáveis exibida pelos alunos foi delimitada pelo problema da medida devido à natureza desta, o que nos permitiu depreender também uma diferenciação entre os grupos quanto às operações por eles efetuadas no tratamento do fator variação da amplitude; quer negando-o, tentando neutralizá-lo ou até "eliminá-lo" como elemento "inconveniente" para os seus propósitos.

Além disso, se às características específicas do pêndulo acrescentarmos a intenção ou não de estabelecimento de regularidades por parte desses alunos, recairemos num outro tipo de classificação. Na primeira categoria figurariam aqueles que anteciparam ou preestabeleceram relações para os fatores em jogo, direcionando assim seus procedimentos em função disso. Numa segunda categoria figurariam aqueles que determinaram regularidades com número insuficiente de dados, regulando posteriormente seus procedimentos ou rejeitando dados considerados incompatíveis a partir do estabelecido. Na terceira dessas categorias se situariam aqueles que não foram capazes de

depreender uma tendência dos dados obtidos, mesmo que virtual. E a quarta categoria ficaria para aqueles que não se preocuparam com o estabelecimento de regularidades, embora seus dados o permitissem.

Essas categorias se multiplicariam se pensarmos em certas formas de estabelecimento de regularidades envolvendo fatores que não estavam explicitamente envolvidos com o período na atividade desenvolvida por este ou por aquele grupo. Este foi o caso da predeterminação de relações que permearam os procedimentos de alguns grupos.

Enfim, a pretensão de estabelecermos padrões de condutas dos alunos quanto aos procedimentos específicos, ficaria sempre prejudicada pela diversidade de suposições, predeterminações, limitações e problemas apresentados pelos alunos. Desse intento, restar-nos-ia apenas a possibilidade de constituirmos algumas categorias, muito embora diferentes em seu conteúdo de acordo com os critérios que adotássemos.

Considerando-se, portanto, a impossibilidade de estabelecermos padrões quanto aos procedimentos específicos adotados pelos alunos, poderíamos pensar em propor a eles antecipadamente critérios de medidas que solucionassem o problema da medida relativa e seus derivados. Nesse caso, estaríamos oferecendo aos alunos um padrão de procedimentos capaz de solucionar tais problemas ao mesmo tempo que estaríamos introduzindo uma nova técnica de medida envolvendo a noção de medida relativa em contraposição à da medida absoluta.

Já dissemos na introdução deste trabalho que essa tem sido a conduta convencionalmente proposta para a elaboração de atividades experimentais que envolvem os procedimentos chamados científicos. Agora podemos voltar a ela.

No sentido de um padrão de procedimentos que virtualmente pudesse ser proposto aos alunos, a primeira dificuldade que se nos apresentaria seria a de anteciparmos os problemas e limitações que vimos serem concebidos por eles. É certo que poderíamos eventualmente prever o problema da medida originado pela presença de um fator que impedia a medida absoluta. Mas, como exatamente esse problema seria concebido pelo menos para cada grupo a partir de suas concepções acerca do fenômeno em estudo? Como antecipar os problemas e limitações que eles

viriam a conceber posteriormente ? Acima de tudo, como conhecer dos alunos esses problemas sem que tivéssemos antes trabalhado com eles ?

Poderíamos, talvez, imaginar algumas alternativas e em função disso propor os procedimentos que fossem adequados à solução de tais problemas. Seriam condutas capazes de introduzir soluções de problemas possivelmente identificados por este ou por aquele grupo. Contudo, ao mesmo tempo, estaríamos introduzindo soluções, para os demais, sobre problemas sequer identificados por eles, quanto mais concebidos. Devemos nos lembrar aqui que as sugestões que fazíamos aos alunos, embora voltadas a um mesmo conteúdo problemático exibido por diferentes grupos, foram sugestões incorporadas aos seus procedimentos de formas completamente diferentes e por razões igualmente diferentes. Como poderíamos extrair desse fato padrões de procedimentos que os orientassem sem que com isso estivéssemos interferindo na originalidade e natureza dos seus próprios problemas ?

É possível depreender, com pouca margem de erro, que a própria dinâmica dos grupos tenha sido resultante, em grande parte, dessa originalidade ou até especificidade com que os problemas eram concebidos por este ou por aquele aluno ou aluna. Apesar de termos podido tratar as manifestações de alguns grupos como provindas dos seus componentes indiferenciadamente, em outros casos isso não nos foi possível. Haja visto a particularidade com que certas limitações ou certos problemas eram apontados por um ou outro aluno que, pela sua relevância ou pela ausência de outros problemas ou limitações advindas de seus colegas de grupo, passavam a se tornar diretrizes dos procedimentos do próprio grupo. Diretrizes essas que reclamavam por decisões específicas, que só poderiam se originar daqueles alunos ou alunas para os quais o problema ou limitações em questão haviam sido concebidos ou mesmo identifica - dos.

