

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

César Augusto Steffens

UM OLHAR SOBRE MEDIDAS EM FÍSICA

Porto Alegre

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

César Augusto Steffens

UM OLHAR SOBRE MEDIDAS EM FÍSICA¹

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande Sul em preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Eliane Angela Veit

Co-orientador: Prof^º. Dr^º. Fernando Lang da Silveira

Porto Alegre

2008

¹ Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

S817o Steffens, César Augusto
Um olhar sobre medidas em física / César Augusto Steffens
; orient. Eliane Angela Veit, co-orient. Fernando Lang da Silveira.
– 2008.
353 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio
Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física. Porto Alegre, 2008.

1. Grandezas físicas 2. Ensino de Física 3. Ensino médio I.
Veit, Eliane Angela II. Silveira, Fernando Lang da III. Título.

PACS: 01.40.-d

Catálogo: Biblioteca IF/UFRGS

Dedico este trabalho a minha mãe, Carmen,

pelo incentivo dado e fé nos seus filhos,

e aos meus dois filhos queridos

Francisco e Cristiano.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, agradeço sinceramente a todos aqueles que, de alguma forma contribuíram para a sua efetivação. Em especial, agradeço.....

...a Deus pela dádiva da vida;

...à Professora Doutora Eliane Angela Veit, pela parceria, prontidão, orientação segura e sempre dedicada, pautada na responsabilidade, no interesse e na valorização dos trabalhos desenvolvidos para a melhoria do ensino de Física, responsável pela efetivação deste trabalho.

...ao Professor Doutor Fernando Lang, pela sua parceria, colaboração e orientação, sempre precisa e objetiva, no desenvolvimento deste trabalho.

...aos colegas do Colégio de Aplicação e amigos, pelo carinho e incentivo;

...à direção e a Área de Física do Colégio de Aplicação da UFRGS, que investiram no meu aperfeiçoamento profissional, primeiro flexibilizando os horários na escola e depois permitindo o afastamento para a conclusão deste trabalho.

...às minhas colegas Marlusa e Eliane, professoras do Departamento de Ciências Exatas e da Natureza, que literalmente me “empurraram” para a seleção de mestrado em 2006.

...aos mestres, funcionários e colegas do M.P.E.F., pelo incentivo, cooperação e interesse.

...à minha esposa Sônia, que muitas vezes sofreu e cobrou a minha presença e parceria nas horas de afastamento para planejamento, pesquisa, execução e redação deste trabalho.

...ao meu filho Francisco que muito me auxiliou na utilização e reparação de computadores, no uso de *softwares* e pesquisas na Internet.

RESUMO

Neste trabalho apresentamos um conjunto de atividades envolvendo o processo da medição em Física para alunos de Ensino Médio. As atividades envolvem medidas manuais, exercícios sobre ordens de grandeza, notação científica, Algarismos significativos e erros, bem como simulações, vídeos, manuseio de sensores, uma introdução ao estudo de circuitos elétricos e à aquisição automática de dados, além da investigação das relações entre grandezas físicas observadas em um mesmo fenômeno físico e noções sobre o ajuste de funções a dados experimentais. O material instrucional impresso com tarefas e desafios orienta o trabalho dos alunos em pequenos grupos (dois ou três alunos / grupo). A idéia é dar-lhes a oportunidade de construir o seu conhecimento sobre a medição de grandezas em Física, através da testagem e exploração de materiais a eles fornecidos, sempre socializando as suas descobertas e conclusões, realizadas nos pequenos grupos e complementadas em discussões envolvendo a todos os alunos, envolvendo ou não o professor. O referencial teórico para o desenvolvimento deste trabalho é a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, na qual o desenvolvimento cognitivo de um indivíduo necessita ter como referência o seu contexto social, histórico e cultural, seus signos e instrumentos, tendo a sua origem nos *processos sociais*. As atividades propostas foram aplicadas e implementadas em situações de sala de aula, em dois grupos de alunos de Ensino Médio numa escola pública de Ensino Fundamental e Médio ("Colégio de Aplicação da UFRGS"), numa disciplina eletiva do Enriquecimento Curricular, intitulada "Que medida é esta?". As atividades e seus guias foram testados em um grupo de alunos no segundo semestre de 2007. Algumas modificações foram feitas para melhorá-las e outro grupo de estudantes as testou no primeiro semestre de 2008. Estes dois experimentos didáticos são descritos em detalhes no presente trabalho. O produto educacional deste trabalho consiste de um texto de apoio ao professor de Física, de um teste conceitual sobre a medição de grandezas em Física e de treze de guias de atividades para realização destas atividades para alunos de nível médio.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ensino Médio. Grandezas Físicas. Medição de Grandezas. Teoria Sócio-Interacionista. Aquisição Automática de Dados. Funções de Ajuste.

ABSTRACT

In this work we present a set of activities involving the measurement process in Physics for high school students. The activities include manual measurements, exercises about order of magnitude and scientific notation, significant figures and errors, as well as simulations, videos, handling of sensors, an introduction to the study of electric circuits and to automatic acquisition of data, an investigation of the relation between physical magnitudes observed in the same physical phenomenon and rudiments about functions adjustment to a experimental datas. Printed instructional material with tasks and challenges guides the work of the students in small groups (two or three students/group). The idea is to give them the opportunity to build their knowledge about measurement of magnitudes in Physics by testing and exploring the materials provided to them, always socializing the discoveries and conclusions achieved in the small groups and completed in discussions among all the students, involving or not the teachers. The theoretical basis for the development of this work is the socio-interacionist theory of Vygotsky, in which the cognitive development of the individual necessarily depends on the social, historical and cultural contexts, their signs and instruments, having their origin in social processes. The activities proposed were implemented in classroom situations, for two groups of high school students in a public high school ("Colégio de Aplicação da UFRGS"), in an elective course of Curriculum Enrichment, entitle "What is this measure?". The activities and their guidelines were tested in a group of students in the second semester of 2007. Some modifications were done to improve them and another group of students tested them in the first semester of 2008. Both didactical experiments are reported in detail in the present work. The educational output of this work consists of one instructional text for high school teachers, a conceptual test about measurement of magnitudes in Physics and thirteen guidelines for those activities for high school students.

Keywords: Physics Teaching. High School. Physical Magnitudes. Measurement Process. Socio-Interacionist Theory. Automatic Acquisition of Data. Functions Adjustment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES²

Figura 1: Foto de material para a atividade do guia GA1.....	41
Figura 2: Tela da página do Molecular Expressions.....	43
Figura 3: Tela inicial da página do <i>Google Maps</i>	44
Figura 4: Foto do manômetro de mercúrio em “U” apropriado para a Atividade 5 (GA5).....	47
Figura 5: Monitor comercial de pressão arterial (Techline®).....	48
Figura 6: Expirômetro artesanal de garrafa <i>pet</i>	48
Figura 7: Disposição das mãos e dedos da dupla de alunos.....	49
Figura 8: Elementos do circuito.....	50
Figura 9: Ligação da resistência de fio ao multímetro digital.....	51
Figura 10: Maquete do barco com ligação ao multímetro.....	51
Figura 11: Potenciômetro acoplado ao pêndulo rígido.....	52
Figura 12: Tela do programa Aqdados 2.0.....	53
Figura 13: Foto dos componentes eletro-eletrônicos.....	53
Figura 14: Esquema do pêndulo de placa com o LED e o fototransistor.....	55
Figura 15: Disposição dos microfones e da fonte sonora.....	56
Figura 16: Intervalo de tempo entre sons gravados nos dois microfones.....	57
Figura 17: Tela do <i>applet</i> que simula a múltipla reflexão entre dois espelhos planos.....	59
Figura 18: Esquema da formação gráfica da imagem numa câmara escura.....	60
Figura 19: Foto lateral da Entrada Principal do Colégio de Aplicação da UFRGS.....	71
Figura 20: Foto frontal da Entrada Interna do Colégio de Aplicação da UFRGS.....	71
Figura 21: Foto do saguão central do prédio A do Colégio de Aplicação da UFRGS.....	72
Figura 22: Sala 107 – Laboratório das “Exatas” com alunos trabalhando.....	73
Figura 23: Esquema colocado no quadro-negro sobre grandezas.....	74
Figura 24: Foto de alunos trabalhando com o guia de atividades (GA1).....	75
Figura 25: Diâmetro maior do Anel Viário.....	80
Figura 26: Comprimento do terreno do CAp.....	80
Figura 27: Largura do terreno do C. Aplicação.....	80
Figura 28: Comprimento do C. Aplicação.....	80
Figura 29: Largura do Prédio A C. Aplicação.....	80
Figura 30: Perímetro do Anel Viário UFRGS.....	80
Figura 31: Espectro de percepção de comprimento.....	82
Figura 32: Registro dos resultados da lei de Galileu no quadro-negro.....	84
Figura 33: Material utilizado pelos alunos nas medições.....	86
Figura 34: Planificação do couro cabeludo e medidas realizadas (Turma 1).....	87
Figura 35: Medidas no papel milimetrado e touca plástica planificada.....	88
Figura 36: Foto da medição da pressão pulmonar.....	90
Figura 37: Foto da medição da pressão arterial de um aluno.....	91

²Todas as ilustrações e quadros deste trabalho foram produzidas por César Augusto Steffens.

Figura 38: Foto de uma aluna usando o espirômetro.....	93
Figura 39: Régua plástica com diferentes escalas.....	93
Figura 40: Esquemas de dois circuitos elétricos produzidos pelos alunos.....	96
Figura 41: Foto da ligação ao conector DB15.....	99
Figura 42: Gráfico da resistência elétrica em função do número de medidas no Excel.....	100
Figura 43: Foto com o pêndulo conectado ao microcomputador.....	103
Figura 44: Foto com o pêndulo conectado ao microcomputador.....	104
Figura 45: Gráfico obtido na planilha Excel com os dados importados pelo grupo 4.....	105
Figura 46: Foto do equipamento utilizado para a gravação estereo do som.....	106
Figura 47: Foto da tela do Goldwave de um teste de gravação estereo.....	107
Figura 48: Foto da tela com o registro gráfico das cinco batidas.....	108
Figura 49: Trechos dos quatro estágios da ampliação obtida com “Sel” do Goldwave.....	108
Figura 50: Gráfico da distância percorrida d em função do tempo decorrido t	112
Figura 51: Foto do “material” utilizado na última atividade da disciplina (Turma 2).....	115
Figura 52: Foto final do grupo de E.C. “Que medida é esta?”.....	115
Figura 53: Gráfico do percentual de acertos no pré-teste por aluno.....	117
Figura 54: Gráfico do percentual de acertos por questão no pré-teste.....	118
Figura 55: Gráfico do percentual de acertos nas questões do pós-teste por aluno.....	119
Figura 56: Gráfico do percentual de acertos nos dois testes por aluno.....	120
Figura 57: Gráfico do percentual de acertos nos dois testes por questão.....	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese dos assuntos relacionados a “Medidas de Grandezas Físicas” em livros didáticos de ensino médio e nossa avaliação (x indica que o assunto não é abordado).....	24
Quadro 2: Atividade proposta, com o código de identificação do correspondente guia de atividade elaborado para os alunos.....	40
Quadro 3: Características dos vídeos selecionados.....	45
Quadro 4: Teste elaborado para a avaliação do conhecimento dos alunos sobre Medições e Medidas de Grandezas Físicas.....	65
Quadro 5: Questionário de satisfação dos alunos.....	69
Quadro 6: Respostas dos alunos ao questionário de satisfação (“opinário”).....	122

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Panorama Atual.....	15
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Objetivos.....	19
2. TRABALHOS RELACIONADOS	23
2.1 Livros Didáticos de Ensino de Física.....	23
2.2 Artigos e Experiências Anteriores.....	25
3. REFERENCIAL TEÓRICO	31
3.1 Introdução.....	31
3.2 A Teoria Sócio-Interacionista de Vygotsky.....	31
3.3 Implicações da Teoria de Vygotsky neste Trabalho.....	34
3.4 A Epistemologia Contemporânea de Laudan.....	36
4. PRODUTO EDUCACIONAL	39
4.1 Atividades Propostas.....	39
4.2 Texto de Apoio ao Professor de Física.....	61
4.3 Instrumentos de Avaliação.....	64
4.3.1 Pré e Pós-testes.....	64
4.3.2 Questionário de Satisfação.....	69
4.3.3 Guias de Atividades.....	70
5. CONTEXTO E RELATO DA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA	71
5.1 Local de Aplicação.....	71
5.2 Público Alvo.....	73
5.3 Relato das Atividades Desenvolvidas.....	74
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	117
6.1 Pré-testes.....	117
6.2 Pós-testes.....	119
6.3 Comparação dos Pré e Pós-testes.....	120
6.4 Questionário de Satisfação.....	121
7. COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES	127
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICE A – TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA	135
APÊNDICE B – GUIAS DE ATIVIDADES	207
APÊNDICE C – DETALHES DE USO DO MATERIAL DE ALGUNS GUIAS DE ATIVIDADES ..	295
APÊNDICE D – REGISTRO DAS RESPOSTAS AOS GUIAS DE ATIVIDADES	307

1. INTRODUÇÃO

Nesta seção apresentamos um breve panorama sobre o ensino de Física na atualidade, a justificativa deste trabalho em função dos documentos oficiais emitidos pelo MEC para o Ensino Médio nos últimos 10 anos (PCN, PCN+,...), além da definição e descrição dos principais objetivos deste trabalho, relacionados a Medidas em Física.

1.1 Panorama Atual

Com as grandes reformas e mudanças que os ensinos fundamental e médio sofreram nos últimos 40 anos, em parte devido ao expressivo crescimento das populações em geral, em parte devido às profundas mudanças ocorridas em nível familiar e social, percebe-se uma grande ausência de habilidades e de conhecimento geral e específico de alunos que ingressam no ensino médio.

Os valores vivenciados e os conhecimentos transmitidos pelos professores no passado, não produzem mais o “homem” que a sociedade atual espera e necessita, num mundo onde se produz e distribui muita informação, onde tudo ocorre espantosamente rápido e muitas vezes com sérias conseqüências.

Neste processo, o crescimento vertiginoso da população em idade escolar, associado à carência de professores graduados nas áreas científicas e à falta de investimentos expressivos na área de educação pelas políticas sociais adotadas, trouxe como conseqüência direta uma drástica redução de períodos semanais nas diversas disciplinas do currículo oficial das escolas. Esta redução de períodos, principalmente na disciplina de Física, onde a falta de professores sempre foi muito grande, resultou numa perda importante na qualidade do trabalho pedagógico desenvolvido pelos professores desta área. Associados a este processo, a falta de investimento do poder público e a indiferença dos governantes à importância da Escola na construção da sociedade do futuro resultaram na desvalorização do trabalho do professor e do papel da escola.

Em tempo: inclui-se nas mudanças ocorridas neste período, a transformação do Ginásio nos últimos quatro anos do Ensino Fundamental, e expansão de várias das escolas com atuação somente até o nível de Ginásio para o Ensino Médio, sem as mínimas condições em termos de infra-estrutura de laboratórios e professores de ensino médio. Isto está acontecendo atualmente com as grandes escolas particulares de Ensino Médio, transformando-as em um número infindável de novos Cursos Superiores no “papel”, sem qualidade e sem as mínimas condições pedagógicas para atuar. A causa principal desta migração de antigas escolas de Ensino Médio para escolas de Ensino Superior foi a perda de um grande número de alunos, atribuída principalmente à perda do poder aquisitivo das classes sociais menos favorecidas.

1.2 Justificativa

Em 1978 o autor deste trabalho iniciou a sua vida profissional como professor, trabalhando em diversas escolas particulares de Porto Alegre, em uma escola estadual e em uma escola federal.

Em 1990 assumiu o cargo de professor de nível médio com regime de dedicação exclusiva em uma instituição federal, o Colégio de Aplicação da UFRGS, onde muitos foram os trabalhos experimentais desenvolvidos com os alunos de Física de ensino médio.

No Colégio de Aplicação, com parceria de professores de Física e de Matemática, participou de uma experiência de EJA em 1999 e 2000. Nos últimos sete anos, trabalhou em pequenos cursos de extensão dirigidos a licenciandos e professores de Física e Matemática (também das áreas de Química e Biologia), com atuação no Ensino Fundamental e Médio (mesmo que sem um embasamento pedagógico muito desenvolvido). Em todos estes anos, muitas queixas de professores das áreas “Exatas” foram ouvidas, produzindo descontentamento e procura de soluções imediatas através de atividades planejadas.

As principais queixas, relacionadas à atividade experimental de Física, ouvida ao longo destes anos em conversas informais com professores, nos cursos de extensão, em reuniões pedagógicas da área e em conselhos de classe das escolas, são: “os alunos não sabem medir nada”, “eles não sabem usar uma régua ou um cronômetro”, “eles não sabem o que estão medindo”, “eles desconhecem as grandezas e suas unidades”, “nossa, como eles erram”, “os espertos ajustam os resultados”, “meu Deus, eles não reconhecem ou sabem o que é uma proporção direta ou inversa”, “eles não sabem calcular”, “não aplicam nem resolvem uma regra de três”, “eles desconhecem os Algarismos significativos de uma medida”, “são desleixados na expressão de uma medida”, “não refletem sobre o que realizaram”, “não sabem estimar ou prever”, além dos famosos “não tem postura adequada em laboratório” e “não sabem trabalhar em grupo”.

Neste processo os professores de Química, Física, Matemática e Biologia de Ensino Médio culpam aos professores que os precederam, por estas falhas, além de culparem aos professores de Ciências e de Matemática do Ensino Fundamental por não terem desenvolvido estes “conteúdos” e desenvolvidas estas “competências e habilidades” na época certa. É claro que este “queixa-queixa” de professores não contribui em nada para a solução destes “problemas de percurso”, a não ser para que saibamos quais são as falhas e para que possamos propor atividades experimentais instigadoras que auxiliem os alunos a superar estas dificuldades.

Dentre as várias colocações dos *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM* (BRASIL, 1999) que contribuem na construção de um currículo apropriado para a Física no Ensino Médio, as que seguem são particularmente pertinentes a este trabalho, justificando a sua elaboração, execução e validade.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 1999, p. 22)

A Física tem uma maneira própria de lidar com o mundo, que se expressa não só através da forma como representa, descreve e escreve o real, mas, sobretudo na

busca de regularidades, na conceituação e quantificação das grandezas, na investigação dos fenômenos, no tipo de síntese que promove. Aprender essa maneira de lidar com o mundo envolve competências e habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em Física. (BRASIL, 1999, p. 23)

Investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões. Como toda investigação envolve a identificação de parâmetros e grandezas, conceitos físicos e relações entre grandezas, a competência em Física passa necessariamente pela compreensão de suas leis e princípios, de seus âmbitos e limites. (BRASIL, 1999, p. 24)

O PCNEM das Ciências da Natureza de um modo geral e, especificamente da Física, além da valorização profunda da investigação nesta ciência, apontam a necessidade de vivência por parte dos alunos de conceitos, definições e aplicações em laboratórios didáticos, utilizando instrumentos específicos, unidades e processos de medida adequados às medições realizadas, além de uma abordagem adequada às estimativas, aos erros e aos desvios ocorridos no processo, como também o estudo das principais relações que podem ser estabelecidas entre as grandezas selecionadas para estudo. Acrescenta-se a isto, o uso de novas tecnologias de informação e de comunicação, como o uso do microcomputador e de instrumental científico existente no mercado. O que chama a atenção neste documento é a mudança dos objetivos das políticas públicas para a educação, priorizando “competências e habilidades” a serem desenvolvidos pelos alunos, deixando em segundo plano os conteúdos específicos das diversas disciplinas. Para reforçar este aspecto, citamos Veit e Teodoro:

Nos PCNEM, os objetivos curriculares são focados em competências e habilidades a serem atingidas pelos estudantes nas diferentes disciplinas, ao invés de focados nos conteúdos específicos cobertos por estas disciplinas. Esta perspectiva altera completamente a organização curricular, pois passam a ser as competências que orientam a seleção e o ordenamento dos conteúdos, com os seus respectivos tempos e espaços curriculares (VEIT; TEODORO, 2002, p. 89).

No PCNEM são listadas diversas “habilidades e competências” a serem desenvolvidas pelos alunos na área de *Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias* que estão distribuídas em três itens (eixos) a saber, a *Representação e comunicação*, a *Investigação e compreensão* e a *Contextualização sócio-cultural*. O texto deste documento está disponível no endereço: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> >. Entre as “competências e habilidades” indicadas para serem desenvolvidas com os alunos na Física, também participantes dos objetivos deste trabalho, podemos listar:

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender mais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.
- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.

- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.
- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico (BRASIL, 1999, p. 29).

As *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais* para a Física (BRASIL, 2002) apresentadas pelo MEC em 2002, mais conhecidas por PCN+ do Ensino Médio, podem ser encontradas no endereço: < http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf >. Estas orientações enriqueceram as propostas apresentadas nos PCNEM, privilegiando a algumas competências em Física, descrevendo propostas de articulação destas competências com os conhecimentos a serem trabalhados e estabelecendo temas estruturadores com critérios e estratégias para o desenvolvimento efetivo destas competências. É um trabalho sério, esclarecedor e muito interessante em termos práticos, pois têm uma formulação muito mais próxima e apropriada ao trabalho dos professores de Física do Ensino médio do que os PCNEM.

Apesar de que “habilidades e competências” são o foco desses dois documentos do MEC, estes termos não são definidos nesses documentos e existem muitas controvérsias e desentendimentos sobre seus significados, tanto entre os professores da rede de ensino brasileira como entre os próprios elaboradores dos documentos oficiais (PCNs), como demonstraram Ricardo e Zylbersztajn (2008) em uma análise dos documentos oficiais do MEC a partir da LDB/96. Neste artigo eles relatam os resultados de sua pesquisa, envolvendo os elaboradores dos PCNs, sobre os temas centrais destes documentos, ou seja “as competências”, “interdisciplinaridade” e a “contextualização” no currículo dos ensinos fundamental e médio, tão difíceis de compreender pelos professores em geral e implementá-los em sua sala de aula.

Em um documento do MEC mais recente, as *Orientações Curriculares Para O Ensino Médio – Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Conhecimentos de Física* (BRASIL, 2006), apresentadas pelo MEC em 2006, disponíveis na Internet no endereço: < http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf >, são retomadas as orientações dos documentos anteriores (PCN e PCN+) e novamente é comentado o papel das competências e saberes escolares nos projetos de ensino e aprendizagem. São, então, selecionados meios e conteúdos que facilitem o desenvolvimento das competências a serem desenvolvidas nos alunos de ensino médio, e sugeridos seis grandes temas estruturadores que permitirão determinar os conteúdos disciplinares mais significativos, contextualizadores e interdisciplinares do currículo de Física para o Ensino Médio, acompanhados das competências mais específicas para eles. Os temas estruturadores indicados neste documento são:

Tema 1: Movimento, variações e conservação.

Tema 2: Calor, ambiente e usos da energia.

Tema 3: Som, imagem e transformação.

Tema 4: Equipamentos elétricos e telecomunicações.

Tema 5: Matéria e radiação.

Tema 6: Universo, Terra e vida. (BRASIL, 2006, p. 57)

Como exemplo, para o tema estruturador **Matéria e Radiação**, são apresentadas as inter-relações possíveis de serem realizadas. Neste documento ainda é abordado o enfoque de estratégias para a ação didática e o uso da história e filosofia da Ciência para enriquecer o ensino de Física no Ensino Médio.