Se um eventual padrão de procedimentos objetivasse a solução de problemas comuns aos componentes de cada um dos grupos, como integrar essa natureza e originalidade com que eles eram concebidos ?

Frente a essas questões, temos dois aspectos a considerar. Por um lado a diversidade de problemas e limitações,

bem como de procedimentos adotados pelos diferentes grupos ou alunos, nos impediu de estabelecer um padrão de condutas que explicasse a todos e daí extrair uma orientação única em termos de medidas relativas ao período do pêndulo. Por outro lado, a imposição de um padrão de procedimentos recairia em alternativas que não nos permitiriam identificar as dificuldades desses alunos no que se refere ao problema da medida, mas tão somente a capacidade de cumprir ordens que os levariam aos resultados que desejássemos.

Se fixássemos um modelo de procedimentos para lidar com o problema da medida, não teríamos outro propósito a não ser o de resolvê-lo antecipadamente, tendo em vista um conhecimento acerca do fenômeno em estudo que supomos seja necessário que os alunos adquirissem, imaginando que com isso todos os seus possíveis problemas ou dificuldades pudessem ser assim superados.

Admitindo que, nesse caso, o conhecimento tomado como produto passaria a assumir o papel central do nosso trabalho junto aos alunos, teríamos duas alternativas a seguir: instruí-los sobre uma técnica própria da medida relativa, esperando que eles a aplicassem adequadamente ao movimento do pêndulo, ou delimitar o estudo desse fenômeno às circunstâncias de uma medida absoluta, objetivando tão somente a comprovação da relação entre o período e o comprimento, ainda assim, procurando eliminar todos os problemas que, como já comentamos, adviriam dessa delimitação.

A análise de manuais didáticos e de propostas para a experimentação no ensino de Física no 2º grau tem nos revelado exatamente a adoção dessas alternativas para a orientação dos alunos na realização de atividades envolvendo o problema da medida relativa, que não é exclusiva do estudo do movimento do pêndulo. No entanto, na aplicação de tais propostas, quando solicitamos que os alunos passem a justificar os procedimentos nelas envolvidos, não nos é difícil detectar que eles concebem problemas contornados por esses procedimentos, mas que não chegam a representar sequer o esboço de solução para os mesmos, tendo em vista a forma como eles se apresentam para os alunos. Isso porque em tais justificativas procuramos envolver as características próprias de cada fenômeno em estudo, via de regra empanadas pelas delimitações e técnicas de procedimentos

propostos.

Pudemos constatar neste trabalho, por exemplo, que a metrificação das regularidades, na concepção dos alunos, só seria possível desde que os valores referentes às variáveis nelas envolvidas obedecessem às relações impostas pela regra de três simples. Ora, se não tivermos conhecimento de tal pressuposição por parte dos alunos, como admitir que os resultados que eles encontrariam acerca de relações que não fossem diretamente proporcionais poderiam integrar seus conhecimentos de maneira significativa? Diante da imposição de procedimentos a executar, de onde se esperam certos resultados e não outros, os alunos só tenderiam a negar suas pressuposições, deixando de integrá-las à nova situação, o que sói acontecer. Assim, suas pressuposições permaneceriam e os novos dados seriam tomados por eles dentro de uma realidade diversa de seus conhecimentos. Dessa forma os procedimentos apreendidos poderiam não ser de natureza tal que se transformassem em elementos de pensamento, mas tão somente técnicas desprovidas de significado operatório.

Vemos pois que um padrão de procedimentos, mesmo implicando na solução de certos problemas, tende a guardar uma distância do pensamento dos alunos tanto maior quanto mais se tende a aproximá-los de um produto previamente formalizado.

Na verdade, a função da experimentação no ensino da Física do 2º grau tem procurado exatamente atingir esse objetivo, ou seja, o de se prestar a ser elemento comprobatório de conhecimentos previamente formalizados matematicamente, como já dissemos na nossa introdução. Todavia, para que isso seja possivel, é necessário que as suas instruções se cerquem de garantias, a fim de que os alunos não venham a encontrar resultados adversos àqueles esperados. Caso contrário, as atividades perderiam seu caráter comprobatório e adentrariam por um campo de problemas estranhos aos seus propósitos. Basta lembrar aqui os problemas e limitações enfrentados pelos alunos com os quais trabalhamos na realização de suas atividades e que orientaram seus procedimentos na medida do período. A concepção exibida por eles, de que a fonte de "erros" são os próprios alunos somente seria reforçada diante da imposição de certos resultados a atingir. Aliás, o aluno como fonte de "erros" tem sido um dos expedientes adotados para que as instruções pertinentes às

atividades experimentais dentro dessa função se cerquem das garantias supraditas.

Assumindo pois tal função, a experimentação deve ser previamente organizada de maneira a poder dirigir as ações e operações dos alunos para que estes não esbarrem em problemas que possam vir a desviá-los dos objetivos bem definidos a atingir.

Nessa experimentação convencional as relações entre as variáveis em jogo são tomadas, por vezes, como pré-requisitos para que a atividade possa se desenvolver, daí o seu caráter meramente comprobatório. Dentro dessas circunstâncias resta-nos questionar se o argumento implícito em cada uma das atividades assim propostas leva realmente os alunos a constatarem aquilo que se pretende que constatem, considerando-se a falta de autonomia a que são submetidos, no que se refere aos procedimentos a cumprir.

Entendemos que a experimentação possa ter um caráter comprobatório desde que a necessidade de constatação derive dos próprios alunos, tendo em vista suas suposições e hipóteses acerca do fenômeno a ser estudado. Durante o PAINEL pudemos verificar que igualar procedimentos passou a ser uma necessidade concebida pelos próprios alunos no sentido de superar as divergências entre os grupos e tentar eliminar as fontes de erros por eles apontadas. Isso nos indica o quanto os alunos são capazes de justificar suas próprias condutas desde que estejam lidando com os seus problemas e não com procedimentos que apontem soluções a problemas sequer identificados por eles.

Se na experimentação convencional os alunos são sujeitos a uma falta de autonomia quanto às suas ações e operações sobre o fenômeno, com os professores não ocorre de forma diferente. Em tais situações o objetivo central do professor é o de dirigir seus alunos ao produto preestabelecido pelas atividades propostas, sem se dar conta de que os processos nelas envolvidos guardam uma grande distância dos problemas e limitações desses alunos para compreendê-los. Nesses casos, o conteúdo de trabalho do professor é o conhecimento como produto institucionalizado pelos instrumentos de veiculação da ciência física ao nível de 2º grau. Dessa concepção resta a ele avaliar se os seus alunos conseguem atingi-lo ou não. O que

temos constatado é que tal produto só passa a fazer parte do conhecimento desses alunos desde que reduzido a relações algébricas onde os fatores que delas participam pouco ou nada têm a ver para esses alunos, com as características dos fenômenos a que elas se referem. No entanto, os problemas referentes ao processo, e que aproximariam os alunos dessas características, continuam latentes, sem serem tratados.

Podemos, assim, nos perguntar qual o conteúdo de trabalho real do professor : o produto formalizado desse conhecimento ou o processo de produção e construção de um conhecimento próprio dos seus alunos e que se refere à sua origem, ou seja, o fenômeno físico ?

Nossa pesquisa se restringiu ao trabalho junto a uma classe de 22 alunos, voltado ao estudo de um fenômeno cujas características, pudemos ver, favoreceram o aparecimento de questões significativas quanto à ação pedagógica do professor em sala de aula. Nesse sentido, não podemos tomar as conclusões aqui estabelecidas como generalizáveis. Porém, são proposições prováveis de serem observadas em outras situações, principalmente por tratarem de problemas que não parecem exclusivos de um único conjunto de alunos.