Voltando ao nosso trabalho, esperamos que os alunos, com a realização das atividades propostas, sob o ponto de vista conceitual, aprimorem a compreensão de conceitos de física e de medição, das definições associadas e das relações matemáticas entre grandezas físicas selecionadas para estudo. Sob o ponto de vista experimental, esperamos que os alunos adquiram noções sobre os métodos de obtenção de dados e suas análises, suas imprecisões, suas representações através do uso de tabelas e de gráficos, desenvolvendo habilidades e competências requeridas no uso de recursos tecnológicos atuais. Esperamos, ainda, que estas aprendizagens associadas ao envolvimento cognitivo nas práticas experimentais, levem os alunos a uma pré-disposição positiva para atividades experimentais mais exatas e formalizadas.

No Colégio de Aplicação, além das disciplinas curriculares, ditas “comuns”, os alunos têm a possibilidade de optar, no primeiro e segundo ano do Ensino Médio, por uma disciplina chamada “Enriquecimento Curricular” (E.C.), de âmbito semestral e com dois períodos semanais (no Ensino Médio, o aluno participa de 4 propostas de E.C.), de acordo com Diretrizes Curriculares Nacionais. As disciplinas de Enriquecimento Curricular são propostas por professores de todas as áreas, de acordo com as suas crenças, necessidades, possibilidades e habilidades, visando oportunizar uma formação mais qualificada para os alunos em determinada área de seu interesse (visando uma profissão, por exemplo), ultrapassando o que usualmente é possível na sala de aula. Cabe aos professores das diversas áreas aproveitarem este espaço, oportunizando aos alunos atividades que sanem algumas de suas dificuldades, complementem ou preencham suas lacunas curriculares, além de vislumbrarem possibilidades de realizarem um curso superior, um curso técnico ou embasar sua escolha profissional.

1.3 Objetivos

São objetivos deste trabalho a concepção, a organização e o desenvolvimento de uma série de atividades experimentais em laboratório didático, com materiais de aquisição fácil, recursos de multimídia e guias de experimentos, que complementarão as atividades de sala de aula, propiciando aos alunos uma oportunidade de suprir parte das lacunas de conhecimentos, de habilidades e competências mínimas requeridas como pré-requisitos em atividades didáticas experimentais de Física para o Ensino Médio.

A escolha de materiais de aquisição fácil³, de baixo custo e normalmente encontrados em lojas comerciais especializadas ou não, favorece tanto o desenvolvimento de novas aplicações

³ Para a construção de “sensores” (transdutores) com precisão igual ou superior aos encontradas em *kits* comerciais existentes em laboratórios didáticos de nível médio, são necessários componentes do tipo diodos, foto resistores, foto transistores, potenciômetros,...cujo custo unitário raramente supera o valor de R\$5,00.

destes materiais como a sua duplicação e testagem, fora do ambiente escolar, por alunos mais interessados e professores iniciantes. Esta escolha também evita a compra de Kits Experimentais Comerciais por parte das escolas, que são muito caros e restritivos, além de favorecer a pré-disposição ao trabalho desenvolvido pelos alunos em busca de uma maior autonomia e qualidade das medições por eles realizadas.

A utilização de recursos de multimídia mais comuns, como computadores tipo Pentium I, Pentium II, Pentium III e outros compatíveis, muitas vezes desativados nas escolas e o uso de *softwares* livres ou liberados para uso restrito, favorecem a socialização deste material, tanto nas escolas como entre os alunos interessados. Isto não significa que os professores devam abdicar da necessidade de atualização, sempre que possível, pessoal e dos recursos instrumentais e de multimídia, mas sim, usar tudo aquilo que estiver ao seu alcance e cobrar muito das administrações para o estabelecimento de condições suficientes que visem o aprimoramento do seu trabalho e da qualidade de ensino a que se propõe executar.

Para que outros professores também tenham sucesso em um trabalho semelhante, organizamos também um *texto de apoio ao professor de Física*, retomando os conteúdos de Física a serem abordados com os alunos em aula ou em textos complementares.

Os conteúdos de Física envolvidos, na disciplina de Enriquecimento Curricular “Que medida é esta?”, estão listados abaixo, distribuídos num total de 40 horas/aula:

- Grandezas Físicas Fundamentais e Derivadas.
- Grandezas Físicas Escalares e Vetoriais.
- Sistemas de Unidades.
- Medição, unidade e padrão.
- Medidas e contagens.
- Medidas diretas e indiretas.
- Confiabilidade e estimativa.
- Erros de medida.
- Média, desvio e valor mais provável.
- Simulações e medidas.
- Aquisição automática de dados.
- Grandezas diretamente e inversamente proporcionais.

Os experimentos realizados, tanto no trato de medidas, propriamente ditas, como na aquisição automática de dados usando o microcomputador, abarcam conteúdos das áreas de Mecânica, Acústica, Ondulatória, Óptica Geométrica e Eletromagnetismo.

Esperamos que a elaboração do presente trabalho colabore diretamente na produção de uma melhora significativa no trato, na execução e expressão de medidas de grandezas físicas, no conhecimento das limitações dos processos de medição abordados (significado, processo, erros e precisão), bem como no desenvolvimento de uma forte pré-disposição dos alunos por atividades experimentais mais exatas e formalizadas.

Trabalhos relacionados, encontrados em livros didáticos de Ensino Médio e alguns artigos e experiências anteriores relacionadas ao assunto “medidas em Física” são apresentados na seção 2 deste trabalho.

Na seção 3 apresentamos o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, além de algumas implicações diretas em sua execução. Este trabalho está apoiado na teoria

sócio-interacionista de Vygotsky, por possuir uma abordagem mais relacionada à interação social do sujeito, na qual o desenvolvimento cognitivo do indivíduo necessita ter como referência o contexto social, histórico e cultural onde ocorre, tendo a sua origem nos processos sociais.

O texto de apoio ao professor de Física, os guias de atividades para as atividades com os alunos de nível médio e o teste conceitual sobre a medição de grandezas em Física aplicado a eles, que fazem parte do produto educacional deste trabalho, estão apresentados na seção 4.

O contexto, os comentários, as justificativas e a análise dos resultados de cada uma das atividades, bem como propostas de melhoria de sua aplicação são feitas na seção 5.

A análise e comparação dos resultados dos pré-testes e pós-testes (teste conceitual), das respostas dadas pelos alunos ao questionário de satisfação e de alguns comentários sobre as atividades realizadas são apresentadas na seção 6.

Na seção 7 apresentamos os comentários finais e conclusões sobre a aplicação deste trabalho.

Constam nos apêndices deste trabalho o **texto de apoio ao professor de Física** (Apêndice A), os **treze guias de atividades para alunos de Ensino Médio** (Apêndice B), os detalhes de uso do material de alguns guias de atividades (Apêndice C) e os registros das respostas aos guias de atividades dadas pelos alunos aos guias de atividades (Apêndice D).

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, apresentamos um breve panorama sobre a bibliografia existente, iniciando a revisão em livros didáticos de Ensino Médio e depois descrevemos artigos que foram importantes para o desenvolvimento do nosso projeto, a maior parte deles relacionados às Medidas de Grandezas Físicas.

2.1 Livros Didáticos de Ensino de Física

A grande maioria dos livros didáticos tradicionais de Física no Ensino Médio, inclusive os “bons livros” com os quais temos maior familiaridade, pouco ou nada apresentam sobre o assunto central escolhido para este trabalho, ou seja, Medidas de Grandezas Físicas. Carecem de conceitos, definições e aplicações em laboratórios didáticos, utilizando instrumentos, unidades e processos de medida adequados a cada medição, sem contar a falta de uma abordagem mais prática nas estimativas, erros e nas relações matemáticas mais simples que podem ser estabelecidas entre duas grandezas físicas associadas a um mesmo fenômeno físico ou evento.

Não podemos esquecer que seria desejável a inclusão de tópicos relacionados ao uso de novas tecnologias, como por exemplo, em instrumentos de medida digital de tempo (relógios e cronômetros), de comprimento (utilizando laser de microondas, óptico e ultravioleta), de temperatura (termômetros e câmaras de infravermelho e ultravioleta), de corrente elétrica (multímetros e relógios de distribuição), de iluminação (em lâmpadas automáticas, em máquinas fotográficas, em filmadoras, em salas de teatro). Ainda entre as novas tecnologias, acrescenta-se o uso de mídias de informação e de comunicação, utilizando o microcomputador como controlador de operações, como instrumento de medidas, como coletor, organizador, editor, e executor automatizado de dados escolhidos para posterior análise, em laboratórios de pesquisa das universidades e de empresas existentes nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Apesar desta carência, são encontrados em livros de ensino médio assuntos relacionados a “Medidas de Grandezas Físicas”, como caracterização das grandezas físicas, o processo da medição e sistema de unidades, notação científica e ordem de grandeza, estimativas, medidas diretas e indiretas e estimativas. A fim de esclarecer quais são os tópicos efetivamente tratados e com que profundidade, fizemos um levantamento na maior parte dos livros didáticos de ensino médio existentes no mercado, incluindo os livros que compõem a lista enviada pelo MEC para as escolas públicas para 2009, que apresentamos na Quadro 1.

Neste quadro, foram indicados com asterisco os livros didáticos selecionados pelo MEC, sobre os quais cabe um comentário. No final de 2006, o MEC enviou a todas as escolas públicas brasileiras uma lista significativa de novos livros para o Ensino Médio, como já aconteceu anteriormente com as outras disciplinas do currículo comum do Ensino Médio. Cabe aos professores selecionar um dos livros textos enviados para consulta, para recebê-los em 2009, um para cada aluno

do Ensino Médio. Os professores de Física do Colégio de Aplicação selecionaram a coleção de livros de Luz e Alvarez (2005), para os três anos do ensino médio.

Quadro 1: Síntese dos assuntos relacionados a “Medidas de Grandezas Físicas” em livros didáticos de ensino médio e nossa avaliação (x indica que o assunto não é abordado).

Assuntos	Grandezas físicas fundam., derivadas, escalares e vetoriais.	Medição, unidades e padrões. Sistemas de unidades e S.I.	Potências de dez, notação científica e ordem de grandeza.	Algarismos significativos e principais operações.	Medidas diretas e indiretas. Estimativas.	Confiabilidade, precisão e erros de medida.	Média, desvio e valor mais provável de uma medida.	Simulações e experimentos simples.	Aquisição automática de dados.	Relações estabelecidas entre grandezas físicas.
Gaspar (2005a, 552 p.)	Superficial	Superficial	x	x	x	x	x	x	x	x
Luz e Álvares (2003, 415 p.)	x	Regular	x	x	x	x	x	Regular	x	x
Ramalho et al. (2003, 480 p.)	x	Superficial	Regular	Bom	x	x	x	x	x	x
Carron e Guimarães (2003, 290 p.)	x	Superficial	Bom	Bom	x	x	x	x	x	Bom
Hewitt (2002, 685 p.)	x	Superficial	Superficial	x	x	x	x	x	x	x
Bonjorno et al. (1997, 480 p.)	Superficial	Superficial	x	x	x	x	x	x	x	x
Alves et al. (1984, 496 p.)	x	Superficial	x	x	x	x	x	x	x	x
Pauli et al. (1979, 300 p.)	x	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	x	x	x	x
P.S.S.C. (1963, 230 p.)	x	Regular	Bom	Superficial	Superficial	Bom	x	Bom	x	Muito Bom
Sampaio e Calçada (2005, 456 p.) (*)	x	Superficial	Bom	x	x	x	x	x	x	x
Gaspar (2005b, 552 p.) (*)	x	Superficial	x	x	x	x	x	x	x	x
Gonçalves e Toscano (2005, 472 p.) (*)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Luz e Alvarez (2005, 376 p.) (*)	x	Bom	Superficial	Regular	x	x	x	Bom	x	x
Penteado e Torres (2005, 230 p.) (*)	x	Bom	Regular	Bom	x	x	x	x	x	Bom

* Consta na relação de livros didáticos do MEC.

Fonte: César Augusto Steffens.

Vê-se que dentre os tópicos que pesquisamos, relacionados na primeira linha da Quadro 1, o mais freqüente é aquele relacionado à *medição, unidades e sistema internacional de unidades*. Em apenas um dos livros este assunto não é tratado, porém, em nossa apreciação, a abordagem em oito livros é superficial, em dois, regular e apenas quatro dos quatorze livros introduzem o assunto de modo que consideramos bom. O segundo tópico a merecer destaque é *ordem de grandeza e notação científica*, cuja apresentação consideramos satisfatória em dois dos livros, regular em outros dois, e boa em quatro deles. *Algarismos significativos e operações* é o terceiro item mais freqüente nas obras consultadas, e cinco dos sete livros que o contemplam, contém uma boa apresentação. Os demais aspectos deixam de ser contemplados na maior parte dos livros, sendo tratados em três ou menos livros, porém de modo geral, mais satisfatoriamente. Este é o caso de *relações entre grandezas físicas*, que consideramos bem discutidos em dois livros e muito bem apresentados em um outro. Também uma discussão entre *experimentos e simulações* é bem feita em dois livros e de modo regular em um terceiro. *Confiabilidade e erros de medidas* só são enfocados em dois livros, mas em nossa apreciação a discussão é boa. Para finalizar, mencionamos que *grandezas fundamentais e derivadas, e escalares e vetoriais* só são tratadas, e de modo superficial, em dois livros. Em pior situação está *a aquisição automática de dados* ignorada por todos os autores dos livros consultados.

Em resumo, consideramos que as melhores abordagens são apresentadas nas seguintes referências: Ramalho, Ferraro e Soares (2003), Carron e Guimarães (2003), Pauli et. al (1978), o P.S.S.C.(1963), Luz e Alvarez (2005) e Penteado e Torres (2005). Estes livros contêm interessantes abordagens sobre o processo da medição, ordens de grandeza, notação científica, algarismos significativos e relações entre grandezas físicas, sem abordarem, na sua maioria, os demais assuntos selecionados para esta consulta, como a caracterização das grandezas físicas e medições, o processo da medição, médias, desvio e valor mais provável, experimentos e simulações, e aquisição automática de dados.

É oportuno recordar que no livro conhecido por muitos professores e alunos de 30 a 40 anos atrás, o “P.S.S.C. de Física”, do Physical Science Study Committee (1963), encontramos uma apresentação extensa, interessante e histórica sobre a Física, sobre o tempo, o espaço e a massa dos corpos, sua medição, espectro de valores e experimentos simples de realizar, funções e escalas úteis para caracterizá-los e descrevê-los. Nesta obra, os autores dedicam um capítulo inteiro (Capítulo 10) especialmente à mensuração, com experimentos e cuidados necessários para a obtenção de medidas mais precisas e confiáveis. Embora se tratando de uma obra muito interessante, devemos lembrar que a ênfase deste projeto de ensino era a de procurar preparar a todos os alunos do antigo ensino médio (científico, clássico e técnico) como se fossem seguir alguma profissão científica.

2.2 Artigos e Experiências Anteriores

Também existem muitas publicações e artigos produzidos por professores do ensino superior, pós-graduandos e professores de ensino médio em todo o Brasil, principalmente na Revista Brasileira

do Ensino de Física (RBEF), no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF, do antigo Caderno Catarinense de Ensino de Física) e na Física na Escola (suplemento semestral da RBEF), além dos trabalhos de professores, mestrandos e doutorandos do Instituto de Física da UFRGS, muito úteis e atualizados, que também foram consultados para a elaboração deste trabalho. Dentre estes, destacamos os que foram mais importantes para a consecução de nossos objetivos.

Axt e Brückmann (1993) propõem diversas atividades experimentais, com roteiros e materiais de laboratório didático de física, já testados com alunos da Licenciatura de Física da UFRGS, sendo muito dos materiais elaborados no próprio IF-UFRGS. Consta deste trabalho, a determinação da velocidade média; o uso do dinamômetro na determinação das forças peso, atrito, resultante, de empuxo; determinação de calores específicos e latentes, da dilatação linear de uma barra usando um ebulidor elétrico; caracterização dos elementos de um circuito elétrico, medida de corrente e resistência elétrica, chegando até conceituar semicondutores, diodos e termistores; produção e caracterização de campos magnéticos gerados por correntes elétricas; descrição dos fenômenos de reflexão, refração e dispersão da luz, complementado pelo estudo da conjugação de imagens em lentes e o funcionamento óptico do olho humano.

O Departamento de Física da UFRGS oferece, há mais de trinta anos, cursos de extensão para alunos do ensino médio. Em um destes cursos os tópicos tratados são fenômenos mecânicos e térmicos e no outro, eletromagnetismo e ótica. Como textos de apoio para os alunos do ensino médio, Axt e Alves (1994a e 1994b) realizaram uma composição de textos, compilados e incorporados de contribuições de livros e projetos da época (locais e de outros centros), além de livros e projetos antigos. Diversas atividades, algumas teóricas e outras experimentais, envolvendo os fenômenos mecânicos e térmicos são apresentados em Axt e Alves (1994a) e sobre eletromagnetismo e ótica em Axt e Alves (1994b). Entre outros, constam, no volume relativo à Mecânica e Física Térmica o movimento de um rotor num trilho, descrevendo um movimento uniformemente acelerado, a determinação da força de empuxo em diversos líquidos e a determinação do coeficiente de dilatação de um metal. No volume sobre Eletromagnetismo e Ótica o uso de eletroscópios, a construção e análise de um circuito elétrico, o estudo experimental de componentes eletro-eletrônicos e a verificação da lei de Snell para a refração, sem contar a introdução ao estudo do efeito fotoelétrico.

Axt, Bonadiman e Silveira (2005) exemplificam o uso de *espirais*, comumente usadas em encadernação, como a alongação de molas em experimentos simples e com bons resultados, aplicáveis a escolas de Ensino Médio. Entre eles, a obtenção da constante elástica da mola utilizando a suspensão de “pesinhos”, a observação das diferentes acelerações de queda de partes de uma mola alongada pelo seu próprio peso e a produção e observação da propagação de ondas mecânicas transversais e longitudinais nas molas.

Apresentando como alternativa na aquisição automática de dados o uso da placa de som de um microcomputador, em vez das tradicionais e caras interfaces conversoras analógico-digitais, Haag (2001) justifica e exemplifica a introdução e o uso dos microcomputadores com placas de som em laboratórios didáticos de Física. Descrevendo os fundamentos do funcionamento destas placas de som, suas entradas e portas digitais e analógicas existentes, ele embasa a aquisição automática de dados via porta de *joystick* da placa de som. Também apresenta alguns exemplos de aquisição

automática de dados, como: a determinação da posição angular de um pêndulo através de um potenciômetro ligado à porta analógica da entrada de *joystick* de uma placa de som; a placa de som e o microcomputador, com *softwares* adequados de fácil acesso, substituindo os instrumentos de medida, como um freqüencímetro, um gerador de sinais, um osciloscópio e um analisador digital de espectros sonoros, além de apresentar um pequeno programa nas linguagens QBASIC e C para coletar dados através da porta *joystick*.

Uma visão panorâmica e sucinta sobre possibilidades de introdução da aquisição automática de dados em laboratórios didáticos de Física do Ensino Médio é apresentada por Haag, Araújo e Veit (2005). Os autores comentam o atraso da escola no uso do microcomputador no Ensino Médio, conforme segue:

Nas ciências em geral e na Física em particular, o computador vem sendo maciçamente utilizado para a criação de complexos modelos científicos que não poderiam ser realizados sem o seu auxílio. Entretanto, na escola atual, ele serve prioritariamente como simples fonte de consulta e apresentação de textos (ibid., p. 69).

Justificam o uso e apresentam vários exemplos com possibilidades de aplicação do microcomputador como uma ferramenta útil, atual, de acesso fácil e sem grandes custos aos professores de ensino médio. Entre as aplicações sugeridas, destacamos a medida da velocidade do som no ar, utilizando dois microfones ligados à entrada estéreo "*line-in*" da placa de som de um microcomputador; a produção de ondas estacionárias, utilizando um alto-falante acionado por um sinal elétrico produzido por um microcomputador; a determinação do coeficiente de restituição, nas sucessivas colisões de uma bolinha de pingue-pongue, utilizando um microfone ligado à entrada mono "*mic*" da placa de som de um microcomputador, além da possibilidade de análise das propriedades fisiológicas do som produzido por diversos instrumentos musicais.

Em sua dissertação de mestrado, Silva (2005) apresenta uma proposta de utilização do microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física, com atividades experimentais abertas, um hipertexto para os alunos e textos de apoio para os professores. Segundo a autora,

A inserção de novas tecnologias no ensino, mais especificamente a utilização do microcomputador como uma ferramenta no laboratório didático de Física pode contribuir no desenvolvimento de tópicos de Física no cotidiano e ainda prepará-lo para um eficaz uso das novas tecnologias na sua vida extra-classe (ibid., p.8).

A proposta deste trabalho é propiciar aos alunos a oportunidade de compreenderem os princípios fundamentais de um sistema automático de aquisição de dados a partir de seus componentes básicos. Para tanto, os alunos começam trabalhando com sensores (fotodiodos, foto sensores, termistores, LDRs e fotocélulas) e, com o uso de um multímetro digital, fazem medidas manuais para observar como a variação de determinadas grandezas físicas resultam em variações da resistência elétrica dos sensores. Somente em uma segunda etapa, sistemas de detecção que usam tais sensores são acoplados ao PC, e a medidas automatizadas. Os tópicos tratados são medidas de tempo, ondas mecânicas transversais (em cordas) e longitudinais (sonoras). As medidas de tempo são feitas, através da entrada de jogos da placa de som, com o uso de fotodiodos e aplicadas no

estudo de movimentos uniformes e uniformemente variados. Em ondas mecânicas transversais o microcomputador atua como gerador de sinais, acionando a extremidade de uma corda presa a uma caixa de som com adaptações⁴ e são estudados os modos normais de vibração em cordas. Em ondas mecânicas longitudinais, é determinada a velocidade de propagação do som no ar, a partir da análise dos sons gerados com a palma da mão em uma das extremidades de um tubo de PVC. O *software* empregado para a análise espectral do som é o Spectrogram (HORNE, 2008), que também foi utilizado na exploração das três qualidades fisiológicas do som, em exercício com instrumentos musicais e com as vozes dos alunos.

O produto deste trabalho é um texto de apoio que contém os assuntos sensores e sua utilização, medidas automáticas de tempo usando a placa de som de um microcomputador, produção e medição de ondas mecânicas transversais e longitudinais, utilizando *softwares* específicos de análise e medição (SILVA; VEIT, 2005). A parte deste texto relativa a sensores, suas aplicações e como conectá-los foi ilustrada com mais detalhes por Steffens (2008).

Medidas da velocidade de propagação do som no ar com microcomputadores também foram realizadas por Grala e Oliveira (2005) num laboratório didático de Física de Ensino Médio, utilizando dois eletretos (microfones utilizados em microcomputadores) e a entrada estereofônica (*line-in*) da placa de som de um microcomputador. Os microfones são colocados a diferentes distâncias da fonte sonora, de modo que o intervalo de tempo gasto pela frente de onda para atingir cada um deles é distinto. Esta diferença nos intervalos de tempo é detectada com o *software* Goldwave (2008), que permite a análise espectral de som. A velocidade do som no ar é, então, calculada a partir da razão entre a distância entre os dois microfones e o intervalo de tempo que a frente sonora demora em percorrer esta distância. O *software* Goldwave é apresentado em duas versões, dependendo do sistema operacional utilizado (WIN95 e WIN98, ou, WINXP em diante) no microcomputador, com permissão de uso grátis por um mês, podendo ser reinstalado.

Ainda sobre medidas da velocidade de propagação do som no ar em laboratórios didáticos, Cavalcante e Tavolaro (2003) propõem um experimento utilizando um tubo de PVC com comprimento definido, um microfone a eletreto ligado à entrada “*mic*” da placa de som de um microcomputador. Com uma batida de palmas em frente ao tubo e com o *software* Spectrogram (HORNE, 2008), obtém-se na tela do computador as frequências de ressonância reforçadas pelo tubo, envolvendo a sua frequência fundamental e seus harmônicos, obtendo-se a velocidade através da relação $v = \lambda \cdot f$.

Possibilidades de automação para a obtenção de dados na área da mecânica são propostas, por exemplo, por Bender, Sbardelotto e Magno (2004) e Ramirez, Cinelli e Irigoite (2005). Bender, Sbardelotto e Magno (2004) descrevem a construção, calibração e utilização de um anemômetro e um freqüencímetro em laboratórios didáticos de Física, respectivamente para obtenção de medidas da velocidade do vento e do número de rotações de outros motores ou sistemas, utilizando como sensor pequenos motores DC (de brinquedos elétricos) ligados à placa de som de um microcomputador. Ramirez, Cinelli e Irigoite (2005) exemplificam um experimento sobre a segunda lei de Newton, em que apresentam um algoritmo alternativo, em linguagem C, para coleta de dados, descrevem a construção e utilização de um sensor de tempo utilizando um disco perfurado e um

⁴ Em Silva (2005) e Silva e Veit (2005) são apresentados os detalhes necessários para a construção deste sistema.

fototransistor, além de exemplificarem o uso de sensores e da entrada de *joystick* de um microcomputador, para a coleta automatizada dos dados.

Uma proposta de uso de uma planilha Excel para a aquisição e manipulação de dados em experimentos realizados em laboratórios didáticos de Física é descrita em Figueira e Veit (2004). Utilizando a linguagem *Visual Basic*, a aquisição é feita com um arquivo DLL específico, através de uma entrada digital da porta de jogos da placa de som de um microcomputador. Trata-se do uso de um fototransistor que opera na faixa do infravermelho ligado à porta digital. Além da descrição da montagem do sistema óptico, os autores descrevem o seu funcionamento na detecção de intervalos de tempo curtos ou longos. Apresentam como aplicação, primeiro a determinação contínua da variação do período de oscilação de um pêndulo, iniciando com grandes amplitudes até cessar o movimento. Depois, a determinação da velocidade angular de um pêndulo usando o mesmo sensor, com resultados numéricos apresentados em gráficos de quatro lançamentos seguidos com velocidades angulares diferentes. Neste trabalho também é apresentado a “macro” construída para o *Visual Basic* para a aquisição de dados de um pêndulo utilizando a planilha Excel.

Uma alternativa interessante é apresentada por Laudares, Lopes e Cruz (2004) que fazem a leitura da porta de jogos do microcomputador com a linguagem Logo. Com o uso de um sensor magnético (*reed-switch*) ligado à porta de jogos de um microcomputador, alguns tipos de movimentos sobre um colchão cilíndrico de ar, feito de canos e juntas de PVC, são estudados por turmas de introdução à Física na UFRJ.

Saba, Raposo e Santana (2002) apresentam, num interessante artigo, um processo considerado simples pelos autores para se conseguir fotografar eventos muito rápidos ou instantes muito específicos que ocorrem ao nosso redor, como o disparo de uma arma, o explodir de um balão perfurado por uma flecha, ou o impacto de uma esfera de aço com outra ou com o solo. Para isto, eles utilizam um SCR ligado a um *flash* em uma sala escura, com uma câmera com obturador aberto. Um microfone ligado a um amplificador, cuja saída aciona o SRC e dispara o *flash*. Este artigo serviu de inspiração para o desenvolvimento da terceira atividade proposta deste trabalho, envolvendo eventos considerados “invisíveis” à percepção do olho humano.

Serviu de inspiração para as duas atividades finais deste trabalho, a dissertação de mestrado de Rosa (2005), cujo objetivo era o “desenvolvimento e a implementação de atividades integradas entre as disciplinas de Matemática e Física” (ibid., p. 13), utilizando-se de experimentos simples realizados em laboratório didático de Física. Dentre os experimentos utilizados, podemos citar a formação de imagem em uma câmara escura, o movimento de uma gota de água dentro do óleo, a alongação de uma mola e a descida de um volante em um plano inclinado. Utiliza também simulações de movimentos em *softwares* específicos com o microcomputador. Segundo a autora, em todos os momentos está “investigando as contribuições dessas atividades no processo de construção do conceito de função” (ibid., p. 21).

Os *softwares* necessários para leitura, aquisição e manipulação de dados são citados em várias publicações como: em Araújo (2002), no qual o autor disponibiliza o *software* Aqdados 2.0 para leitura de dados através das entradas da porta de jogos (*joystick*) de uma placa de som de um microcomputador; em Grala e Oliveira (2005), no qual as autoras apresentam uma experiência para a

medida da velocidade do som no ar, usando o *software* Goldwave 4.26 (GOLDWAVE, 2008) para análise do som captado por dois microfones, através da entrada da placa de som de um microcomputador, e também, em Cavalcante et al. (2002) onde os autores apresentam um experimento que permite determinar o coeficiente de restituição para um choque que ocorre entre uma bolinha e o solo, através da análise do espectro do som produzido pelos choques, usando o *software* Spectrogram (HORNE, 2008), que tem acesso limitado a 10 min, sem contar as planilhas eletrônicas que contenham acesso à linguagem *Visual Basic*, como a Excel, cujo uso é muito freqüente (FIGUEIRA; VEIT, 2004).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Introdução

Entender que o conhecimento *é construído de forma ativa pelos alunos* e não apenas *transmitido pelo professor e passivamente aprendido por estes alunos* é o pressuposto básico das teorias construtivistas conhecidas. Algumas são estudadas e aplicadas em sala de aula, embora muitas vezes sendo mais apregoadas quanto ao uso, do que aplicadas de uma forma efetiva e satisfatória.

Podemos considerar que, atualmente, duas são as idéias mais fundamentais destas teorias construtivistas sobre o conhecimento científico: que a ciência é uma construção humana e que a aprendizagem de ciências é uma construção de cada aluno. Esta construção não é linear e, tampouco, um processo cumulativo. Dá-se aos “trancos”, com sérias crises, rupturas e reformulações do conhecimento prévio. De um modo geral, o conhecimento científico é dinâmico e relativo, pois está sempre evoluindo. (OSTERMANN E MOREIRA, 1999).

Dentre as teorias construtivistas (Ausubel, Bruner, Jonhson-Laird, Piaget, Vygotsky, Kelly,...), optamos pela teoria sócio-interacionista de Vygotsky como fundamentação e referencial teórico para este trabalho. Esta escolha se deve a nossas inúmeras vivências ocorridas em sala de aula e em laboratório didático, com alunos e colegas professores, além das vivências ocorridas fora da escola, com parentes próximos, que levam à constatação que a aprendizagem realmente ocorre quando um grupo de alunos interage entre si, com o material instrucional e com o professor, levantando hipóteses, discutindo o processo, analisando os resultados parciais obtidos, questionando os resultados, a sua aplicação e validade.

Dentre as idéias de vários epistemólogos e historiadores contemporâneos sobre como progride o conhecimento científico, foram-nos mais próximas e significativas as de Larry Laudan, as quais escolhemos para fundamentar nossa produção de guias de atividades experimentais, reais ou virtuais. Isto se deve ao fato de acreditarmos que os guias de atividades podem auxiliar os alunos em sua mudança conceitual, principalmente quando se apresentam situações e questionamentos que vão além do conhecimento deles, propostas com uma complexidade crescente, promovendo o desafio e despertando o interesse de cada um deles, além de criar situações-problema inéditas e interessantes, sob o ponto de vista do aluno, a serem resolvidos.

3. 2 A teoria sócio-interacionista de Vygotsky

Lev S. Vygotsky nasceu em 1896 em Orcha, na Rússia.

Formou-se em direito, pela Universidade de Moscou em 1917, mas especializou-se, e foi professor, em literatura e psicologia. Mais tarde, interessou-se pela medicina fez o curso de medicina no Instituto Médico de Moscou. Morreu de tuberculose em 1934, aos 38 anos (MOREIRA, 1999, p. 110).

Suas publicações foram suspensas, na antiga União Soviética, de 1936 a 1956 e, entre sua extensa obra, podemos destacar *Pensamento e Linguagem* (VYGOTSKY, 2003) e *A Formação Social da Mente* (VYGOTSKY, 1998), importantes e necessários para um maior aprofundamento em sua teoria.

Enquanto Piaget dedicou mais de 60 anos, de sua longa vida (viveu mais de 80 anos), ao desenvolvimento cognitivo do aluno, Vygotsky, por falecer ainda muito novo (38 anos) e ter tido muitos outros interesses, dedicou-se pouco mais de 5 anos ao desenvolvimento de suas idéias, hoje consideradas construtivistas. Com uma abordagem centrada em outra perspectiva, mais relacionada à *interação social* do sujeito, ao entrar em contato com a obra de Piaget, Vygotsky a elogiou em muitos aspectos, embora tenha tecido algumas duras críticas a Piaget por não ter dado a devida importância à situação social e ao meio, destacando as contribuições da cultura, da interação social e da dimensão histórica no desenvolvimento mental do sujeito. Também encontramos discórdia em suas perspectivas teóricas, pois, segundo Piaget, *o desenvolvimento cognitivo é condição necessária para a aprendizagem* do sujeito, ao passo que para Vygotsky *a aprendizagem é que é necessária para o desenvolvimento cognitivo do sujeito*, sendo uma *condição fundamental* para este ocorrer (MOREIRA, 1999). Nas palavras de Gaspar (2005c):

Ao contrário da teoria piagetiana para a qual um novo conceito só pode ser aprendido quando as estruturas mentais que essa aprendizagem exige já tiverem construídas na mente do aluno, na teoria de Vygotsky essas estruturas mentais só serão ou começarão a ser construídas se e quando esses novos conceitos forem ensinados. Não é o desenvolvimento cognitivo que possibilita a aprendizagem, mas é o processo de ensinar e o esforço de aprender que promovem o desenvolvimento cognitivo (GASPAR, 2005c, p. 10).

Afirma Vygotsky que “o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas.” (VYGOTSKY, 1998).

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo (desenvolvimento dos *processos mentais superiores* do sujeito, como o pensamento, a linguagem e a conduta volutiva) necessita ter como referência o contexto social, histórico e cultural onde ocorre, tendo a sua origem nos *processos sociais*. Sem a *interação social* do sujeito não há aprendizagem (MOREIRA, 1999). A conversão de relações sociais em funções mentais é o desenvolvimento cognitivo, sendo que o desenvolvimento dos processos mentais superiores ocorre através da socialização produzida pelos indivíduos. Segundo ele, “o aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam.” (VYGOTSKY, 1998).

A conversão das relações sociais em funções psicológicas ocorre com a *mediação*, ou atividade mediada indireta, onde se dá a internalização de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais do ser humano. Já a *mediação* exige o uso de *instrumentos* e *signos* para ocorrer. Entenda-se como *signo* algo *que significa alguma coisa*. *Existem três tipos de signos: os indicadores, que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam; os icônicos, que são*

imagens ou desenhos daquilo que significam; os simbólicos, que têm relação abstrata com o que significam, como os números e as palavras. Entenda-se *instrumento* como algo que é utilizado *para fazer alguma coisa* (MOREIRA, 1999), como a linguagem na mediação entre as pessoas.

Para Vygotsky a *linguagem* é a propulsora da construção do conhecimento, produzindo *mediação* entre o sujeito e o conhecimento, através da *interação social*, utilizando-se dos *instrumentos* e *signos* construídos por uma sociedade num determinado contexto. A linguagem está presente em todos os atos de compreensão e de interpretação do universo do ser humano.

A aquisição de significados está diretamente relacionada com a interação social, pois estes significados são construídos socialmente e dependem do grupo e da cultura local do indivíduo. A internalização dos signos ocorre quando o ser humano consegue compartilhar os seus significados no seu contexto social. É na *interação social* que se dá a troca de *significados* entre os sujeitos.

“A interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da *zona de desenvolvimento proximal*” (MOREIRA, 1999, p. 116), também conhecida por Z.D.P., definida como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1998, p. 112).

Na *zona de desenvolvimento proximal* são definidas as funções mentais que ainda não amadureceram e estão em processo de maturação. Para ele,

A zona de desenvolvimento proximal pode, portanto, tornar-se um conceito poderoso nas pesquisas do desenvolvimento, conceito este que pode aumentar de forma acentuada a eficiência e a utilidade da aplicação de métodos diagnósticos do desenvolvimento mental a problemas educacionais. (ibid, 1998, p. 114).

A “*área de atuação*” do professor, para produzir um ensino eficiente, deve ser exatamente na *zona de desenvolvimento proximal*, que está um pouco além da *zona de desenvolvimento real* do aprendiz, onde se situa o que ele já é capaz de fazer sozinho, sem a ajuda de outros. Nesta área o professor deve agir como um *mediador* por excelência, proporcionando atividades, demonstrações e experimentos que favoreçam a interação dos alunos entre si, entre eles e o material instrucional, entre eles e o professor, que os ajudem a construir o seu conhecimento e, por conseqüência, produzir o seu desenvolvimento cognitivo. Vygotsky afirma que:

[...] o aprendizado orientado para níveis de desenvolvimento que já foram atingidos é ineficaz do ponto de vista do desenvolvimento da criança. Ele não se dirige para um novo estágio do processo de desenvolvimento, mas, ao invés disso, vai a reboque desse processo. Assim, a noção da zona de desenvolvimento proximal capacita-nos a propor uma nova fórmula, a de que um bom aprendizado é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento (VYGOTSKY, 1998, p. 117).

No estudo experimental realizado por Vygotsky e seus colaboradores, concluíram que o processo que leva à formação de conceitos passa por três etapas, que são a *agregação desorganizada, ou amontoado* (criação ao acaso), a *pensamento por complexos* (evolui de relações

associativas, para relações de *coleções*, para relações em cadeia), e *conceitos potenciais* (abstração primitiva).

Na primeira etapa, denominada *agregação desorganizada*, a criança não consegue formar classes com diferentes propriedades dos objetos, amontoando-os sem organização alguma, completamente ao acaso, agrupando plantas com bolas e livros. Já na segunda etapa, denominada *o pensamento por complexos*, o agrupamento é formado através das relações concretas entre os objetos, muitas vezes as mais estranhas possíveis, pois ainda não foi desenvolvido um pensamento lógico abstrato nesta etapa. Na terceira etapa, denominada *conceitos potenciais*, a criança já é capaz de agrupar pássaros num grupo e peixes num outro grupo, embora ainda persistam por algum tempo as etapas anteriores.

Para Vygotsky, na aprendizagem, o sujeito deve reconstruir e estruturar internamente o que a sociedade já construiu e estruturou.

3.3 Implicações da teoria de Vygotsky neste trabalho

Segundo a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, o professor tem o papel de interferir intencionalmente no processo de desenvolvimento cognitivo dos seus alunos, atuando diretamente nas *zonas de desenvolvimento proximal* deles. Em seu trabalho, o professor deve planejar e orientar o aprendizado dos seus alunos para adiantar o *desenvolvimento potencial* de cada um deles, tornando-o real, procurando favorecer a socialização e o entendimento dos conceitos e práticas de uma determinada área do conhecimento, valorizando mais o processo utilizado na resolução dos problemas do que os resultados obtidos.

Para Gaspar (2005c) a função primordial do professor, nos últimos cinquenta anos foi desconfigurada e relegada a um nível inferior, reduzindo-a a, no máximo, de ser um organizador ou gerente do processo educacional, abstando-se de ensinar e mantendo-se distante do aluno. Para ele, a maior contribuição pedagógica da teoria de Vygotsky, mais divulgada nos últimos anos:

[...] pode ser o resgate da função educacional do professor, a sua recolocação no centro do processo de ensino e aprendizagem, [...] tornando-o de fato o parceiro mais capaz de quem os alunos jamais vão poder prescindir (GASPAR, 2005c, p. 12).

No presente trabalho, todas as atividades foram planejadas e desenvolvidas para serem realizadas em pequenos grupos, sendo inicialmente simples e com um aprofundamento progressivo em cada etapa, favorecendo ou promovendo a interação dos alunos entre si e com o material instrucional, mediadas pelo professor. Parte destas atividades utilizou tecnologias de informação e comunicação, especificamente o microcomputador como instrumento de medida, de simulação, de manipulação de dados, de informação e de comunicação, mudando um pouco a abordagem instrucional tradicional e aumentando o interesse e participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Optamos por atividades desenvolvidas em laboratório didático de Física, por acreditarmos que estas atividades experimentais, reais ou virtuais, são atividades de natureza coletiva, em que a interação sistematicamente favorece a troca de significados entre alunos de um mesmo grupo, onde colegas também passam a ser mediadores do material instrucional e do conhecimento.

Com objetivo de potencializar a interação e trocas de significados dos alunos entre si, entre os alunos e o material instrucional e entre os alunos e o professor, produzindo um maior envolvimento, responsabilidade e reciprocidade dos alunos, optamos pela formação preferencial de duplas de alunos, ou seja, de grupos com dois alunos (excepcionalmente com três alunos), compondo a célula básica da *interação social*, que será ampliada, como veremos mais adiante. É bom lembrar sempre que neste processo o aluno torna-se responsável pelo seu desenvolvimento, verificando se os significados que ele captou são aqueles compartilhados na área de conhecimento do professor; o professor, não é mais um instrutor, mas torna-se um mediador na aquisição dos significados, contextualmente aceitos, pelos alunos.

Para as duplas ou trincas de alunos foram planejadas e elaboradas treze atividades onde os alunos começam com uma questão ou desafio compreensível por eles e depois continuam com questões e desafios que se situam um pouco além do nível real de desenvolvimento dos alunos, mas procurando estar dentro da *Z.D.P.*, descrita por Vygotsky (MOREIRA, 1999). Deste modo, a mediação dos colegas mais capazes e/ou do professor favorece as condições de aprendizagem levando ao desenvolvimento cognitivo dos alunos, favorecendo o aprofundamento progressivo de cada um dos assuntos escolhidos e de cada uma das etapas do trabalho desenvolvido.

Para cada uma das treze atividades, foram produzidos guias de atividades onde existem instruções para auxiliar os alunos no seu trabalho, com observações, coleta e análise de dados relativos a um determinado assunto, com questões desafiadoras, aplicações e extrapolações, necessárias ao intercâmbio de informações entre os alunos dos pequenos e do grande grupo, promovendo a interação entre eles, entre eles e o material instrucional, sempre mediada pelos colegas mais aptos e/ou pelo professor.

Ao final de cada atividade realizada com os alunos, os resultados e descobertas ocorridas durante o processo de investigação/simulação foram compartilhados pelo grupo de alunos, acrescentados de críticas e soluções divergentes ocasionalmente encontradas.

Para todas as atividades previstas foram elaborados guias experimentais que apresentam uma problemática interessante a ser resolvida, inicialmente em grupos de dois ou três alunos, realizando as medições solicitadas, respondendo a questões específicas e questionando os resultados obtidos, atuando o professor como mediador na interação construtiva entre os alunos de cada grupo.

Quando completadas as atividades nos pequenos grupos, os resultados e as descobertas ocorridas no processo de investigação/simulação são compartilhados em grande grupo, através da apresentação e explicação dos resultados e descobertas ocorridas, acrescentados de críticas e soluções inéditas ocasionalmente encontradas por eles; essa interação é indispensável e favorece a interiorização dos significados por parte dos alunos.

O professor retoma a atividade anterior sempre que possível e necessário, ou no final de cada atividade, depois de completada a apresentação e socialização dos resultados, ou no início do novo encontro com os alunos. Nesta retomada o professor apresenta os conceitos e princípios de Física envolvidos, oportunizando ao aluno que “verifique se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão” (MOREIRA, 1999, 120). Acreditamos também, como Vygotsky, que “O ensino se consoma quando o aluno e professor compartilham significados” (ibid., 1999, 120).

Procuramos neste trabalho, em todas as atividades planejadas e aplicadas, focalizar o aluno como o agente principal da construção do seu conhecimento, através da interação social dentro do processo. De acordo com a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, o professor deve exercer o papel de mediador do processo de aprendizagem, pois já internalizou os significados socialmente compartilhados numa determinada área do conhecimento do currículo escolar.

3.4 A epistemologia contemporânea de Laudan

Laudan, ao descrever e analisar como progride o conhecimento científico, propõe um modelo que está baseado **na resolução de problemas**, tanto empíricos como conceituais, no qual ele toma como princípios, por ele chamados de *características persistentes do progresso científico*, as seguinte proposições:

- a troca de teorias científicas é não-cumulativa;
- teorias não são rejeitadas simplesmente porque apresentam anomalias;
- teorias não são aceitas simplesmente porque são confirmadas empiricamente;
 - a mudança de teorias e as controvérsias sobre elas são resolvidas mais em bases conceituais do que empíricas;
- há um espectro de níveis de generalidade das teorias que vai desde leis até marcos conceituais abrangentes;
- dadas as notáveis dificuldades semânticas e epistêmicas do conceito de “verdade aproximada” é implausível caracterizar o progresso científico como evolução rumo a maior verossimilhança.
- a coexistência de teorias rivais é a regra, não a exceção, de modo que sua avaliação é, primordialmente uma atividade comparativa (MOREIRA, 2006, p. 29).

Segundo este modelo, Laudan afirma que a ciência só progride quando as novas teorias resolvem mais problemas do que as teorias que as precederam. Logo, para Laudan, obter teorias de elevada eficiência na resolução de problemas é o principal objetivo da ciência (MOREIRA, 1999). Quanto aos problemas existentes a serem resolvidos por estas teorias, Laudan classificou-os em:

- *problemas empíricos potenciais*: problemas que não estão resolvidos em nenhuma teoria;
- *problemas empíricos resolutos*: problemas que estão resolvidos na teoria em questão;
- *problemas empíricos anômalos*: problemas que não estão resolvidos na teoria em questão, mas estão resolvidos em alguma outra teoria;
- *problemas conceituais*: quando a teoria é internamente inconsistente, ou a teoria não é sustentada pelas concepções dominantes, ou a teoria viola os princípios da tradição de investigação,

ou ainda, a teoria não aceita utilizar conceitos de outras teorias mais gerais.

Segundo Laudan, os *problemas conceituais* e os *problemas empíricos anômalos* são, em última instância, falhas ou inconsistências das teorias consideradas, isto é, fracassos parciais destas teorias na hora de cumprir as funções para as quais foram projetadas.

Podemos dizer que os principais pressupostos epistemológicos do modelo de Laudan, em resumo, são:

- 1) o problema empírico ou conceitual resolvido é a unidade básica do progresso científico;
- 2) o objetivo da ciência é ampliar ao máximo a esfera dos problemas empíricos resolvidos, ao tempo que reduzir ao mínimo o âmbito de problemas anômalos e conceituais (MOREIRA, 2006, p. 35).