BIBLIOGRAFIA

- AEBLI, Hans, *Didática Psicológica: aplicação à didática da psicologia de Jean Piaget*. 2a. ed., São Paulo, Ed. Nacional, 1973.
- BRUNER, Jerome S., *O processo da Educação*. 6a. ed., São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1976.
- CANIATO, Rodolpho, *Mecânica*. Volume II do Projeto Brasileiro para o Ensino de Física. Campinas, Edição UNICAMP, 1974.
- CASTRO, Amélia Domingues de, *Piaget e a Didática*. São Paulo, Edições Saraiva, 1974.
- FLAVELL, John H., *A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget*. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1975.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS/OEA. *Test y evaluaciön de trabajos de laboratorio*. São Paulo, 1975.
- GATTI, Bernardete A. e GOLDBERG, Maria Amélia A., "Definição de comportamento científico", In: *Influência dos "Kits" Os Cientistas no desenvolvimento do comportamento científico em adolescentes*. Cadernos de Pesquisa, nº 10, ago. 1974, Fundação Carlos Chagas, 1974, p. 14.
- IFUSP/MEC/FENAME/PREMEM, *Mecânica 1 - Projeto de Ensino de Física*. 3a. ed., Rio de Janeiro, FENAME, Ministério da Educação e Cultura, 1975.
- INHELDER, Bärbel et PIAGET, Jean, *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris, Presses Universitaires de France, 1970.
- INHELDER, Bärbel & outros, *Aprendizagem e Estruturas do Conhecimento*. Ed. Saraiva, São Paulo, 1977.
- KAMII, Constance, "A Autonomia como finalidade da Educação: implicações da Teoria de Piaget", In: *A Criança e o Número*. Campinas, Papirus, 1984.
- KITTEL, Charles & outros. *Mechanics, Berkeley Physics Course*. volume 1. New York, McGraw-Hill Book Company, 1965.
- KNOLL, Karl, *Didática de la enseñanza de la física*. Buenos Aires, Editorial Kapelusz, 1974.
- LANDAU, L. et LIFCHITZ, E., *Mécanique*. 2a. ed., Moscou Éditions Mir, 1966.
- LEBOUTET, Lucie, *L'enseignement de la physique*. Paris, Presses Universitaires de France, 1973.

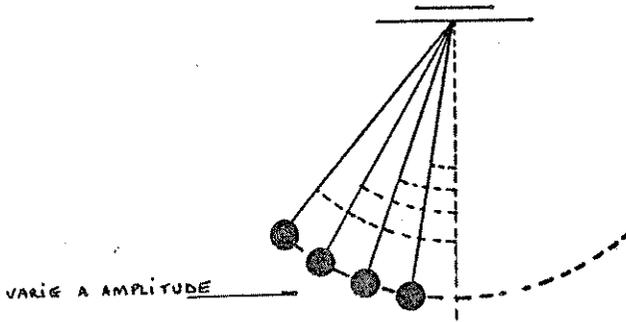
- LIMA, Paulo A. de, "Limitações no entendimento de conceitos básicos de Física", Dissertação de Mestrado, Instituto de Física - Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 1976.
- MOREIRA, Marco Antonio. *Uma abordagem cognitiva ao ensino da Física*. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983.
- MOREIRA, Marco A. e LEVANDOWSKI, Carlos E., *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983.
- OLSON, David R., "On Conceptual Strategies", In: *Studies in Cognitive Growth*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1967.
- PACHECO, Décio, *Tarefa de Escola*. Campinas, Papirus, 1983.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE, *Física*. Parte III. São Paulo, Edart, 1967.
- PIAGET, Jean, *A situação das ciências do homem no sistema das ciências*. 2a. ed., Lisboa, Livraria Bertrand, 1973.
- _____, *Para onde vai a educação?* 3a. ed., Rio de Janeiro. Livraria José Olympio Editora/UNESCO, 1975.
- _____, *Fazer e Compreender*. São Paulo, Edições Melhoramentos e Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
- _____, *A noção de tempo na criança*. Editora Record, Rio de Janeiro, s.d.
- _____, *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. Paris, Presses Universitaires de France, 1946.
- _____, *Introduction à l'épistémologie génétique, 2/La pensée physique*. Paris, Presses Universitaires de France, 1974.
- _____, "Action, travail et impulsion", avec Robert Maier, In: *La formation de la notion de force, Études D'Epistémologie Génétique*. vol. XXIX. Paris, Presses Universitaires de France, Paris, 1973.
- _____, *Psicologia da Inteligência*. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1977.
- _____, *O Estruturalismo*. 2a. ed., São Paulo, DIFEL, 1974.
- _____, *A Tomada de Consciência*. São Paulo, Edições Melhoramentos e Editora da Universidade de São Paulo, 1977.
- PIAGET, J., INHELDER, B. et SZEMINSKA, A., *La Géométrie spontanée de L'enfant*. Paris, Presses Universitaires de France, 1948.