Para encerrar e enriquecer esta breve abordagem sobre epistemologias, apresentamos abaixo uma **síntese dos principais pressupostos** das principais **epistemologias contemporâneas** (Popper, Kuhn, Koiré, Hanson, Lakatos,...) destacadas por Silveira (1991), com os quais também concordamos:

- 1) A observação e a experimentação por si só não produzem conhecimento. O "método" indutivo é um mito.
- 2) O conhecimento prévio determina como vemos a realidade, influenciando a observação. Todo o conhecimento, inclusive as observações, está impregnado de teorias.
- 3) O conhecimento científico é uma construção humana que tem como objetivo compreender, explicar e também agir sobre a realidade. Não podendo ser dado como indubitavelmente verdadeiro, é provisório e sujeito a reconstruções.
- 4) Na construção de novos conhecimentos participam a imaginação, a criação e a razão. A inspiração para produzir um novo conhecimento pode vir inclusive da metafísica.
- 5) A aquisição de um novo conhecimento é sempre difícil e problemática. Os cientistas são relutantes em abandonar as teorias de suas preferências, mesmo quando parecem conflitar com a realidade. O abandono de uma teoria implica em reconhecer outra como melhor (SILVEIRA, 1991, p. 38-39).

Como também entendemos que os dados experimentais não podem impor "uma lei" de maneira unívoca aos fenômenos, pois certamente poderá existir um número infinito de interpretações sobre eles, tanto matemáticas como conceituais, que estão relacionados ao contexto sócio-histórico e às características individuais de cada observador, procuramos evitar os pressupostos empiristas-indutivistas na confecção dos nossos guias de atividades, comumente encontrados em roteiros atividades de laboratório didático de Física, onde as instruções existentes nos roteiros têm como um dos objetivos favorecer que, "[...] partindo dos dados experimentais e através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados, [...]" , onde, "a especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar qualquer papel na obtenção do conhecimento científico." (SILVEIRA, 1991, p.36). Segundo os epistemologistas modernos, "o programa empirista-indutivista é *regressivo* e se *degenerou* [...] se comparado a outros enfoques mais modernos" (SILVEIRA; OSTERMAN, 2002, p.11) como forma de construção do conhecimento científico.

Como cremos que, com cuidado e motivação, podemos planejar guias para as atividades experimentais, reais ou virtuais, que poderão auxiliar os alunos em sua mudança conceitual, iniciando

com uma questão desafio compreensível por eles e, logo após, propondo questões além do conhecimento deles, com uma complexidade crescente, promovendo o desafio e o interesse por parte dos alunos, criando situações problema inéditos e interessantes a serem resolvidos, escolhemos as idéias do epistemologista Larry Laudan para embasar nossa produção.

Lembramos novamente, antes de encerrar esta seção, que a teoria de Vygotsky sempre teve como premissa que o desenvolvimento cognitivo de uma pessoa não pode ser entendido sem referência ao seu contexto social, histórico e cultural em que ocorre, e que a interação social é o veículo fundamental para a transmissão dinâmica do conhecimento social, histórica e culturalmente construído, e que sem a interação social do aluno não há aprendizagem (MOREIRA, 1999).

Na próxima seção apresentamos o produto educacional desenvolvido neste trabalho, cuja aplicação é descrita na seção seguinte, sempre fundamentada na teoria sócio-interacionista de Vygotsky e na epistemologia contemporânea de Laudan.

4. PRODUTO EDUCACIONAL

Nesta seção descrevemos o produto educacional desenvolvido, ou seja, o **texto de apoio ao professor de Física** (impresso no Apêndice A), os **guias de atividades** para as atividades propostas (impressos no Apêndice B) e o **teste conceitual** (impresso na seção 4.3.1) a serem aplicados aos alunos de nível médio. Especificamente, na seção 4.1 apresentamos as atividades propostas e os principais conceitos e idéias a serem trabalhadas com os alunos, explicitados nos guias de atividades. Na seção 4.2, descrevemos sucintamente o texto de apoio ao professor de Física e na seção 4.3, os instrumentos de avaliação aplicados aos alunos, incluindo o teste conceitual.

4.1 Atividades Propostas

Foram propostas treze atividades, a maior parte delas envolvendo atividades experimentais, reais ou virtuais, que descrevemos nesta seção. Para cada uma delas foi elaborado um Guia de Atividade (GA), que está impresso no Apêndice B deste trabalho. Todas estas atividades procuram apresentar uma problemática interessante e/ou instigante a ser resolvida pelos alunos.

Como dito anteriormente, as atividades foram concebidas para serem trabalhadas inicialmente em pequenos grupos (dois ou três alunos), executando tarefas de medições, solução de questões específicas e questionamentos sobre os resultados por eles obtidos, devendo o professor atuar como um mediador na interação construtiva entre os alunos de cada um dos grupos e entre eles e os materiais produzidos (VYGOTSKY, 2003). Depois de completada as atividades nos pequenos grupos, os resultados e descobertas ocorridas durante o processo de investigação/simulação são compartilhados em grande grupo, sempre acrescentados de críticas e soluções encontradas anteriormente. Cabe ao professor, sempre que possível, fazer um registro destes comentários finais, quando não houver previsão de registros nos guias de atividades.

Algumas das atividades experimentais propostas já foram realizadas no passado no Colégio de Aplicação da UFRGS, outras foram concebidas a partir do levantamento bibliográfico, envolvendo também aquisição automática de dados, simulações e modelagens computacionais, dando corpo e qualidade ao trabalho desenvolvido neste colégio.

Aconselhamos fortemente aos professores sempre testarem as atividades “virtuais”, *muito antes da aplicação com os alunos*, principalmente as que se valem de vídeos ou imagens com muitos detalhes, pois dependendo da marca e/ou versão do microcomputador e do sistema operacional nele instalado, algumas poderão não rodar imediatamente ou nunca.

Uma visão geral das atividades propostas é apresentada no Quadro 2, onde indicamos, na coluna 1, o código que adotamos para identificar o guia correspondente a cada atividade, reproduzido no Apêndice B deste trabalho.

Quadro 2: Atividade proposta, com o código de identificação do correspondente guia de atividade elaborado para os alunos.

Código	Título da atividade
GA1	Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?
GA2	O que é grande? O que é pequeno?
GA3	Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando “ligadão”?
GA4	Como tu determinarias esta grandeza física?
GA5	Quais as medidas biológicas mais comuns do teu corpo?
GA6	Com quantos decimais devemos expressar a medida?
GA7	Como funcionam os sensores elétricos?
GA8	Para que servem e como funcionam os transdutores?
GA9	Como fazer o microcomputador ler os dados fornecidos pelos transdutores?
GA10	Como importar os dados obtidos automaticamente com o programa Aqdados?
GA11	Como medir a velocidade do som na sala de aula?
GA12	Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas Físicas de um mesmo fenómeno? (I)
GA13	Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas Físicas de um mesmo fenómeno? (II)

4.1.1 - Atividade N.º 1: *Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?*

Espera-se que a realização de medições, utilizando padrões e unidades de medida não usuais, e a verificação da precisão de estimativas de comprimento, favoreça aos alunos maior compreensão e até a aquisição mínima dos conceitos de medição, padrão, unidade de medida e algarismos significativos e duvidosos. Também se espera a distinção entre estimativa visual e medida manual, a determinação das diferenças (ou desvios) absolutas e relativas, e a utilização dos instrumentos de medidas mais apropriados a cada medição.

Antes do início da aula, o professor seleciona, para cada um dos pequenos grupos, uma régua plástica de 30 cm, uma trena ou fita métrica de 5,0 m a 10,0 m, um paquímetro plástico e uma

haste (de plástico ou de madeira), de 15 cm a 30 cm. Cada grupo deverá ter uma **haste plástica** com **comprimento diferente** dos outros grupos. A foto da Figura 1 ilustra material apropriado para esta atividade.



Figura 1: Foto de material para a atividade do guia GA1.

No início desta atividade, o professor faz uma breve exposição sobre a Física, sobre o significado de grandeza e grandeza física, caracterizando-as e classificando-as em fundamentais, derivadas, escalares e vetoriais. Durante a exposição os alunos são solicitados a fornecer exemplos de grandezas e as suas unidades de medida, grandezas como idade, massa, deslocamento, velocidade, aceleração, força, energia, temperatura, quantidade de matéria e outras, se necessário.

Experimento 1: “Em quem acreditar? Qual a medida mais confiável?”

Neste experimento, inicialmente, cada um dos alunos mede o comprimento da mesa de laboratório do seu grupo, primeiro utilizando a sua mão (o “palmo”) e depois utilizando uma haste plástica, como padrões de medida de comprimento (unidades: “meu palmo” e “nossa haste”), registrando as medidas numa tabela (Tabela 1 do GA1). Os alunos são instigados, então, a comparar as medidas com padrões corpóreos (“palmos”) com as medidas com unidades instrumentais (“hastes”) de seu grupo e questionados, sobre a possibilidade de se utilizar outra grandeza física para expressar o comprimento da mesa, como massa, por exemplo. São questionados, ainda, sobre a forma dos registros que fizeram, como número e unidade de medida. Os alunos terminam o experimento observando os registros dos outros grupos, que serão diferentes entre si, quando utilizarem as hastes como padrão de medida. A discussão final entre os grupos versa sobre as medidas obtidas, a sua confiabilidade, o processo e a validade e viabilidade do padrão utilizado.

Experimento 2: “Chute ou medida? Eis a questão?”

A atividade inicia com os alunos estimando, sem instrumentos de medida, as seguintes medidas de objetos selecionados: a largura de um caderno, o comprimento da sala de aula, o diâmetro de um lápis e largura do quadro-negro. Depois, com auxílio de réguas e trenas, realizam as medições das dimensões dos objetos selecionados.

Com a determinação da diferença existente entre o valor estimado e o valor medido, e o percentual desta diferença em relação à medida realizada, os alunos poderão verificar a “qualidade” de suas estimativas, ou seja, o acerto de suas predições, estabelecendo onde e porque ocorre a faixa de medida de maior ou de menor acerto, baseados nos resultados percentuais.

Também esperamos que os alunos consigam qualificar “o estimar” e “o medir”, apresentando vantagens e desvantagens de cada um destes processos, além de reconhecerem a importância da necessidade de realizar o levantamento de erros em termos percentuais num processo científico.

4.1.2 - Atividade N.º 2: “O que é grande? O que é pequeno?”

Nestas atividades virtuais, esperamos que os alunos aprendam a interagir com *sites* e *softwares* selecionados disponíveis na Internet, que apresentam medidas de comprimento, expressas através de suas ordens de grandeza e através de notação científica como forma de simplificação da expressão de medidas nas diversas ciências.

Acreditamos que a associação visual de objetos conhecidos ou desconhecidos às suas medidas reais, favorece a compreensão de sua expressão através de ordens de grandeza e notação científica. Para isto, propomos a utilização de duas simulações da Internet; a primeira, na página de *Molecular Expressions* (MOLECULAR EXPRESSIONSTM, 2008), envolve medidas de comprimento microscópicas e macroscópicas (do átomo ao universo), a outra, na página do Google Maps (2008) ou Google Earth (2008) envolve a localização, principalmente da UFRGS e do Colégio de Aplicação, através de fotos de satélite da superfície da Terra⁵.

A aula inicia com o professor compondo, com o auxílio dos alunos, um espectro de medidas de comprimento, salientando os nossos limites de visão a “olho nu”.

Experimento 1: “Do macro ao micro: O que é ordem de grandeza?”

Esperamos que a realização desta atividade favoreça aos alunos, no melhor entendimento e melhor expressão de medidas apresentadas através de ordens de grandeza e notação científica.

Os alunos iniciam esta atividade acionando o Navegador da Internet, e acessando a página Molecular Expressions, que apresenta a seqüência de diversos “corpos” celestes e seus diâmetros, em medida decimal e em ordem de grandeza, envolvendo a grandeza física comprimento, desde os

⁵ Recomenda-se que antes de iniciar a aula, os computadores já estejam ligados e com os programas previamente testados.

quarks até o universo conhecido. A Figura 2 apresenta a página da internet indicada para este experimento virtual.

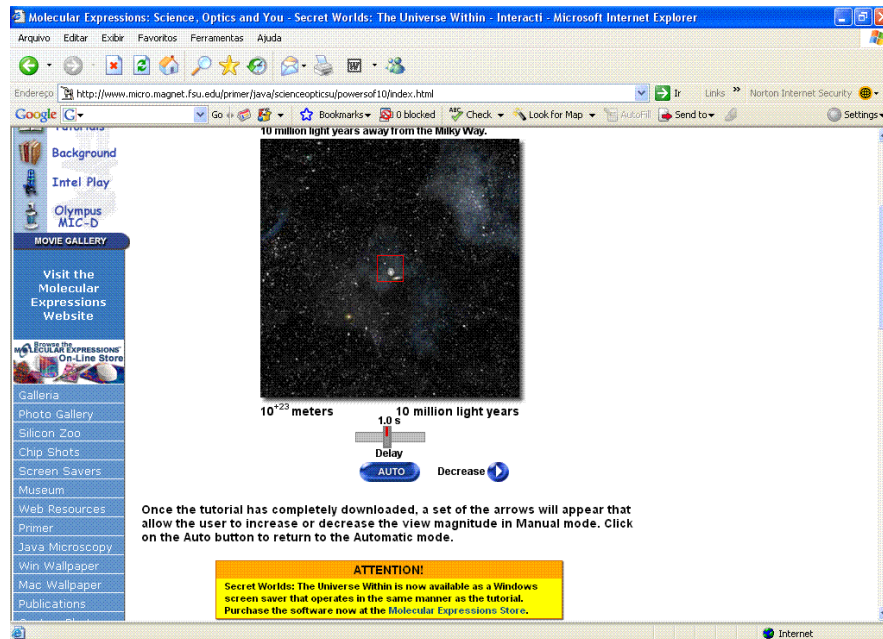


Figura 2: Tela da página do Molecular Expressions.

Os alunos observam os diversos corpos apresentados e registram numa tabela (Tabela 1 do GA2), primeiro as ordens de grandeza das medidas dos objetos e depois as reescrevem na forma decimal (literalmente descritas).

Encerrando esta atividade, completam outra tabela (Tabela 2 do GA2), a partir de medidas apresentadas sob notação científica, registrando as ordens de grandeza e as medidas decimais correspondentes. Ao final, os grupos interagem entre si e com o professor, verificando e corrigindo suas respostas, para entenderem porque erraram esta ou aquela medida ou a expressão dela.

Experimento 2: “Onde tu estás, terráqueo?”

Nesta atividade virtual, os alunos determinam algumas medidas de objetos selecionados, como o diâmetro do anel viário do Campus do Vale, a largura e o comprimento do terreno do Colégio de Aplicação da UFRGS e a largura e o comprimento do prédio A da mesma escola.

O programa utilizado para estas medições é o *Google Maps*, que funcionando *on-line* no *site* do *Google*, permite a localização de quase todos os lugares sobre a superfície da Terra, através de fotos e mapas. As fotos, com a vista feita de satélites, apresentam a localização geográfica, com detalhes que chegam até a extensão de 10 m. Os alunos obtêm as medidas solicitadas dos objetos (Tabela 3 do GA2) por meio das escalas existentes nas fotos aéreas dos locais e medidas feitas diretamente, com pequenas réguas, sobre a tela do microcomputador, determinadas através de

convenientes regras de três, avaliando o tamanho real. A Figura 3 apresenta a tela inicial da página do *Google Maps*.

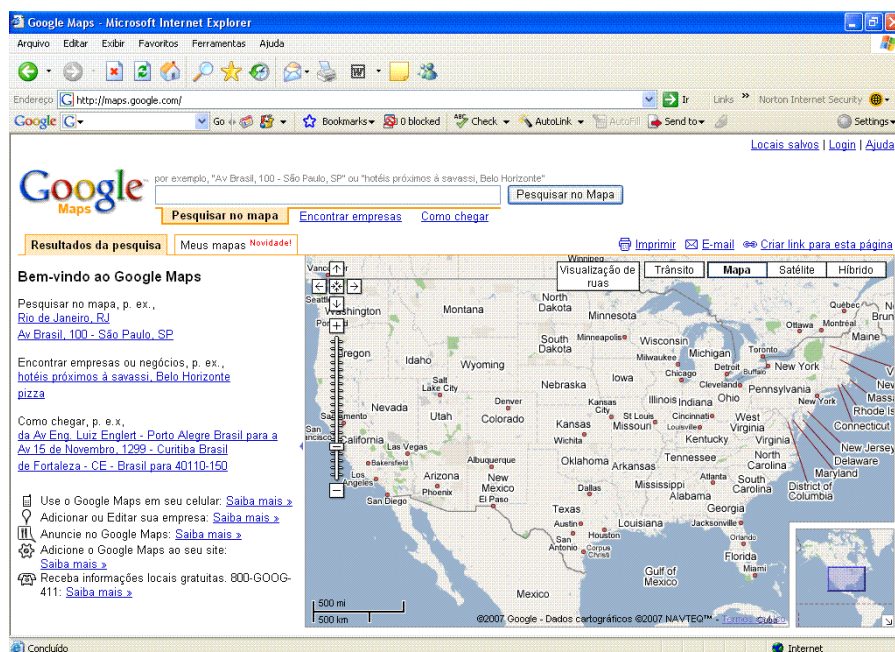


Figura 3: Tela inicial da página do *Google Maps*.

Também realizam a cópia da tela onde aparece o Colégio de Aplicação. Primeiro eles devem clicar a tecla *Print screen* (Prtsc) para capturar a imagem, depois abrir o programa Paint do Windows, onde deverão selecionar e clicar, em “Editar”, o comando “Colar”. A imagem no Paint pode ser salva, com o nome COLÉGIO_DE_APLICAÇÃO.

As medidas são finalizadas, comparando os resultados dos diversos pequenos grupos, confirmando ou acertando as medidas divergentes, além de registrarem as dificuldades mais comuns encontradas na determinação das medições solicitadas.

4.1.3 - Atividade N° 3: “Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando ligado?”

Esperamos que estas atividades contribuam para o desenvolvimento nos alunos da habilidade de estimar e determinar intervalos de tempo específicos, acompanhados ou não de cronômetros ou relógios, em eventos reais que ocorrem em intervalos de tempo ou muito pequenos (muito rapidamente) ou muito grandes (lentamente), considerados “invisíveis” à nossa percepção, além de promover a dilatação de seu espectro de medidas de tempo.

Na primeira atividade cada um dos alunos realiza uma estimativa mental e silenciosa de três intervalos de tempo diferentes, previamente selecionados, que são cronometradas por outro colega e depois registrados na Tabela 1 do GA3. No final dos registros, cada um dos alunos calcula as diferenças percentuais entre as suas estimativas e o tempo cronometrado (“medido”), estabelecendo a faixa de estimativas de maior acerto em termos percentuais. Durante a atividade e no final desta,

instiga-se a troca de informações e discussões entre os grupos, com respeito às suas estimativas, medições e desconfianças neste processo de medida.

Já na segunda atividade, cada pequeno grupo de alunos acessa a página do Youtube (YOUTUBE, 2008) na Internet, que roda vídeos de eventos previamente selecionados. Os alunos assistem a nove eventos filmados considerados “invisíveis” à percepção pelo ser humano, que ocorrem em intervalos de tempo muito pequenos, com reprodução em câmara-lenta, como a queda de uma gota colorida, ou em intervalos de tempo muito grandes, com reprodução em câmara-rápida, como o desabrochar de uma flor, e registram as suas repostas às indagações e desafios existentes no guia de atividades, sobre cada um destes nove vídeos. Os pequenos vídeos selecionados são oferecidos livremente *on-line* na Internet pelo Youtube.

O Quadro 3 apresenta as características dos vídeos selecionados, contendo: o tipo de vídeo (lento, rápido, com ou sem áudio); uma breve descrição do vídeo e a duração de execução; e a provável real duração do evento em questão.

Quadro 3: Características dos vídeos selecionados.

Nº.:	Tipo de vídeo:	Breve descrição do vídeo:	Duração do	
			Vídeo:	Evento:
1	Câmera-rápida c/áudio.	Florescer do Amarillo (lírio vermelho), desde a formação do pedúnculo até o desabrochar.	129 s	± 1 mês
2	Câmera-lenta s/áudio.	Queda de um balão de borracha cheio de água e suas deformações nos choques com o solo.	32 s	± 1 s
3	Câmera-lenta s/áudio.	Queda de uma gota de água vermelha e seu belo impacto com a superfície da água.	31 s	< 0,1 s
4	Câmera-rápida c/áudio.	Construção de uma pirâmide com moedas (recorde do Guinness).	3 min	300 h
5	Câmera-lenta s/áudio.	Demolição de uma ponte de metal, com explosão e queda do vão.	25 s	± 5 s
6	Câmera-rápida c/áudio	Crescimento de pés de rabanete, da germinação até a formação de folhas secundárias.	46 s	> 15 d
7	Câmera-lenta s/áudio	Espetacular explosão de um automóvel (com onda de choque da explosão).	17 s	± 2 s
8	Câmera-rápida s/áudio	Formação, passagem de um temporal e posterior bonança ao anoitecer.	43 s	± 8 h
9	Câmera-lenta c/áudio.	Choques com bolinhas de sinuca (bilhar) e entre bolinhas e objetos.	93 s	± 2 s

Os comentários e trocas de idéias entre os alunos, durante a execução da atividade, devem ser sempre incentivados pelo professor.

Encerrados os registros da atividade, os alunos realizam a leitura silenciosa da reportagem da revista *Veja*, “**0,003 SEGUNDO**” (TEIXEIRA, 2007), edição de 5 de setembro de 2007, e depois a analisam em grande grupo. Esta reportagem é pertinente ao assunto desenvolvido, pois relata a impossibilidade de percepção do ser humano de intervalos de tempo muito pequenos que ocorrem em competições olímpicas e automobilísticas, onde um centésimo de segundo é fundamental para o estabelecimento da vitória ou derrota de um competidor.

Ao final propomos uma discussão entre os grupos com respeito às suas estimativas, medições e observações dos eventos em vídeos, além de comentário sobre a reportagem entregue para leitura e análise.

4.1.4 - Atividade N.º 4: “*Como tu determinarias esta grandeza física?*”

Esperamos que estas atividades proporcionem aos alunos o exercício e o aprimoramento dos processos de medição direta de grandezas físicas, como massa, área e volume, além de instigá-los a realizarem medições e contagens indiretas, associadas ao nosso cotidiano. Nestas medições e contagens, os alunos têm a oportunidade de avaliar e escolher os instrumentos de medida mais adequados, as etapas do processo e as unidades das grandezas a serem determinadas. Algumas destas medições, no Ensino Médio, são consideradas de execução “impossível”, pois dificilmente são trabalhadas em sala de aula.

Utilizando uma balança comum de braço, inicialmente, os alunos determinam as massas de uma bolinha de vidro, de um seixo de mármore e de um único grão de arroz. (A precisão desta balança não é suficiente para determiná-la diretamente.) Depois, com uma folha de papel milimetrado, determinam a área da face de uma moeda, do couro cabeludo da cabeça de um colega por grupo e da superfície da bolinha de vidro (As áreas das superfícies curvas requerem um processo diferenciado de medida.). E, finalmente, utilizando um copo becker, uma proveta graduada e uma seringa graduada, medem o volume de um seixo de mármore, de uma barra de giz e de uma gota de água liberada por um conta-gotas.

Na segunda parte da atividade, os alunos são desafiados a propor soluções viáveis para medições e contagens selecionadas, descrevendo e justificando o processo utilizado, a escolha do instrumento de medida e as dificuldades encontradas. Entre elas, cabe aos alunos proporem a medição da massa de um morro, da Lua ou da Terra, a determinação aproximada do número de fios de cabelo existentes na cabeça de uma pessoa. Algumas destas medições e contagens são normalmente consideradas “impossíveis” de serem obtidas ou realizadas.

Depois de completada as medições e respondidas as questões desafiadoras em pequenos grupos, o grande grupo compara e comenta os registros efetuados (medidas e processos), socializando os resultados e resolvendo as dúvidas ainda existentes sobre o assunto trabalhado, bem como apresentando uma proposta de uma medição “fora do normal” para o grande grupo.

4.1.5 - Atividade N.º 5: “*Quais as medidas biológicas mais comuns do teu corpo?*”

Propomos esta atividade visando ampliar o conhecimento dos alunos a respeito do seu próprio corpo, caracterizando-o através da medição de grandezas físicas específicas, como a temperatura, máxima pressão pulmonar, volume máximo de expiração pulmonar, pressão arterial e número de batimentos do coração, com o corpo humano em repouso. Além da realização destas quatro medições, os alunos encontram os valores médios destas medidas para o grande grupo e verificam a existência bastante usual, de diferenças entre as medidas de diversos alunos.

Sugerimos que antes de entregar o GA5, o professor descreva sucintamente os experimentos de Stevin, Torricelli e Pascal, relacionados à pressão nos fluidos, conforme discutido no texto de apoio (seção 6), apresentado no Apêndice A.

Iniciando as atividades, cada um dos alunos mede e registra, usando um termômetro digital a sua temperatura corpórea numa tabela. Depois, calculam a temperatura média corpórea para o grupo e respondem às questões e os desafios sobre este assunto.

Na segunda atividade, os alunos utilizam um manômetro artesanal de mercúrio em “U” artesanal, como mostra a Figura 4. Nesta atividade eles medem e registram numa tabela a sua pressão máxima pulmonar, soprando na mangueirinha de látex, ajustada a um dos braços do manômetro de mercúrio (duas unidades para cada turma). Em seguida, calculam a média da pressão máxima pulmonar para o grupo, comentando e respondendo às questões formuladas sobre este assunto.

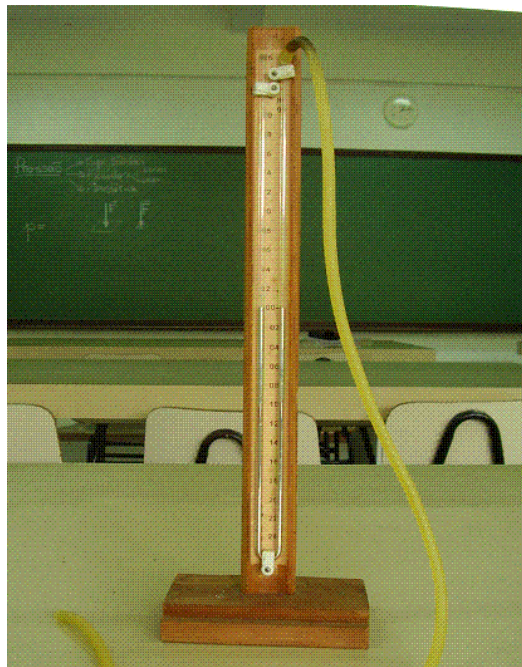


Figura 4: Foto do manômetro de mercúrio em “U” apropriado para a Atividade 5 (GA5).

Na atividade, intitulada “*Qual a tua pressão arterial máxima e mínima?*”, cada um dos alunos registra, na mesma tabela, a sua pressão arterial máxima (sistólica) e mínima (diastólica), além do número de batimentos cardíacos, determinadas por outro colega, utilizando o Monitor de Pressão

Arterial Digital. A Figura 5 apresenta um monitor de pressão arterial digital (marca *Techline®*). Após realizarem as médias para as medidas do grupo, respondem questões desafiadoras sobre o assunto.



Figura 5: Monitor comercial de pressão arterial (Techline®).

Encerrando a atividade, os alunos medem e registram os seus volumes máximos de ar expirado, soprando todo o ar dos seus pulmões dentro de um “expirômetro” artesanal. A Figura 6 mostra o expirômetro artesanal construído para esta atividade.

O expirômetro artesanal é composto de um garrafão *pet* de 5 l, graduado e sem o seu fundo, no qual se acrescenta um saco de lixo de 15 l, cujas extremidades estão fixas uma ao extremo uma mangueirinha plástica e outra a um disco de papel utilizado como indicador de “nível”. Finalmente, determinam o valor médio e respondem a questões simples sobre o assunto.

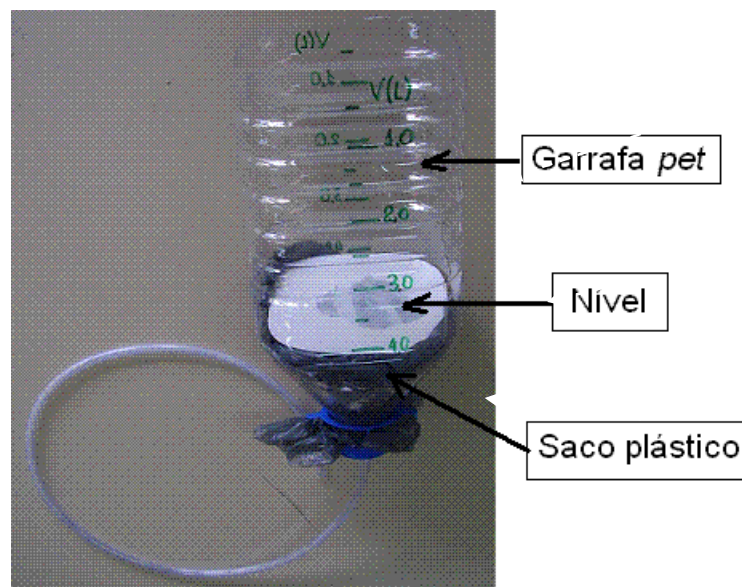


Figura 6: Expirômetro artesanal de garrafa *pet*.

4.1.6 - Atividade N.º 6: “Com quantos decimais devemos expressar a medida?”

Um dos objetivos desta atividade enfoca o conceito e o uso de algarismos significativos na expressão de uma medida nas diversas Ciências Naturais. Esperamos que ela permita aos alunos melhoria na expressão dos resultados de uma medição, determinando o número de algarismos a serem considerados, que está associado à precisão dos instrumentos e ao método de medição utilizado.

Iniciando a atividade, cada um dos alunos obtém e registra o seu tempo médio de reação para pegar um objeto com as mãos. Para isto, outro integrante do grupo solta três vezes, sem avisar, uma régua de 30 cm, suspensa na vertical pelos dedos indicador e polegar; o primeiro agarra a régua em queda e, pelas distâncias entre a posição em que a régua foi segura e o início da régua, determina os seus tempos de reação para cada queda. A Figura 7 representa a situação dos alunos A e B.

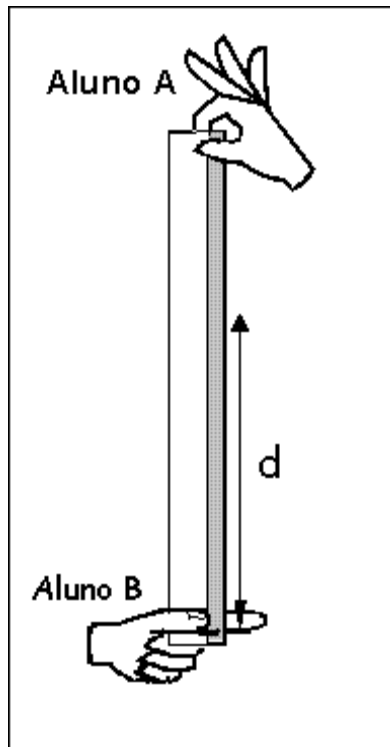


Figura 7: Disposição das mãos e dedos da dupla de alunos.

Depois, invertendo as posições, determinam o tempo de reação do outro colega. Após calcularem os tempos médios de reação para cada um do grupo, os alunos respondem a questionamentos e desafios propostos para o grupo.

Na segunda atividade, os alunos determinam diretamente as medidas da altura de um livro, utilizando para isto três réguas de 30 cm com escalas diferentes, uma decimetrada, uma centimetrada e outra milimetrada.

Eles expressam, com a ajuda do professor, as medidas realizadas com um número de algarismos significativos diferentes, sendo determinada e questionada a precisão e o uso da escala

da régua. Encerradas as medições, os alunos respondem a desafios e questionamentos, além da solução de três exercícios e discussão dos resultados obtidos no grande grupo.

4.1.7 - Atividade N.º. 7: “Como funcionam os sensores elétricos?”

Acreditamos que o manuseio e as medições realizadas com multímetros dos principais elementos de um circuito elétrico simples, como gerador (pilhas), condutor (fios), resistor, lâmpada (utilizadas como indicadoras da passagem de corrente elétrica) e *LED*, favorecem o entendimento e a aquisição de conceitos e pré-requisitos necessários para o entendimento básico dos princípios de funcionamento de um circuito elétrico simples, preparando os alunos para o estudo da realização de medições usando o microcomputador como ferramenta principal.

No início das atividades, cada um dos pequenos grupos recebe uma lâmpada, duas pilhas grandes com suporte, uma chave (tipo-campainha) e três ligações-garra. Os alunos são desafiados a montar um circuito simples, onde a lâmpada seja acesa ao ser pressionado o botão da chave, além de representarem o esquema do circuito montado. Depois respondem a questionamentos e desafios propostos, discutindo os resultados obtidos no grupo.

A Figura 8 mostra uma representação gráfica para cada um dos elementos do circuito a ser construído pelos alunos.



Figura 8: Elementos do circuito.

Na segunda atividade eles montam um pequeno circuito com uma lâmpada e uma resistência de fio (de fogão ou chuveiro elétrico) em série, observando a variação do brilho com a alteração do comprimento da resistência de fio, por simples deslocar do contato elétrico, sempre respondendo às questões e desafios realizados.

Para contrapor o funcionamento de uma lâmpada, os alunos recebem um LED, com a descrição de sua forma e características, para montar um circuito com o LED, de tal forma que ele permaneça aceso. Os alunos também são solicitados a inverter os terminais do LED no circuito, observando a polaridade exigida para o seu funcionamento, diferente do comportamento da lâmpada.

Nesta penúltima atividade, os alunos realizam as primeiras medições da resistência elétrica, primeiro de um pedaço da resistência de um fogão elétrico antigo (6Ω) e depois de um resistor comercial (18Ω), utilizando um multímetro na função ohmímetro (escala $0-200 \Omega$). Também são questionados sobre o significado da expressão no visor do ohmímetro em aberto. A Figura 9 apresenta a ligação do multímetro à resistência de fio (de fogões antigos).

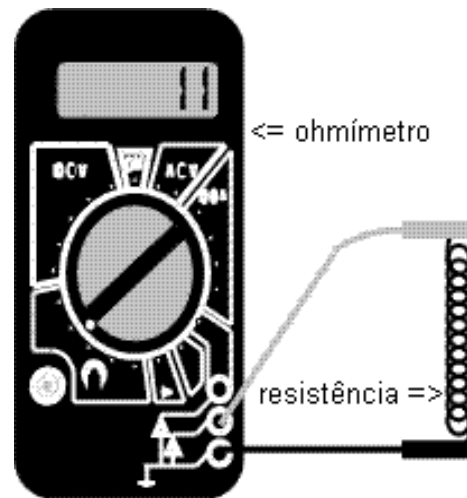


Figura 9: Ligação da resistência de fio ao multímetro digital.

Visando exemplificar uma aplicação do que foi visto anteriormente, os pequenos grupos recebem uma maquete de um navio com o eixo do leme ajustado a um potenciômetro linear, que pode ser ligado ao ohmímetro. Eles são desafiados a propor um processo que permita a medição do desvio angular do leme do barco através da leitura do ohmímetro digital. Espera-se que os alunos consigam “calibrar” o potenciômetro para isto ser possível. A Figura 10 mostra a maquete do barco com o potenciômetro no leme ligado ao multímetro, na função ohmímetro, com escala 0-2.000 Ω ou 0-20.000 Ω .

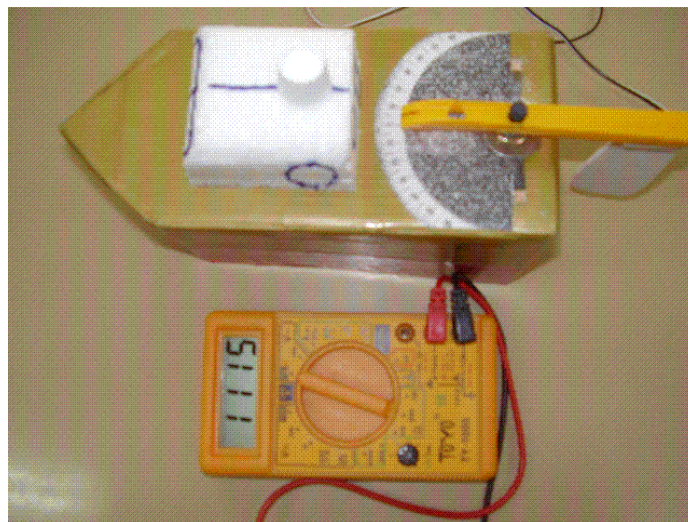


Figura 10: Maquete do barco com ligação ao multímetro.

4.1.8 - Atividade N.º 8: “Para que servem e como funcionam os transdutores?”

Para exemplificar a coleta de dados usando sensores, a primeira parte desta atividade envolverá a medida da resistência elétrica de um potenciômetro, que está acoplado a um pêndulo

rígido, primeiro com um multímetro e depois através da placa de som de um computador, usando o programa Aqdados 2.0; a segunda parte envolve o manuseio, observação e medida da resistência elétrica de diversos sensores, bem como as suas características físicas e apresentação de sua representação gráfica num circuito.

Entregando o guia GA8, o professor participa aos alunos que nesta atividade será iniciado o estudo mais específico do assunto “transdutores”, descrevendo e determinando as suas características e comportamentos, além de definir a sua melhor utilização na realização de medições, usando a automatização propiciada por um microcomputador, como ferramenta principal da coleta de dados, que neste caso, pode ocorrer sem a presença do observador.

Na primeira atividade, os alunos recebem um potenciômetro acoplado à haste rígida de um pêndulo, como mostra a Figura 11, sendo orientados a utilizar o potenciômetro para a medição indireta das posições ocupadas pelo pêndulo em oscilação. Os alunos são informados que o estudo das conexões à entrada de *joystick* será feito com mais detalhes nas aulas posteriores.

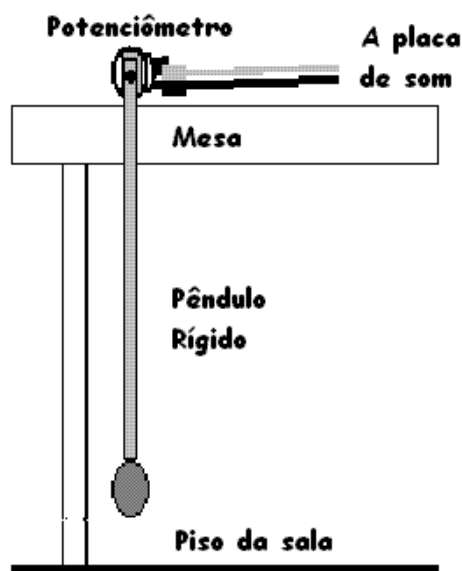


Figura 11: Potenciômetro acoplado ao pêndulo rígido.

Após conectarem o conector DB15 à entrada de *joystick* da placa de som, os alunos acionam o programa Aqdados 2.0 e selecionam a entrada Analógica 1. A leitura da resistência elétrica do potenciômetro é automatizada, isto é, o computador, através do programa Aqdados, realiza em tempo real estas leituras. Feito isto, colocam o pêndulo em movimento e iniciam a coleta de dados clicando o botão Coletar, já ajustado para 1.000 medidas com o menor intervalo de tempo possível entre elas, em torno de 0,05 s. A Figura 12 mostra a tela do microcomputador com o programa Aqdados 2.0 acionado.

Durante a coleta de dados, os alunos observam o gráfico que se forma na tela, da resistência elétrica (R) em função do tempo decorrido (t). Este gráfico poderá ter sua apresentação melhorada

apenas no final da coleta, clicando no botão *Ajusta a visualização*. Completada a coleta, os alunos salvam as medidas no arquivo denominado dados1, num disquete colocado no *drive A*.

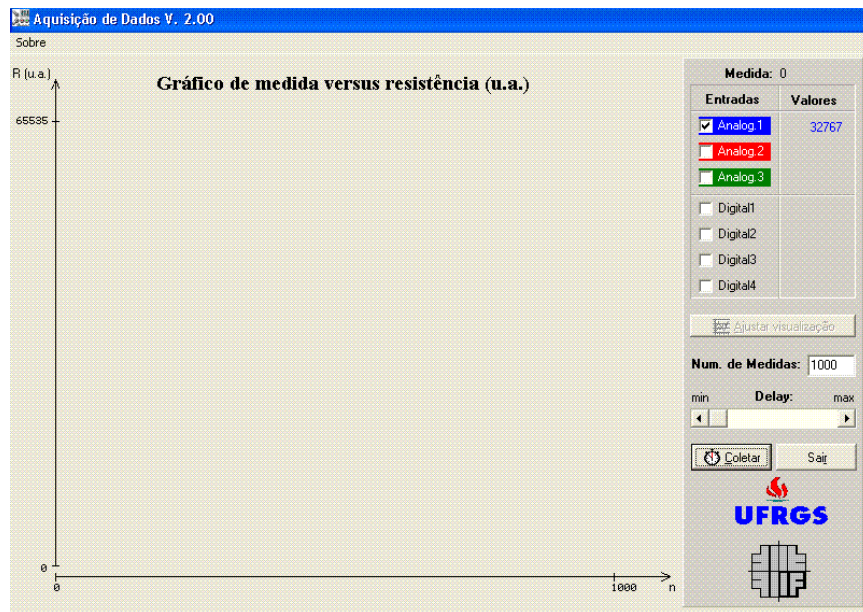


Figura 12: Tela do programa Aqdados 2.0.

Após o salvamento das medidas, os alunos realizam a calibração do potenciômetro, lendo e registrando o valor da resistência elétrica do potenciômetro acoplado ao pêndulo rígido, para amplitude zero, 30 cm à direita e 30 cm à esquerda da amplitude zero. No final, os alunos respondem questionamentos e comparam os resultados obtidos com os outros grupos.

Na segunda atividade, intitulada “Como os transdutores funcionam?”, os alunos recebem um multímetro, uma chave tipo campainha, uma chave *reset*, um potenciômetro, um fotorresistor, um fototransistor, um *reed-switch*, um termistor e um microfone a eletreto. Os eletretos têm seus *lides* (conexões) alongados através de dois fios nele soldados, um vermelho e um preto. A Figura 13 apresenta os componentes eletro-eletrônicos deste experimento, com seus *lides* alongados..

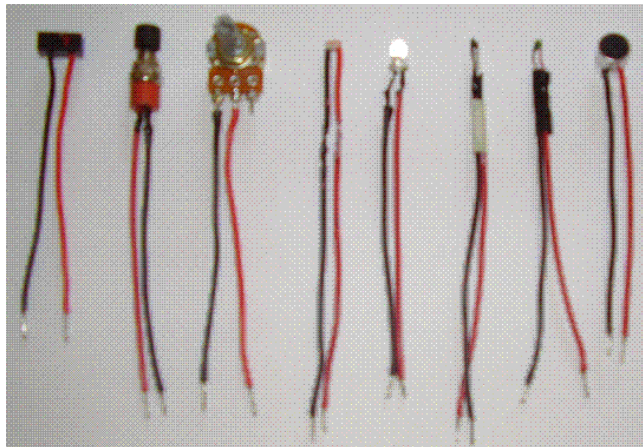


Figura 13: Foto dos componentes eletro-eletrônicos.

Com o cursor do multímetro posicionado na escala de 2000 Ω e com cada um dos componentes eletro-eletrônicos fixos nas garras conectoras deste, os alunos medem e registram as resistências elétricas destes componentes, com ou sem excitação externa, numa tabela. Completado os registros, os alunos respondem questionamentos e comentam em grande grupo as características dos transdutores e suas possíveis aplicações.

4.1.9 - Atividade N.º 9: “Como fazer o microcomputador ler os dados fornecidos pelos transdutores?”

Esta atividade foi preparada para demonstrar o comportamento analógico e digital de alguns transdutores quando conectados à entrada de *joystick* da placa de som do microcomputador. Os transdutores já haviam sido caracterizados, em termos da variação de suas resistências elétricas, na atividade anterior, sendo que o material utilizado é o mesmo, excluindo o multímetro.

Entregando o guia GA9 e o conjunto de transdutores, o professor comenta que na atividade anterior foram observadas e analisadas algumas características de diversos transdutores, em termos físicos e em termos do comportamento da sua resistência elétrica, já prevendo algumas aplicações para eles. Nesta atividade, será aprofundado um pouco este conhecimento, verificando como o microcomputador interpreta (“lê”) as informações fornecidas pelos transdutores, como estes dispositivos devem ser conectados ao microcomputador, que cuidados são necessários e qual o tipo de “leitura” que o microcomputador poderá realizar (digital ou analógica).

Iniciando a primeira atividade, os alunos são orientados a obter e registrar numa tabela a leitura automatizada das resistências elétricas apresentadas pelos transdutores, com ou sem excitação externa e em unidades arbitrárias (leituras analógicas). Mais detalhes sobre estas leituras podem ser encontrados no Apêndice C.

Na segunda atividade, os alunos são orientados a obter e registrar em uma tabela as leituras digitais dos estados lógicos apresentados pelos diversos transdutores, com ou sem excitação externa.

No final das atividades, os pequenos grupos respondem aos questionamentos e discutem os resultados obtidos e, depois, retomando em grande grupo, onde são apresentados e comentados os resultados obtidos.

4.1.10 - Atividade N.º 10: “Como importar os dados obtidos automaticamente com o programa Aqdados?”

Esta atividade foi planejada para exemplificar a importação e manipulação de dados obtidos através do programa Aqdados (aquisição automatizada) em laboratórios didáticos de Física. Para isto, montamos previamente três pêndulos, compostos de uma chapa metálica retangular suspensa por dois fios finos e resistentes, presos a hastes de madeira. Nas bases dos pêndulos foi adaptado

um LED que ilumina um fototransistor (sensor), ligado a uma das entradas digitais do conector DB15, para fornecer os intervalos de tempo de ida e de volta do pêndulo, além do tempo de passagem da placa metálica do pêndulo entre o LED e o fototransistor. Os dados são registrados pelo programa Aqdados e importados para a planilha eletrônica Excel, existente na grande maioria das escolas de Ensino Médio. A Figura 14 apresenta o esquema da montagem do pêndulo, com o LED e o fototransistor, para a aquisição automática de dados.