- PIAGET, Jean e GRÉCO, Pierre, *Aprendizagem e Conhecimento*. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos S/A, 1974.
- RESNICK, Robert e HALLIDAY, David, *Física*. Parte I. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S/A e Editora da Universidade de São Paulo, 1965.
- SISTO, Fermíno F., "Alguns aspectos na utilização de medidas em ciências humanas", In: *Iniciação teórica e prática às ciências da educação*. Petrópolis, Editora Vozes Ltda., 1979.
- SÃO PAULO (Estado) - Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular de Física para o 2º grau*. São Paulo, 1977.
- _____ *Subsídios para a implementação da proposta curricular de Física para o 2º grau*. Volume I. *Medidas e Movimentos*. São Paulo, 1979.
- SYMON, Keith R., *Mechanics*. 2a. ed., London, Addison Wesley Publishing Company, Inc., 1960.

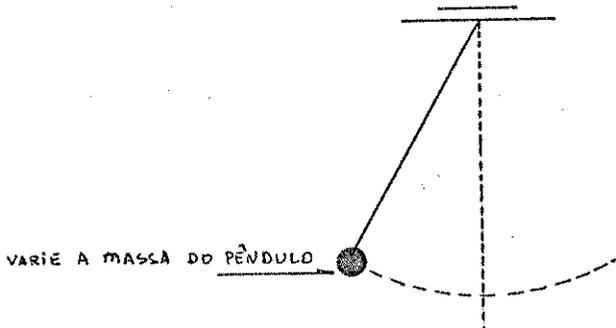
FOLHA DE ATIVIDADES

ESTUDO DO MOVIMENTO DE UM PÊNDULO

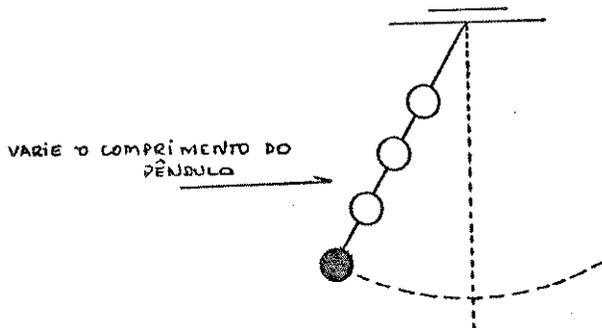
1. Escolha um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Solte-o de uma determinada posição e meça o período de oscilação. Varie a amplitude de oscilação, repetindo a medição do período.



2. Escolha uma posição de largada e um comprimento do pêndulo. Varie a massa do pêndulo, medindo para cada uma o período de oscilação. Mantenha sempre o mesmo comprimento e a mesma posição de largada.



3. Escolha uma posição de largada e uma massa para o pêndulo. Varie o comprimento do pêndulo, medindo para cada um o período de oscilação. Mantenha sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.



ANEXO 2

ESTUDO DO MOVIMENTO DE UM PÊNULO

Dando continuidade ao nosso trabalho, estou solicitando que cada um de vocês faça um RELATÓRIO sobre o ESTUDO DO MOVIMENTO DE UM PÊNULO.

Com esse RELATÓRIO, pretendo que cada um de vocês organize suas próprias idéias sobre o fenômeno que temos estudado neste semestre. Além disso, pretendo verificar o quanto é o que cada um de vocês tem compreendido desse estudo. Por esses motivos, pedimos para que o RELATÓRIO seja feito individualmente. No entanto, para fazê-lo você poderá, evidentemente, basear-se em suas anotações, nas anotações de seus colegas, nos livros que "falam" sobre o assunto e nos resultados de todos os grupos, mimeografados e já distribuídos.

Para orientá-lo no seu trabalho apresento, a seguir, uma relação de itens que poderão participar da composição do RELATÓRIO. Essa relação de itens não é um questionário a ser respondido mas, sim, um roteiro de orientação. Por isso, o seu RELATÓRIO pode ou não se basear nesse roteiro. Entretanto, procure ser o mais completo e espontâneo possível na sua realização.

ROTEIRO PARA O RELATÓRIO

- Que atividades foram desenvolvidas pelo seu grupo?
- Quais as diferenças e semelhanças entre as atividades desenvolvidas por seu grupo e as atividades desenvolvidas pelos outros grupos?
- Como foram desenvolvidas as atividades feitas pelo seu grupo? Lembre-se da montagem, da maneira como foram feitas as medidas, etc.
- Quais os resultados encontrados pelo seu grupo? Atente, principalmente, para as medidas e possíveis erros.
- A partir dos resultados encontrados pelo seu grupo, quais as possíveis conclusões a serem tiradas sobre as variáveis estudadas? E quanto aos resultados dos outros grupos?
- O que você propõe que seja feito para que se possa tirar conclusões definitivas sobre o ESTUDO DO MOVIMENTO DO PÊNULO. Como você propõe que isso seja feito?