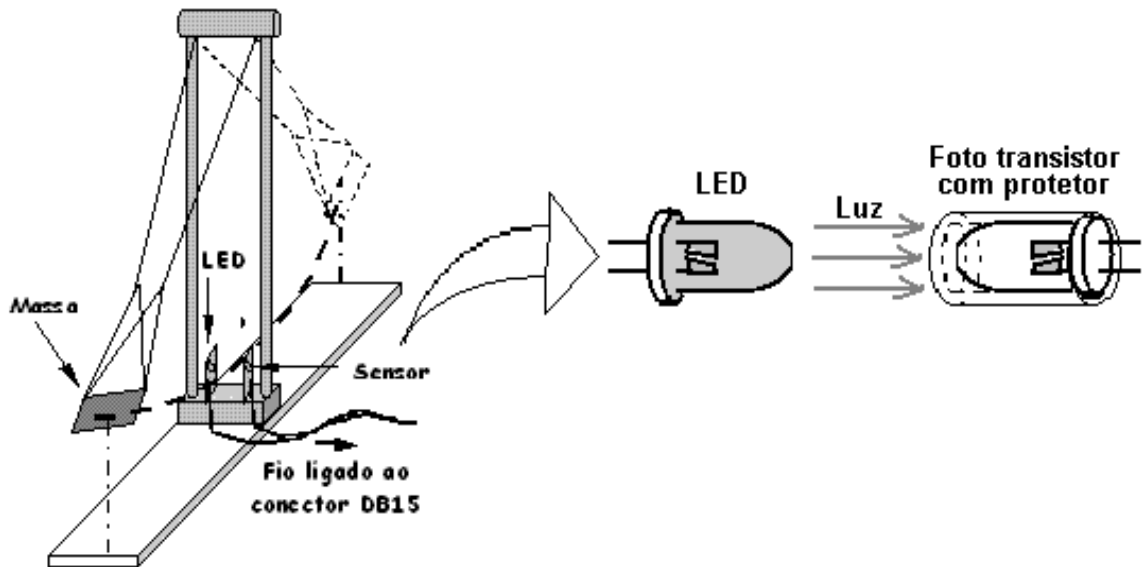


Figura 14: Esquema do pêndulo de placa com o LED e o fototransistor.

Entregando o guia GA10, o professor relembra que em atividades anteriores foi observado o comportamento elétrico e eletrônico de alguns tipos de sensores, inclusive quando ligados às entradas analógicas e digitais existentes na entrada de *joystick* da placa de som do microcomputador, onde, inclusive, foi testada a coleta automatizada de dados utilizando um potenciômetro (sensor) associado a um pêndulo rígido. Comenta também que nesta atividade será utilizado novamente o programa Aqdados, selecionando a entrada Digital 1, para poder determinar os intervalos de tempo que podem ser associados à oscilação de um pêndulo, importando e manipulando os dados coletados numa planilha Excel, encerrando esta etapa do estudo da coleta automatizada de dados deste programa.

Antes de iniciar a atividade experimental, os alunos lêem o início do guia GA10, que apresenta uma breve descrição do pêndulo com a placa metálica, o seu funcionamento e como serão feitas as medidas automatizadas dos intervalos de tempo. Estas medidas serão determinadas a partir da leitura do estado digital indicado na entrada Digital 1 do programa Aqdados, na modalidade “leituras digitais”, controlados pelo fototransistor. Detalhes sobre a coleta dessas medidas podem ser encontrados no Apêndice C.

No final, os alunos respondem aos questionamentos sobre detalhes destas medições, comentando em grande grupo os resultados obtidos em cada um dos grupos.

4.1.11 - Atividade N.º 11: “Como medir a velocidade do som na sala de aula?”

Escolhemos esta atividade para justificar a grande necessidade do uso da aquisição automática de dados em fenômenos que ocorrem muito rapidamente ou muito lentamente, impossibilitando ou complicando a medida direta com um cronômetro dos intervalos de tempo envolvidos. A medida dos intervalos de tempo decorrida na passagem do som em dois pontos da sala de aula é de 10 a 100 vezes menores do que o nosso melhor tempo de reação ao ligar ou desligar um cronômetro. Para esta atividade foi montado um circuito potencializador para microfones a eletreto estéreo (ENGDAHL, 2008), que pode ser visto no Apêndice C, juntamente com maiores detalhes sobre a coleta de medidas.

Antes de entregar o guia GA11, o professor comenta que na atividade anterior foi utilizada a planilha Excel para importar e manipular os dados obtidos automaticamente através do programa Aqdados, utilizando a entrada Digital 1, tendo sido determinados o período de oscilação de um pêndulo e a máxima velocidade atingida pela sua placa móvel, encerrando o uso do programa Aqdados e da planilha Excel nesta disciplina.

Com entusiasmo, o professor deve salientar que esta atividade é tida como um desafio para o Ensino Médio, pois muitos professores e leigos acreditam ser impossível a medição da velocidade de propagação no ar dentro de uma sala de aula, por envolver intervalos de tempo muito pequenos em trajetos da ordem de metro, dezenas ou centenas de vezes menores do que o nosso tempo de reação para ligar ou desligar um cronômetro. Comenta também que a medição destes intervalos de tempo será feita através do programa Goldwave v.4.26⁶.

Dando início ao experimento, os alunos afastam os microfones um do outro a mais de 1,2 m, colocando a fonte sonora (panela) alinhada com eles, mas não entre eles. A Figura 15 mostra a disposição dos microfones e da fonte sonora.

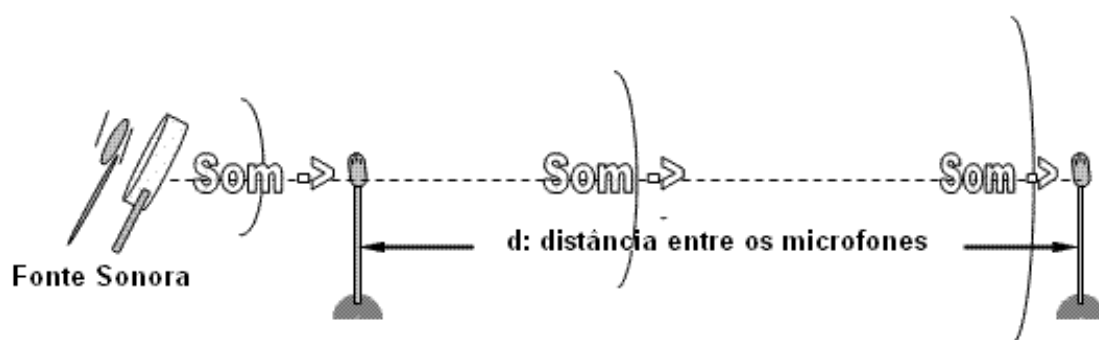


Figura 15: Disposição dos microfones e da fonte sonora.

Após o alinhamento da fonte sonora, os alunos medem a distância entre os dois microfones e iniciam a gravação do som, comprimindo a tecla “**Ctrl**” do microcomputador ao mesmo tempo em que clicam o botão “**⊙**” do programa Goldwave. Após gravarem cinco sons de golpes aplicados a uma

⁶ Versão *Shareware*: liberado para teste durante 30 dias, podendo ser desinstalado e reinstalado por mais 30 dias para as versões 95 e 98 do Windows. Existem versões mais recentes e potencializadas, que normalmente são utilizadas por técnicos e especialistas na análise de qualquer som.

panela metálica, fortes e espaçados entre si, eles encerram a gravação, clicando o botão “■” e respondem aos quatro questionamentos finais, que os auxiliarão nos próximos procedimentos.

Completado os questionamentos do guia, os alunos selecionam, com os botões direito e esquerdo do *mouse*, cada um dos cinco trechos da trilha sonora gravada que contenha os inícios de gravação do mesmo som recebido pelos dois microfones, mas que não são simultâneos. Ampliam o trecho selecionado clicando o botão “Sel” por diversas vezes, até conseguirem detectar o intervalo de tempo decorrido entre as duas chegadas do som de uma mesma batida nos dois microfones. Feito isto, registram este intervalo de tempo na Tabela 1 do guia GA11. Para analisar outro “golpe”, deve-se retomar à forma de exibição inicial, clicando em “All”, e repetir o processo, selecionando e ampliando o trecho da trilha sonora. A Figura 16 mostra o trecho da trilha sonora selecionado, após diversas ampliações, com o registro do início do som nos dois microfones.

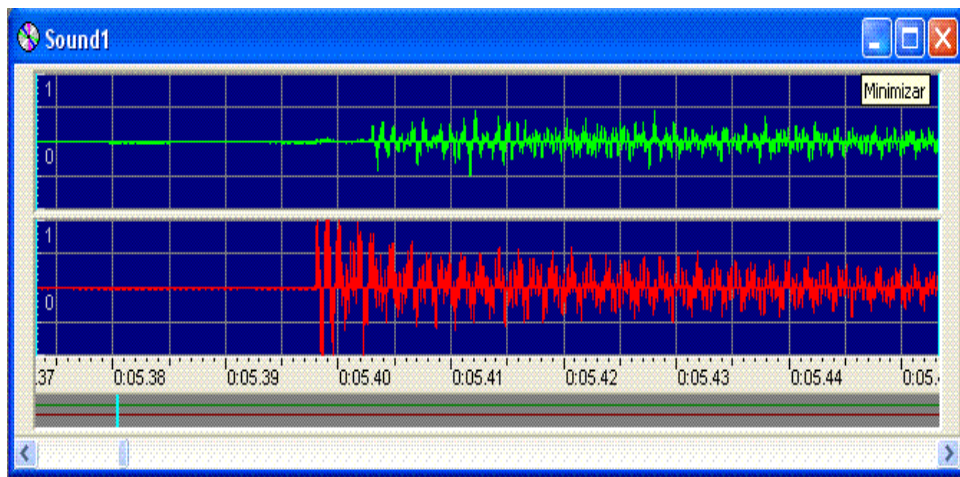


Figura 16: Intervalo de tempo entre sons gravados nos dois microfones.

Com os cinco intervalos de tempo já registrados, os alunos calculam o intervalo de tempo médio e a velocidade de propagação do som entre os dois microfones. Também medem e registram a temperatura do ar da sala de aula. Após, respondem aos questionamentos e desafios a respeito da propagação do som em diversos meios e envolvendo a temperatura, apresentando em grande grupo os resultados obtidos e solucionando as dúvidas ainda persistentes.

4.1.12 - Atividade N°12: “Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno?” (1).

As duas atividades finais foram propostas para completar o estudo envolvendo grandezas físicas e sua medição, importante no estabelecimento das propriedades das possíveis relações entre duas grandezas, tanto na Física como nas demais áreas científicas. Vamos procurar caracterizar as principais relações que podem ser estabelecidas entre as grandezas físicas, associadas a um mesmo evento, gráfica e analiticamente, realizando previsões e extrapolações de novos resultados. Como já foram realizadas diversas e fartas medições anteriormente no curso, agora são apresentados dados

já tabelados de quatro eventos distintos, envolvendo ramos diferentes da Física, resultando em duas proporcionalidades diretas, uma proporcionalidade direta quadrática e uma inexistência de relação entre os valores das grandezas selecionadas do evento.

Juntamente com a entrega do guia GA12, o professor lembra que na última atividade foi determinada a velocidade de propagação do som no ar, uma medição que é considerada difícil ou impossível de ser realizada em laboratório didático de Ensino Médio. Comenta, ainda, que nesta atividade e na próxima, será priorizada a busca de relações entre grandezas físicas associadas ao mesmo evento, caracterizando estas relações gráfica e analiticamente, realizando previsões e extrapolando para novos resultados, muito importantes nas atividades de Física.

Iniciando a primeira atividade, os alunos recebem no guia a descrição do comportamento de uma mola helicoidal metálica e uma tabela que relaciona a elongação (X) produzida nesta mola em função do peso (F) das bolinhas sustentadas por ela. Os alunos calculam e registram na quarta linha da Tabela 1 do guia GA12 a razão entre a força aplicada e a elongação produzida na mola. Após, respondem a diversos questionamentos e constroem o gráfico que relaciona estas grandezas, visando estabelecer e caracterizar a relação de proporcionalidade estabelecida entre a força aplicada na mola e a elongação nela produzida. Com isto, um novo conceito é adicionado ao conhecimento de muitos dos alunos, o da constante elástica da mola.

Na segunda atividade, os alunos recebem uma tabela contendo as medidas das massas e os respectivos volumes de amostras de um mesmo tipo de mármore branco. Depois de calcularem a razão entre a massa e o volume de cada amostra, completando a quarta linha da Tabela 2 do guia GA12, os alunos constroem o gráfico que relaciona estas grandezas e respondem a questões e desafios. Encerrando a segunda atividade, os alunos procuram estabelecer e registrar as características encontradas da relação observada entre as grandezas da primeira e segunda atividade, auxiliados pelo professor e pelo texto existente no guia sobre esta relação.

Na terceira atividade, os alunos recebem uma tabela contendo os períodos de oscilação de um pêndulo simples em função de sua massa, que é continuamente alterada, visando estabelecer algum tipo de relação entre este período e a massa do pêndulo. Eles analisam a tabela de dados com os períodos do pêndulo e os seus respectivos comprimentos, calculam a razão entre as grandezas, constroem o gráfico que relaciona estas grandezas e respondem às questões e desafios que encerram a atividade, visando concluir que o comportamento destas grandezas difere muito do comportamento das grandezas anteriormente estudadas, não podendo ser considerada grandezas diretamente proporcionais.

Como última atividade e se ainda houver tempo disponível, os alunos recebem uma tabela contendo os períodos de oscilação de um pêndulo em função dos seus comprimentos. Calculam a razão e constroem o gráfico para estas grandezas, respondem a questões e desafios e uma tentativa de extrapolação, visando estabelecer a relação entre estas grandezas físicas. Inicialmente é proposta a relação diretamente proporcional, que é negada pelas características da forma do gráfico e da razão por eles calculada para estas grandezas. Feito isto, calculam o quadrado dos períodos e relacionam com o comprimento do pêndulo, determinando a razão entre estes resultados observam uma constante, construindo o gráfico para as grandezas observam uma reta inclinada que passa pela

origem, concluindo que existe uma relação diretamente proporcional entre o comprimento e o quadrado do período deste pêndulo, extrapolando para novos resultados no final.

4.1.13 - Atividade N.º.13: “Quais são as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno?” (II)

Dando continuidade ao estudo iniciado anteriormente, as atividades deste encontro foram propostas para preencher uma das lacunas que ocorrem em quase todas as escolas de Ensino Fundamental e Médio, tanto pelo esquecimento como pela falta de tempo sempre apregoada nas disciplinas de Matemática e de Ciências. A lacuna que focamos está na ausência de abordagem e estudo do estabelecimento e caracterização de uma relação inversamente proporcional entre grandezas físicas, ou uma “função racional simples”, como dizem os matemáticos.

Ao devolver o guia GA12 do último encontro, o professor reforça as características de uma relação diretamente proporcional entre duas grandezas físicas, onde a razão entre suas medidas relacionadas resulta numa constante e, que é possível extrapolar para novos valores usando apenas a proporção direta.

Entregando o guia GA13, o professor comenta que nesta atividade serão descritas as características de uma nova relação, diferente da vista na atividade anterior, para não dizer inversa.

Os alunos acionam o navegador da Internet e acessam a paginada Internet onde existe uma atividade virtual que utiliza um *applet* de Física (HWANG, 2008) simulando a formação de múltiplas imagens de um pirulito colocado entre dois espelhos planos colocados com um vértice comum. A Figura 17 apresenta a tela que contém os espelhos planos e o pirulito colocado entre eles, simulando a múltipla reflexão de imagens.

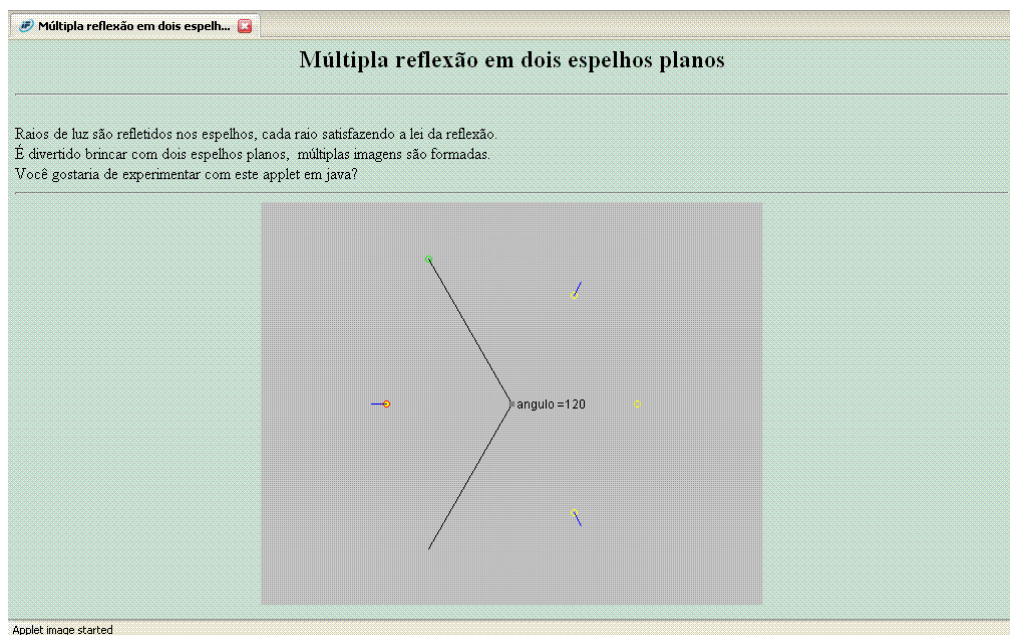


Figura 17: Tela do *applet* que simula a múltipla reflexão entre dois espelhos planos.

Alterando o ângulo entre os planos dos dois espelhos, os alunos contam o número de pirulitos vistos neste arranjo, incluindo o objeto e imagens, e observam como eles se dispõem em relação ao vértice determinado pelos planos dos dois espelhos planos. Respondem a questionamentos e constroem o gráfico do número de pirulitos (n) vistos em função do ângulo (α) determinado entre os planos dos dois espelhos. Ao calcular o produto $n \times \alpha$, os alunos extrapolam e fazem previsões para outros ângulos e situações limite como espelhos paralelos frente a frente ($\alpha = 0^\circ$) e lado a lado ($\alpha = 180^\circ$). Mais detalhes sobre esta múltipla formação de imagens pode ser encontrado no Apêndice C. Esta atividade pode ser realizada em um laboratório, usando uma pilha, um transferidor e dois pequenos espelhos planos unidos, com uma fita adesiva, pelos seus lados maiores.

Na segunda atividade, os alunos recebem a descrição da formação de imagens de um objeto colocado em frente ao orifício de uma câmara escura com uma tela de papel vegetal translúcido. Recebem também uma tabela com medidas da altura (h) da imagem projetada na tela e da distância (d) do objeto ao orifício da câmara escura. A Figura 18 apresenta o esquema da formação gráfica da imagem numa câmara escura existente no guia GA13.

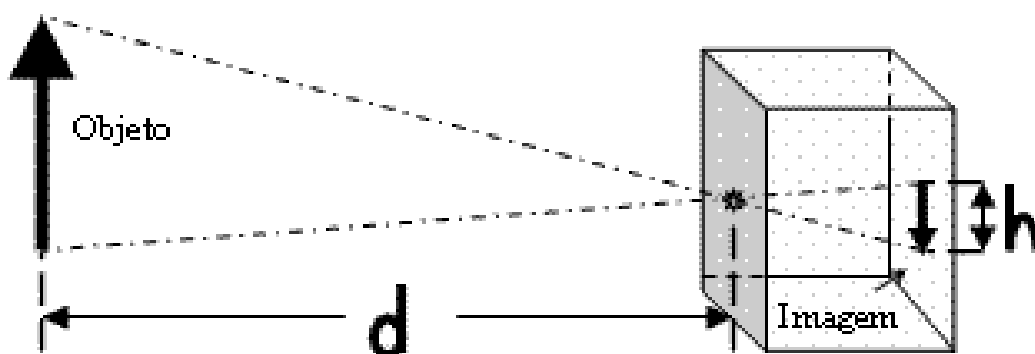


Figura 18: Esquema da formação gráfica da imagem numa câmara escura.

Nesta atividade, os alunos iniciam analisando as medidas apresentadas na tabela, calculando depois o produto $h \times d$, para cada uma das medições apresentadas, para responder aos questionamentos e construir o gráfico da altura da imagem em função da distância do objeto ao orifício da câmara escura. Além disto, fazem extrapolações para distâncias e alturas ainda não trabalhadas. No final, enunciam e registram as propriedades de uma relação inversamente proporcional entre grandezas físicas, sendo ajudados pelo professor e por um pequeno texto existente no final da atividade.

Encerrando o encontro, o professor comunica que na aula seguinte aplicará um pequeno teste para avaliar algumas facetas do progresso dos alunos em relação ao início do curso, confirmando ou não as expectativas iniciais ao propor e planejar estas atividades em seu projeto. Também realizará um pequeno questionário, um “opinário”, sobre as atividades e o tipo de trabalho desenvolvido com os alunos.

4.2 Texto de Apoio ao Professor de Física

Os textos aqui apresentados no *texto de apoio ao professor de Física* foram concebidos para servirem de base e referência aos professores que optarem por “experimentalizar” a aplicação ou adaptação dos *guias de atividades* propostos neste trabalho aos seus alunos. Obviamente, não fazia parte dos nossos objetivos, ao elaborarmos este trabalho, o esgotamento de todos os assuntos envolvidos nas atividades propostas ou o seu aprofundamento muito além do necessário. Reforçamos que a nossa perspectiva de trabalho visou sempre o processo, ou seja, privilegiando mais as atividades propostas do que o rigorismo conceitual propriamente dito, sempre permitindo ao professor, dentro da bibliografia utilizada ou a ela relacionada, complementá-lo ou aprofundá-lo onde achar necessário ou fundamental.

Neste texto de apoio, apresentamos um conjunto de conceitos, definições, informações e relações que embasam ou permeiam o processo da medição, complementando as atividades experimentais reais e virtuais, que descrevemos na seção anterior, a fim de auxiliar os professores na fundamentação conceitual e desenvolvimento das atividades. Estes textos constituem o *texto de apoio ao professor de Física* desta dissertação (Apêndice A) e nesta seção os descrevemos sucintamente.

Esperamos que este conjunto de textos simples e diretos sirva de inspiração e de apoio aos professores na preparação e realização das atividades experimentais ou virtuais propostas neste trabalho, além da valorização do processo da medição nos laboratórios didáticos de Física.

4.2.1 - Medição – Grandezas e Medidas Físicas

Iniciamos com um texto revisando os conceitos fundamentais sobre a medição, ou seja, definindo o que são grandezas físicas, grandezas físicas escalares e vetoriais, fundamentais e derivadas, sempre com exemplos associados. Descrevemos a medição como processo, revisando e conceituando medida, unidade e padrão, além de exemplificarmos o uso destes conceitos. Apresentamos a definição do S.I. para as unidades das sete grandezas físicas fundamentais. No final do texto, distinguimos e exemplificamos medidas diretas e medidas indiretas.

Este texto embasa, principalmente, as atividades dos guias GA1 (estimativas e medidas de comprimento), GA2 (medidas diretas e indiretas de distância e comprimento), GA3 (estimativas e medidas de intervalos de tempo), GA4 (medidas de área, volume e massa) e GA5 (medidas fisiológicas do corpo humano).

4.2.2 - Notação Científica e Múltiplos de Unidades

Neste texto justificamos a necessidade do uso de notação científica, como um facilitador da expressão de grandezas ou muito grandes ou muito pequenas, que vão além da nossa percepção.

Definimos a determinação da notação científica e da ordem de grandeza de uma grandeza física qualquer, com exemplos práticos associados ao processo de determinação, inclusive as regras usuais de arredondamento utilizadas. Apresentamos, em uma tabela, os principais prefixos gregos e latinos utilizados nos múltiplos e submúltiplos de unidades de medidas. No final, apresentamos um espectro de medidas, para distâncias e para intervalos de tempo, visando familiarizar o aluno e o professor com a larga escala de valores para estas duas grandezas físicas.

Este texto embasa, principalmente, as atividades do GA2 (medidas indiretas de distância e comprimento),

4.2.3 - Algarismos Significativos e Operações

Neste texto apresentamos algumas noções sobre os algarismos significativos de uma medida, sua determinação, operações, regras de arredondamento e vários exemplos de uso, visando fundamentar o desenvolvimento de atividades posteriores mais elaboradas, como identificação da relação entre duas grandezas físicas.

Este texto embasa as atividades dos guias GA1 (medidas diretas de comprimento), GA3 (medidas diretas de intervalos de tempo), GA4 (estimativas e medidas diretas de área, volume e massa), GA5 (medidas fisiológicas do corpo humano) e GA6 (tempo de reação e médias).

4.2.4 – Noções sobre a Teoria dos Erros

Visando introduzir o estudo dos **erros de medida** ou **das incertezas de medida**, procuramos caracterizar os principais erros que afetam as medidas, determinar a estimativa do valor verdadeiro de uma grandeza física, trabalhando com a média de várias medidas de um mesmo evento e os desvios que ocorrem nestas medidas.

Este texto embasa as atividades dos guias GA1 (estimativas e medidas diretas de comprimento), GA3 (estimativas e medidas diretas de intervalos de tempo), GA4 (medidas de área, volume e massa), GA5 (medidas fisiológicas do corpo humano) e GA6 (tempo de reação, médias e precisão).

4.2.5 – Pressão

Introduzimos uma abordagem geral sobre a grandeza física pressão e suas muitas unidades de medida utilizadas nos diversos sistemas de unidades, inclusive no S.I., envolvendo as superfícies de contato de sólidos, os líquidos e profundidade, além de um estudo um pouco mais detalhado sobre a pressão atmosférica e sua variação com a altitude. A seleção deste assunto se deve ao fato de normalmente ser negligenciado no nível de Ensino Médio, desvalorizando a sua aplicação, por

exemplo, na determinação do clima ou do estado meteorológico de uma região, na instalação de torneiras e chuveiros elétricos, na determinação da integridade fisiológica do nosso corpo (artérias, coração, pulmões, olhos, rins,...), por falta de tempo para desenvolver o currículo “básico” ou por desconhecimento dos professores. Nosso interesse é trabalhar, mesmo que rapidamente, a determinação da pressão sanguínea (arterial) humana, que não costuma ser abordada nos textos de física das publicações de Ensino Médio.

Este texto embasa, principalmente, as atividades do guia GA5, envolvendo duas medidas de pressão associadas ao nosso corpo, a pressão arterial e a pressão pulmonar.

4.2.6 – Aquisição Automática de Dados Usando uma Placa de Som

Neste texto fazemos inicialmente uma abordagem geral sobre o funcionamento, características, uso e aplicações dos principais transdutores elétricos, mais conhecidos como sensores elétricos, que podem ser utilizados na aquisição automática de dados em laboratórios didáticos de Física que usam microcomputadores. São eles, os fotodiodos, fotorresistores e fototransistores (que são “sensíveis à luz”), os microfones, eletretos e potenciômetros (sensíveis ao movimento ou vibração mecânica), os reed-switches (sensíveis ao campo magnéticos) e os termistores (sensíveis à temperatura). Depois descrevemos o uso das entradas de uma placa de som de um microcomputador, suas características e ligações, necessárias para a coleta digital ou analítica de dados, através do programa Aqdados2.0. Também descrevemos a coleta de dados usando o programa Aqdados, como fazer a coleta e o salvamento destes dados num arquivo tipo dados.dat no microcomputador (no mínimo um 486DX4). Para finalizar, descrevemos como fazer a importação dos dados contidos no arquivo de dados gerado pelo Aqdados, colocando-os dentro de uma planilha Excel do Office/Windows, com a determinação do intervalo de tempo entre cada duas medidas consecutivas obtidas com o Aqdados.

Elaboramos este texto para embasar o trabalho com os guias de atividades GA7, GA8, GA9, GA10 e GA11, envolvendo a aquisição automática de dados, tão importante no mundo contemporâneo, como exemplo e incentivo do uso de novas tecnologias no Ensino Médio, que foi fracamente implementada nos últimos anos, mesmo com os esforços de alguns professores e alunos, de graduação e de mestrandos, de nossas universidades.

4.2.7 – Relações Entre Grandezas Físicas de um Mesmo Fenômeno

Com o intuito de revisar as principais relações que podem ser estabelecidas entre duas grandezas físicas, tanto no nível de final de Ensino Fundamental como no início de Ensino Médio, na procura do estabelecimento de uma expressão matemática que permita relacionar as duas grandezas, desenvolvemos neste texto um estudo breve dos gráficos e das relações diretamente proporcionais, inversamente proporcionais e de independência entre grandezas físicas em um

mesmo evento. Caracterizamos também alguns processos de “linearização” de gráficos, utilizados no estabelecimento de equações matemáticas que podem representar a relação das grandezas analisadas ou escolhidas.

Este texto instrucional embasa as atividades GA12 e GA13 deste trabalho, envolvendo as principais relações entre grandezas físicas de um mesmo evento.

4.2.8 Noções Sobre Métodos de Ajuste de Funções

Visando contribuir um pouco mais para a instrumentação dos professores de Ensino Médio, abordamos superficialmente um método de ajustamento de funções aos dados experimentais muito utilizado, há longo tempo, na determinação ou escolha da melhor função que sintetiza a relação entre duas variáveis escolhidas num experimento. Escolhemos o Método dos Mínimos Quadrados, que é muito aplicado no meio científico, e a planilha Excel para implementá-lo. Também abordamos superficialmente a discussão sobre o equívoco da visão empirista-indutivista na aplicação deste método.

O texto instrucional final não embasa propriamente as atividades deste trabalho com os alunos, mas permite ao professor ter uma visão sobre o tratamento de dados experimentais, condizente com uma visão epistemológica contemporânea.

4.3 Instrumentos de Avaliação

Como instrumento de avaliação dos conhecimentos dos alunos sobre **Medições e Medidas de Grandezas Físicas** elaboramos um *teste conceitual*, que foi previamente avaliado por dois especialistas e aplicado aos alunos. Este teste é apresentado na próxima subseção. As questões deste teste foram elaboradas envolvendo a maioria dos conteúdos dos guias, excluindo os sensores e a aquisição automática de dados. Na subseção seguinte, apresentamos o questionário elaborado para medir a satisfação dos alunos com o curso.

4.3.1 Pré e Pós-testes

No Quadro 4 apresentamos o *teste conceitual* que elaboramos para a avaliação do conhecimento dos alunos sobre Medições e Medidas de Grandezas Físicas. Este teste é recomendado para avaliar o nível de conhecimento prévio dos alunos, antes do início do curso (pré-teste), e depois, no final das atividades (como um pós-teste), para avaliar a aprendizagem e o crescimento dos alunos ao longo do curso. A análise destes resultados, que servirão de referência para a escolha e modificações das atividades a serem realizadas em futuras aplicações com os alunos no Colégio de Aplicação, constituem as subseções 6.1 Pré-testes, 6.2 Pós-testes e 6.3 Comparação dos pré e pós-testes, da seção 6.

Quadro 4: Teste elaborado para a avaliação do conhecimento dos alunos sobre Medições e Medidas de Grandezas Físicas.

Colégio de Aplicação da UFRGS – **Enriquecimento Curricular** – Turmas 100/2008

“Que medida é esta?”

Nome do aluno: Número: Turma:.....

Instruções: - As questões aqui apresentadas foram elaboradas para avaliar o nível de domínio e conhecimento dos conceitos e procedimentos relacionados a medidas em Física.
- Tente responder a todas as questões, de maneira simples e objetiva.

01. Cite três grandezas físicas utilizadas por um biólogo para descrever um ambiente qualquer.

02. Assinale, abaixo, a alternativa que apresenta apenas grandezas físicas fundamentais.

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| a) massa e velocidade. | d) aceleração e força. |
| b) tempo e comprimento. | e) aceleração e temperatura. |
| c) velocidade e massa. | |

03. Dê três exemplos de grandezas físicas vetoriais.

04. Uma grandeza física escalar fica completamente determinada quando dela se conhece

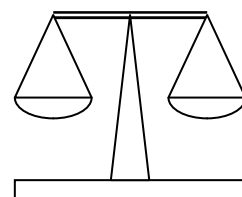
- a) a unidade de medida.
- b) o valor numérico e a unidade de medida.
- c) o valor numérico, a unidade de medida e a orientação.
- d) a orientação e a unidade de medida.
- e) o valor numérico e a orientação.

05. Você precisa comprar uma toalha para cobrir uma mesa que está numa sala, e não possui réguas, trenas ou fitas métricas. Como você procederia para poder encomendar a toalha, sem levar a mesa junto à loja?

06. Uma ferragem recebe sacos de cimento de 60 kg para que sejam embalados em sacos menores. O único objeto disponível para a pesagem é uma balança de dois pratos, sem os pesos metálicos de referência.

Realizando uma única pesagem é possível montar pacotes de:

- a) 40 kg. b) 30 kg. c) 20 kg. d) 15 kg. e) 10 kg.



07. Para cada uma das medidas abaixo listadas, apresente um exemplo de corpo que tenha, aproximadamente, esta medida.

- a) 1 mm:.....
 b) 5 cm:
 c) 2 m:
 d) 50 m:

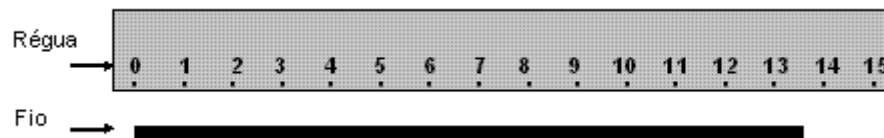
08. Para cada uma das medidas abaixo listadas, apresente um exemplo de corpo que tenha, aproximadamente, esta medida.

- a) 500 kg:
 b) 10 kg:
 c) 500 g:
 d) 1 g:

09. Para cada uma das medidas abaixo listadas, apresente um exemplo de corpo que tenha, aproximadamente, esta medida.

- a) 1 mL:
 b) 5 L:
 c) 80 L:
 d) 2 m³:

10. Na medição do comprimento de um fio, um aluno colocou o “zero”, de uma régua graduada em centímetros, numa extremidade e a outra extremidade aparece como na figura abaixo.



O comprimento deste fio, dado em algarismos significativos, é

- a) 0,13 m. b) 13 cm. c) 13,6 cm. d) 13,62 cm. e) 14 cm.

11. Assinale a alternativa que apresenta uma medida com quatro algarismos significativos

- a) 1,230 m. b) 0,583 kg. c) 15820 s. d) 0,056 km. e) 2,34 h.

12. Assinale a alternativa que apresenta uma medição indireta de uma grandeza física.

- a) Determinar a massa de uma melancia usando uma balança graduada.
- b) Determinar a área de um terreno retangular usando uma trena.
- c) Determinar o comprimento de um lápis usando uma régua.
- d) Determinar o tempo de duração de uma queda usando um cronômetro.
- e) Determinar a temperatura do solo usando um termômetro.

13. No laboratório de Física, um aluno realizou um experimento, que consistia na descida duma gota colorida, precipitada dentro de um tubo de vidro contendo óleo, utilizando um relógio e uma régua. Neste caso, as medidas de grandezas que ele pode fazer diretamente são as de:

- a) tempo e velocidade.
- b) distância e aceleração.
- c) aceleração e velocidade.
- d) distância e tempo.
- e) tempo e aceleração.

14. A massa de um tonel expressa em algarismos significativos é igual a 235 kg. Neste caso, a escala da balança está graduada:

- a) de 100 kg em 100 kg.
- b) de 10 kg em 10 kg.
- c) de 1 kg em 1 kg.
- d) de 0,1 kg em 0,1 kg.
- e) de 0,01 kg em 0,01 kg.

15. A idade do avô de João é de 72,5 anos. Em notação científica, a idade do avô de João é:

- a) 725×10^{-1} anos.
- b) 72,5 anos.
- c) $7,25 \times 10^1$ anos.
- d) $0,725 \times 10^2$ anos.
- e) N. destas.

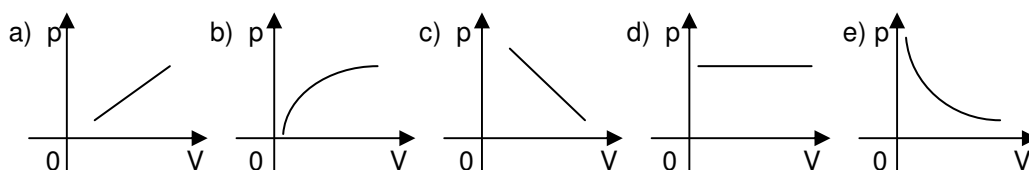
16. Qual é a ordem de grandeza, em m^2 , da área de uma quadra de esportes de $813,5 m^2$?

- a) 10^3 .
- b) 10^2 .
- c) 10^1 .
- d) 10^{-1} .
- e) 10^{-2} .

17. A tabela abaixo apresenta algumas medidas de pressão p e volume V de uma amostra de gás hidrogênio (H_2), a temperatura constante.

p (atm)	V (ml)
0,60	8,0
0,80	6,0
1,00	4,8
1,20	4,0

Qual dos gráficos melhor representa a relação entre as grandezas p e V ?



18. Um carro viaja em linha reta e sempre no mesmo sentido, indo, primeiro, de uma cidade A para uma cidade B, percorrendo 2,63 km; depois, da cidade B para uma cidade C, percorrendo 0,872 km; e finalmente, da cidade C para a cidade D, percorrendo 1,3 km. Qual a distância percorrida pelo carro no percurso entre as cidades A e D, expresso em algarismos significativos?

- a) 4,802 km. b) 5,00 km. c) 4,8 km. d) 4,7 km. e) 3 km.

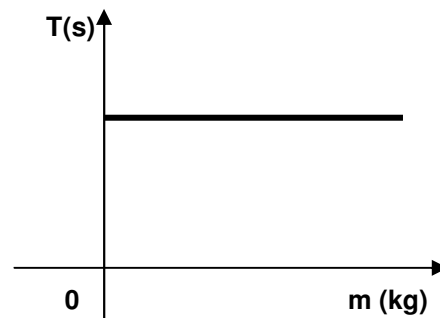
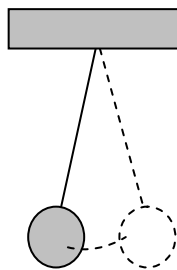
19. Para determinar o comprimento de um parafuso, realizaram-se quatro medições, obtendo-se as seguintes medidas: 3,41 cm, 3,38 cm, 3,46 cm e 3,43 cm. Neste caso, a medida do comprimento do parafuso é mais próxima de:

- a) 3,43 cm. b) 3,42 cm. c) 3,41 cm. d) 3,40 cm. e) 3,38 cm.

20. Para determinar a temperatura do café em uma xícara, uma pessoa colocou um termômetro comum imerso no café, esperou um pouco e depois retirou o termômetro, fazendo então a leitura da indicação da temperatura e encontrando 76 °C. Neste caso, qual é a temperatura do café? Justifique.

21. Medindo-se o período de oscilação (T) de um pêndulo simples em função de sua massa (m), sem alterar seu comprimento e sua amplitude de oscilação, obtém-se o gráfico abaixo.

Pêndulo Simples



Com base nestes dados, podemos afirmar que, nestas condições, o período de oscilação do pêndulo simples:

- a) é diretamente proporcional a sua massa.
 b) é inversamente proporcional a sua massa.
 c) independe da sua massa.
 d) sempre se altera quando sua massa é alterada.
 e) é impossível de ser determinado.

22. Uma grandeza física A é diretamente proporcional a uma grandeza física B. Como poderemos comprovar através da medição de valores para estas grandezas físicas A e B?

4.3.2 Questionário de Satisfação

No Quadro 5 apresentamos o *questionário de satisfação* elaborado para avaliar a opinião e o sentimento dos alunos sobre a validade do trabalho desenvolvido e do material produzido.

O registro das respostas dadas pelos alunos em nossa experiência didática é apresentado e discutido na subseção 6.4 - Questionário de satisfação.

Quadro 5: Questionário de satisfação dos alunos.

<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL COLÉGIO DE APLICAÇÃO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA</p> <p>Disciplina de E. C. “Que medida é esta?”</p> <p>Nome: _____ Idade: ___ anos. Turma: ___ Data: ___/___/___.</p> <p style="text-align: center;">(O p c i o n a l)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <p><i>Respondendo às questões abaixo com autenticidade e simplicidade, gostaríamos que cada um dos alunos participantes da disciplina de Enriquecimento Curricular “Que medida é esta ?” manifestasse a sua opinião sobre o material utilizado e as atividades realizadas, visando a melhoria destas nos próximos semestres.</i></p> </div> <p>1. Achaste interessantes as atividades realizadas? <input type="checkbox"/> Sim. <input type="checkbox"/> Mais ou menos. <input type="checkbox"/> Pouco.</p> <p>2. Diga alguma coisa sobre os experimentos realizados. _____ _____ _____</p> <p>3. O tempo de desenvolvimento das atividades foi suficiente? <input type="checkbox"/> Sim, sempre. <input type="checkbox"/> Na maioria das vezes. <input type="checkbox"/> Poucas vezes.</p> <p>4. O que tu mais gostaste ou te chamou mais a atenção nas atividades realizadas? _____ _____ _____</p> <p>5. As inovações apresentadas influenciaram positivamente na tua participação em aula? <input type="checkbox"/> Muito. <input type="checkbox"/> Satisfatoriamente. <input type="checkbox"/> Um pouco. <input type="checkbox"/> Muito Pouco.</p>
--

6.O que poderia ser mudado?

7.Observando o teu desempenho, onde ou em que as atividades te exigiram mais?

8.Qual o conceito que tu atribuirias ao trabalho desenvolvido na disciplina?

() Excelente. () Muito bom. () Bom. () Regular. () Outros.

9.Tu gostarias de participar ou ter participado de outras atividades como esta?

() Sim. () Talvez. () Não.

10. Este espaço é destinado a outros comentários que tu queiras fazer sobre o trabalho desenvolvido.

Agradecemos a tua colaboração.

4.3.3 Guias de Atividades

Como já foi dito, foram concebidas treze atividades para serem realizadas pelos alunos e para cada uma delas foi desenvolvido um Guia de Atividade para os alunos, a fim de auxiliá-los na fundamentação conceitual e desenvolvimento das atividades. Estes guias constituem o Apêndice B desta dissertação.

A experiência didática que realizamos com este material em duas turmas de Enriquecimento Curricular do Colégio de Aplicação é descrita e analisada detalhadamente na próxima seção. Serão considerados, além da avaliação informal constante, realizada por nós, durante o desenvolvimento das atividades em sala de aula, os registros realizados no caderno da disciplina e relatório pessoal, os resultados da aplicação do pré-teste e do pós-teste, do questionário de satisfação e o registro das respostas de todos os guias trabalhados com os alunos.

5. CONTEXTO E RELATO DA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção descrevemos o contexto em que foi realizada a nossa experiência didática e relatamos circunstanciadamente as duas aplicações do material educacional apresentado na seção 4, a primeira vez no segundo semestre de 2007 e a segunda, no primeiro semestre de 2008.

5.1 Local de Aplicação

A aplicação deste trabalho ocorreu no Colégio de Aplicação, uma escola que faz parte da rede pública federal, estando ligada diretamente à UFRGS, e que apresenta condições mínimas suficientes para sua execução e implementação. As Figuras 19 e 20 apresentam fotos externas ao prédio do Colégio de Aplicação da UFRGS.



Figura 19: Foto lateral da Entrada Principal do Colégio de Aplicação da UFRGS.



Figura 20: Foto frontal da Entrada Interna do Colégio de Aplicação da UFRGS.

Na Figura 21 vê-se uma foto do saguão interno do Colégio de Aplicação da UFRGS, que interliga as duas entradas, a Principal e a Secundária, do prédio central (prédio A).



Figura 21: Foto do saguão central do prédio A do Colégio de Aplicação da UFRGS.

O Colégio de Aplicação da UFRGS possui um laboratório experimental de Física (sala 107), um laboratório experimental de Ciências Químicas e Biológicas (sala 105), um pequeno laboratório de Matemática (sala 104), além de um laboratório de Informática para os alunos do ensino fundamental e médio (sala 106), todos localizados no Prédio A desta escola.

No laboratório de Física foram alocados quatro microcomputadores (dois Pentium II, um Pentium III e um Duron K6-II), todos com acesso limitado à Internet (rodam com Windows 98) e um microcomputador 486DX4, sem acesso à Internet (roda com Windows 95). Estes microcomputadores, que foram doados por professores e pais de alunos da escola, foram previamente recuperados e instalados por nós mesmos (discos rígidos, *drivers* de disquetes e de CDs, placas de som, *softwares* e fontes de tensão interna e estabilizadores). Também realizamos a implantação e instalação da rede interna de informática no laboratório de Física (conector de rede, cabos de ligação, terminais e *hub* com conectores para sete microcomputadores).

A Figura 22 mostra uma foto com alguns alunos do segundo ano do Ensino Médio do primeiro semestre de 2008, trabalhando e os microcomputadores alocados no laboratório de Física do Colégio de Aplicação da UFRGS.

O Laboratório de Informática do Colégio de Aplicação é equipado com 12 a 14 microcomputadores (Pentium IV) que permitem acesso à Internet, ou em faixas horárias definidas a todas as turmas da escola, ou, em horários previamente agendados, com antecedência de 15 a 30 dias. Trabalham no laboratório de Informática, apenas em tempo parcial e em turnos diferentes, um professor e um servidor, responsáveis somente pelo patrimônio e pela sua conservação, e, um servidor administrativo sem formação específica, tanto pedagógica como técnica. Este servidor “prático” em informática tenta, com muita boa vontade, dar conta de instalar os novos *softwares* e microcomputadores recebidos pela escola, fazer reparos rápidos e manter os microcomputadores e a rede interna da escola em funcionamento.

A rede interna de informática da escola é muito antiga, muito extensa, e com sérios problemas de manutenção, de agendamento e de gerenciamento, quase sempre impossibilitando o trabalho de professores mais arrojados e investigativos. Não há uma “filosofia interna definida para a informática para a escola”, diz o servidor administrativo, quando questionado pelos problemas da rede.



Figura 22: Sala 107 – Laboratório das “Exatas” com alunos trabalhando.

5.2 Público Alvo

Duas turmas de Enriquecimento Curricular do segundo ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação, em dois semestres consecutivos, trabalharam com o material educacional que está apresentado na seção 4.

Como foi dito anteriormente, a disciplina de Enriquecimento Curricular de Física faz parte do currículo comum do 2º ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação. Ela é de caráter optativo, tendo apresentado um rol de 16 modalidades em 2008, com inscrição de 6 a 9 alunos em média em cada modalidade. Cada professor participante deve apresentar a sua modalidade da disciplina de Enriquecimento Curricular no primeiro dia de aula do semestre. A nossa disciplina, da área de Física, recebeu o nome de “*Que medida é esta?*”.

Os encontros e as atividades experimentais ocorreram no laboratório didático de Física do Colégio de Aplicação, nas terças-feiras às 13h30min, com 1h e 30 min de duração.

Na primeira turma, que ocorreu no segundo semestre do ano de 2007, com cinco alunos, formando dois grupos de trabalho, foram testados os guias de atividades e os materiais experimentais necessários para a sua execução em sala de aula, atendendo o referencial teórico que embasa este trabalho e depois modificados, quando necessário, para aplicação na segunda turma.

Na segunda turma, que ocorreu no primeiro semestre do ano de 2008, com seis alunos, formando três grupos de trabalho, foram aprimorados os guias de atividades. Adicionalmente, em paralelo, elaboramos um texto de apoio para professores, constante no Apêndice A, e fomos mais diligentes na coleta de dados, registrando as respostas dos alunos nos guias experimentais, nos testes, no questionário final e os questionamentos e soluções inéditas ocorridas em sala de aula.

5.3 Relato das Atividades Desenvolvidas

Nesta subseção descrevemos circunstanciadamente a aplicação dos guias de atividades nas atividades desenvolvidas em sala de aula com alunos de ensino médio, a primeira vez no segundo semestre de 2007 e a segunda, no primeiro semestre de 2008.

5.3.1 Atividade N.º 1: “*Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?*”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 14.08.2007 (Turma 1) e 18.03.2008 (Turma 2). Com o material selecionado previamente⁷, o professor iniciou a aula com uma breve explanação (~10 min), fazendo um esquema no quadro-negro, sobre o que são as grandezas físicas, diferenciando grandezas físicas fundamentais de derivadas, escalares de vetoriais, dando vários exemplos de grandezas físicas, listadas no quadro-negro junto à sua classificação, conforme esquema da Figura 23.

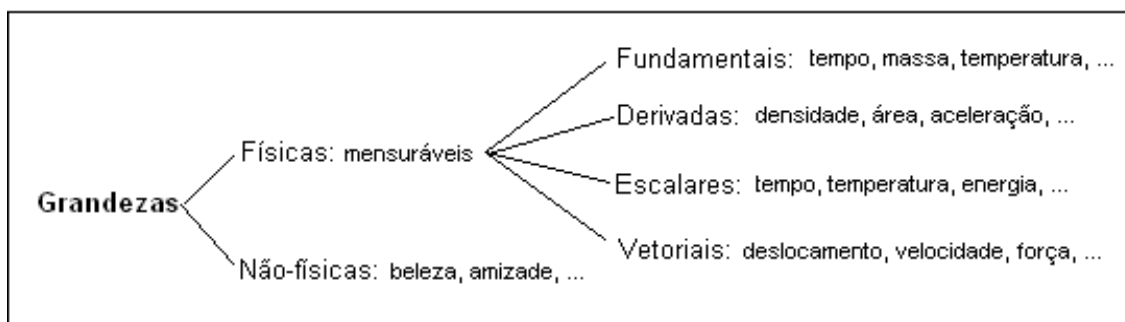


Figura 23: Esquema colocado no quadro-negro sobre grandezas.

Esta breve introdução ao mundo das medidas foi muito produtiva, com uma boa participação dos alunos nos exemplos de grandezas físicas e sua expressão.

Juntamente com a entrega do GA1 o professor solicitou aos alunos que formassem duplas de trabalho, que lessem com bastante atenção o texto do guia GA1 e que comentassem e discutissem sempre as respostas e os registros dos grupos, para terem o melhor aproveitamento possível da atividade.

⁷ Hastes plásticas de diferentes comprimentos, além de três réguas plásticas de 30 cm, três paquímetros plásticos e três trenas de plástico e fibra de 10,0 m. Na primeira turma, duas hastes plásticas de comprimentos de 16 cm e 19 cm; na segunda turma, três hastes de 22 cm, 25 cm e 29 cm.

Experimento 1: Em quem acreditar? Qual a medida mais confiável?

Inicialmente, os alunos utilizaram a mão como instrumento de medida e o palmo como unidade de medida. Apenas um dos cinco grupos não sabia aplicar o palmo, fazendo-o com os dedos unidos, logo corrigidos pelos colegas. O professor aproveitou a oportunidade para dizer que o comprimento oficial de 1 palmo é de aproximadamente 22 cm e de um pé é de aproximadamente 30 cm. Depois, os alunos utilizaram uma haste plástica (com um comprimento diferente para cada um dos grupos).

A Figura 24 mostra uma foto dos alunos respondendo às questões do Guia GA1.



Figura 24: Foto de alunos trabalhando com o guia de atividades (GA1).

Depois das medidas de comprimento registradas, os alunos compararam primeiro com os palmos e depois com o comprimento das hastes, concluindo que medidas de comprimento corpóreas são muito variáveis entre pessoas diferentes, além de “ser impossível manter o mesmo tamanho para uma mesma pessoa que mede”. Reconheceram que as medidas obtidas com o uso das hastes eram mais “uniformes e confiáveis, desde que todos usassem a mesma haste”. O professor chamou a atenção para a necessidade da não deformação do padrão, como em tiras de aço e fitas plásticas com fibra de vidro. Nas régua escolares existe um espaço entre o zero e o início da régua, e em régua de madeira de lojas que vendem tecidos, existe uma folha metálica protegendo o início e o fim da régua, justamente para evitar que deformações produzidas por choques nestas partes não alterem a medida obtida com estas régua. Um dos alunos comentou que o mau uso do instrumento também gera erros, “por isso é preciso medir com cuidado”.

O fechamento envolveu uma conversa principalmente entre todos os alunos, quase sem participação do professor, a respeito das medidas obtidas e “confusões” de comunicação com outros

grupos, confiabilidade delas e validade do padrão escolhido, tendo os alunos concluído que “o padrão de medida escolhido deve ser rígido (indeformável) e que todos os aceitem”.

Experimento 2: Chute ou medida? Eis a questão?

Neste experimento os alunos foram pegos de surpresa, alguns ficaram estonteados, pois, segundo eles, não saberiam *dizer o comprimento de alguns corpos listados* sem instrumentos de medida apropriados, somente através de estimativas. Mas mesmo assim, com relativo entusiasmo pela disponibilidade expressa pelo professor em ajudá-los, os alunos começaram a estimar os seguintes comprimentos: o diâmetro de um lápis, largura de um caderno, altura do quadro-negro e profundidade da sala de aula. Surgiram dúvidas sobre o significado de diâmetro e de largura. Depois, com auxílio de réguas e trenas, verificaram o acerto de suas estimativas.

Os alunos, em geral, apresentaram dificuldades na determinação de percentuais, dependendo mais tempo do que o previsto.

Nas discussões finais, que dois dos cinco alunos fizeram no início do encontro seguinte, estabeleceram que a *faixa de grandes medidas*, como as da sala de aula, apresentou o maior índice relativo de diferença, neste caso, também em termos absolutos. Isto acontece porque estas medidas são *distantes das suas vidas*. Apenas um grupo apresentou a maior diferença relativa no caderno, justificando que foi um “baita chute”. Concluíram também, que a diferença relativa é a que importa, pois leva em conta o *tamanho* da medida feita. O professor salientou que em alguns casos, a estimativa pode ser a mais indicada, ou pela urgência de informações ou pela impossibilidade de realizar medidas precisas ou simplesmente porque não há necessidade de um conhecimento exato. Lembrou dos técnicos do IBAMA, que facilmente estimam, com boa aproximação, o volume de toras de árvores cortadas ilegalmente nas matas brasileiras.

Sobre o desafio final, não sabiam o que era um paquímetro, mas quatro dos cinco alunos conseguiram medir a espessura média de uma folha de papel A4, empilhando muitas folhas, usando uma régua milimetrada e sabendo quantas folhas tem a pilha.

5.3.2 Atividade N.º. 2: “O que é grande? O que é pequeno?”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 21.08.2007 (Turma 1) e 25.03.2008 (Turma 2). O conserto, preparação e instalação na Internet dos microcomputadores alocados na sala 107, começaram em meados de maio de 2007 e continuou ao longo da segunda aplicação (com a queima de um computador Pentium II durante esta atividade).

Na segunda aplicação deste Guia de Atividades, desistimos de instalar e utilizar o *software Google Earth*, pois só operava com o Windows XP e precisava de muito espaço no disco-rígido do computador. Acabamos usando apenas *on-line* o *site Google Maps*. Nas duas aplicações deste material, colocamos os *sites* a serem trabalhados nos Favoritos do Navegador da Internet (*site* de pesquisa), para agilizar o início das aulas.

No início desta aula, o professor retomou os assuntos da aula anterior, comentando sobre o largo espectro de medidas de comprimento na Física. Solicitou exemplos da acuidade visual dos alunos, com a pergunta “Até onde podemos ver a olho nu?”. A resposta esperada estaria entre a espessura de um fio de cabelo (0,0001 m) e a distância até uma estrela próxima, como por exemplo o Sol, que está a uma distância aproximada de 150.000.000.000 m. Salientou que existem outras distâncias que apresentam maior dificuldade para serem expressas ou por serem muito grandes (tamanho da via-láctea) ou por serem muito pequenas (um átomo). Argumentou, ainda, que na Física e demais ciências ditas “exatas”, costumam-se simplificar ou unificar a expressão matemática de uma medida qualquer, através da Notação Científica, que seria o tema central das atividades daquele dia.

O professor solicitou que os alunos formassem duplas e que escolhessem um dos três microcomputadores, já ligados, para trabalharem. Os alunos gostaram muito destas solicitações, rapidamente se acomodando e já “vasculhando” os microcomputadores. Dois grupos da primeira turma, mesmo sem autorização, ingressaram no *site Orkut*, sendo advertidos pelo professor. Entregando o Guia GA2, o professor autorizou prontamente o início das atividades, com muita atenção.

Experimento 1: Do macro ao micro: O que é ordem de grandeza?

Os alunos acionaram o Navegador da Internet *Mozilla* e, com o *mouse* abriram o utilitário Favoritos, selecionando o *site*

<<http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>>, cuja tela de abertura consta na Figura 2 (seção 4). Nesta tela, foi possível visualizar uma animação em que se sucederam diversas imagens de objetos, desde uma galáxia até os constituintes da matéria, simultaneamente com as medidas usuais destes objetos, escritas em unidades múltiplas do metro e em notação científica. Depois os alunos testaram e utilizaram a animação conforme o texto a apresenta, com controle manual da passagem das imagens, iniciando a transcrição das ordens de grandezas e medidas dos objetos selecionados.

Os objetos selecionados pelos alunos, de acordo com o texto do guia GA2, foram: a Via Láctea, o Sistema Solar, a órbita da Lua ao redor da Terra, a Terra, uma folha de carvalho, um núcleo da célula desta folha e o núcleo do átomo de carbono, que compõe o DNA da célula da folha de carvalho. Dois grupos apresentaram relativa dificuldade em transcrever algumas medidas em notação decimal na Tabela 1 do guia GA2, na segunda aplicação. Isto provavelmente ocorreu porque nesta aplicação, o professor não exemplificou, extensivamente no início da aula, como na primeira aplicação, a “passagem” da medida decimal para a notação científica e vice-versa, deixando para que os alunos descobrissem a *forma correta* ao interagirem com os colegas de grupo e dos outros grupos. Como resultado, os alunos tiveram que investir mais esforços para solucionar as questões, porém aparentemente apresentaram maior compreensão e maior segurança nas “passagens” solicitadas, observadas no início da aula seguinte. Ocorreram sete diferentes colocações erradas na posição da vírgula, nas 35 medidas registradas na Tabela 1 do GA2. O professor comentou também que o ano-

luz é uma unidade de comprimento, pois alguns achavam que se tratava de unidade de intervalo de tempo. Dois alunos da primeira turma conseguiram calcular esta distância, deduzindo do seguinte modo:

$$1 \text{ ano-luz}^8 = 300.000.000 \text{ m/s} \times 365 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dia} \times 60 \text{ minutos/hora} \times 60 \text{ segundos/min}$$

$$1 \text{ ano luz} = 9.460.800.000.000.000 \text{ m} \cong 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$$

Em geral, os alunos não deram maior importância para esta informação, simplesmente registrando que é uma distância muito grande.

Na Tabela 2 do GA2, foram registradas seis colocações erradas (diferentes e dispersas), nas 25 medidas registradas, pois alguns alunos apenas se preocuparam com a ordem de grandeza das medidas, registrando apenas a unidade 1 (parte significativa) e registrando o número de zeros indicados na ordem de grandeza, maiores ou menores do que a unidade, conforme segue:

$$1,5 \times 10^{+11} \text{ m} \rightarrow 10^{+11} \text{ m} \rightarrow 100.000.000.000 \text{ m}$$

$$5,3 \times 10^{-11} \text{ m} \rightarrow 10^{-11} \text{ m} \rightarrow 0,000.000.000.01 \text{ m}$$

No preenchimento das tabelas, a interação entre os alunos foi significativa, registrando as medidas, questionando e justificando os erros de seus registros, quando ocorreram. Eles atribuíram os “erros” principalmente à utilização de outra linguagem e o uso de unidades desconhecidas por eles (como anos-luz, femtômetro e attômetro). Pelo percebido, gostaram muito da atividade, que os *desafiou muito pela quantidade de números* que utilizaram em cada uma das medidas.

Experimento 2: Onde tu estás, terráqueo?

Nesta atividade também virtual, pretendia-se oferecer aos alunos a oportunidade de escolher entre a utilização do *software Google Maps*, que roda *on-line*, ou do *Google Earth*, que *requer instalação nos microcomputadores*. Este *software*, entretanto, não pode ser instalado em nenhum dos microcomputadores da sala 107, pois além de ocupar espaço em excesso nos discos rígidos dos computadores, exige a última versão do *software* Windows XP. Então, os alunos usaram o *Google Maps*, que *roda* em quase todos os computadores da sala 107, para localizar lugares selecionados sobre a superfície da Terra, apresentando a localização geográfica, a vista de satélites e para determinar as dimensões da área observada. Este *software* apresenta a vantagem de oferecer como ferramenta uma régua digital para medidas de comprimento e largura de terrenos ou prédios.

Os alunos obtiveram as medidas escolhidas através da utilização da escala existente nos mapas e fotos aéreas dos locais *visitados*, através do *site* do *Google Maps*. (Figura 3 da seção 4) Os alunos testaram exaustivamente os “comandos de movimentação” do *Google Maps*, de acordo com as instruções apresentadas no guia GA2. Alguns poucos preferiram perguntar ao professor e aos colegas como fazer, em vez de ler o texto. Outros, mais habituados, procuraram e encontraram o seu

⁸ O ano-luz é definido como a distância que a luz percorre, em um ano, no vácuo, com a velocidade aproximada de 300.000.000 m/s.

bairro e a localização de suas casas. Por solicitação do professor, preocupado com o horário, iniciaram a localização dos “lugares selecionados” para as medições. Primeiro, demoraram em localizar o Campus Vale da UFRGS. Depois, como não sabiam o significado de “anel viário”, cujo diâmetro se pretendia que medissem, o professor solicitou que deixassem esta medição para o final, iniciando pelas medições das dimensões do terreno do Colégio de Aplicação. Solicitaram réguas para medir as escalas e calculadora para determinar, por regra de três, as distâncias solicitadas. Começaram a estabelecer as relações e proporções entre as distâncias na tela e as distâncias solicitadas, com certa facilidade. Ninguém fez uma régua de papel com a escala do mapa, como poderíamos esperar.

Com base na escala apresentada (embaixo e a esquerda), todos os resultados foram semelhantes, embora “exagerados” segundo o professor. Na primeira aplicação deste guia, todos os alunos realizaram as medidas usando a unidade de comprimento pé como unidade de medida, corrigindo e convertendo para metros as medidas efetuadas, no final desta aula e na aula seguinte. Na segunda aplicação, o professor solicitou aos alunos que prestassem atenção com as unidades de medida que aparece nas escalas, o que fez com que eles já registrassem as medidas em metros.

Após completarem os registros na tabela, inclusive o diâmetro do anel viário do Campus Vale da UFRGS, os alunos procuraram as suas moradias, alguns fazendo uma cópia da imagem com o uso da tecla *Print Screen*. Um grupo da Turma 2 mediu o perímetro do anel viário, utilizando um cordão para ajudar na medida com a escala, durante, aproximadamente, 5 minutos. Alguns mais rápidos (um grupo da Turma 1 e dois da Turma 2) procuraram os campos de futebol de suas equipes de futebol, Internacional e Grêmio. Apenas um grupo da Turma 1 encontrou a Torre Eiffel, por solicitação do professor.

No fechamento, envolvendo a todos, foram discutidas as medidas obtidas nas atividades. Foi comentada também a desatualização do *Google Maps*. Um aluno da Turma 1 verificou que o interior de Viamão está desatualizado, no mínimo, três anos visto que um condomínio já foi construído no local onde ainda aparece um local terraplanado. Outro aluno, da mesma turma, também verificou que em um bairro de Porto Alegre a desatualização é maior do que um ano, pois uma grande árvore ainda aparecia em um condomínio, apesar de que ela já fora cortada há 7 meses.

O assunto desta atividade foi retomado e complementado no encontro seguinte, solucionando dúvidas sobre o significado de ano-luz, pico metro, atto metro, diâmetro e perímetro. No início deste novo encontro, para aferir as medidas dos alunos, obtidas através do *Google Maps*, o professor conectou um *projektor* multimídia ao microcomputador, com um bom espaço livre no disco rígido e com Windows XP (versão completa) instalado, emprestado pela escola. Neste microcomputador, com o *Google Earth* rodando, os alunos foram convidados a utilizar a ferramenta régua para conferir os registros da tabela, tendo cada aluno realizado uma das medições.

As Figuras 25 e 26 ilustram, respectivamente, o diâmetro maior do anel viário da UFRGS do Vale, e o comprimento do terreno do Colégio de Aplicação da UFRGS, neste Campus.

As Figuras 27 e 28 mostram, respectivamente, a largura do terreno do Colégio de Aplicação da UFRGS, e o comprimento do prédio “A” do Colégio de Aplicação da UFRGS, neste Campus.

Nas Figuras 29 e 30 vê-se, respectivamente, a largura do prédio “A” do Colégio de Aplicação da UFRGS, e o perímetro anel viário da UFRGS do Vale, única medida feita somente com recursos do *software Google Earth*.



Figura 25: Diâmetro maior do Anel Viário.

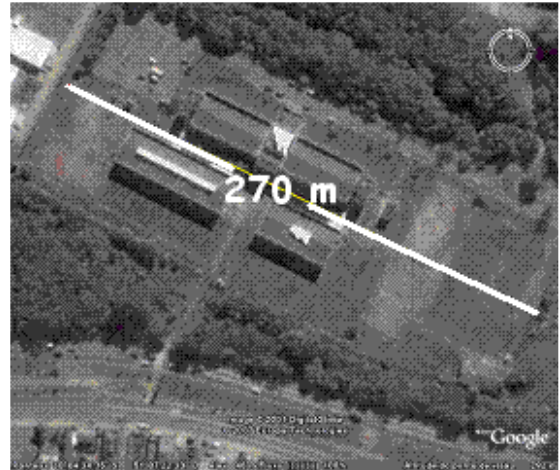


Figura 26: Comprimento do terreno do CAP.

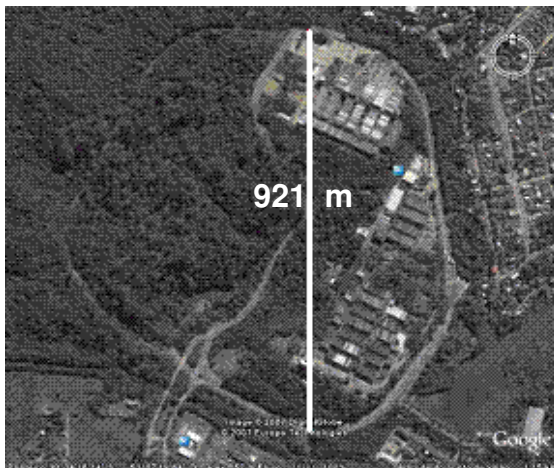


Figura 27: Largura do terreno do C. Aplicação.



Figura 28: Comprimento do C. Aplicação.



Figura 29: Largura do Prédio A C. Aplicação.



Figura 30: Perímetro do Anel Viário UFRGS.

No final deste encontro, o professor registrou no quadro-negro, com a ajuda dos alunos, o espectro de medidas de comprimento que eles trabalharam neste segundo Guia de Atividades, acrescentando mais algumas, basicamente as constantes na Tabela 4 do Apêndice A..

Retomando a palavra e olhando para a lista registrada no quadro-negro, perguntou aos alunos: *O que o ser humano tem condições de ver a olho nu?* Alguns alunos não entenderam o significado de “olho nu”, O professor então explicou que seria uma observação sem instrumentos ópticos como lupas, microscópios e telescópios, ou com a *vista desarmada*. Os alunos concluem que o espectro visível a olho nu vai desde a espessura de um fio de cabelo ou folha de papel (10^{-5} m) até bem menos que a distância da Lua, onde o Sol e as estrelas parecem ter a mesma distância ao observador (10^8 m). O observador não consegue mais distinguir estas medidas ou sua variação.

Complementando a atividade, o professor retoma e reapresenta rapidamente algumas medidas para comparação:

1) Massa de uma baleia jubarte $\sim 10^5$ kg , massa do professor $\sim 10^2$ kg. Isto significa que a massa da baleia é 10^3 vezes maior do que a massa do professor, isto é, são necessários 1000 professores para equilibrar numa balança de pratos, uma baleia. Alguns ficaram desconcertados.

2) Estádio Beira Rio ~ 250 m = $2,5 \times 10^2$ m, bola de futebol 0,22 m = $2,2 \times 10^{-1}$ m. Isto significa que o diâmetro do Estádio Beira Rio é 10^3 vezes maior, ou seja mais do que 1000 vezes o diâmetro de uma bola de futebol.

3) A ordem de grandeza da órbita do elétron no átomo de H é 10^{-11} m. O tamanho do núcleo é da ordem de grandeza 10^{-14} . Isto significa que a órbita do elétron é 10^3 vezes, ou seja, mil vezes maior do que o núcleo, semelhante a relação anterior, ou seja, se o núcleo fosse do tamanho de uma bola de futebol oficial, o elétron estaria girando fora do estádio.

Para encerrar, o professor comentou a utilização de prefixos gregos e latinos para múltiplos e submúltiplos das unidades de medida do Sistema Internacional (S.I.). Aproveitando as medidas de grandezas físicas escritas no quadro-negro e acrescentando outras, substituiu as potências de dez, pelos prefixos gregos e latinos, conforme segue:

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 1 \times 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 1/1000 \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ MHz} = 1 \times 10^6 \text{ Hz} = 1.000.000 \text{ vibrações por segundo.}$$

$$1 \text{ GV} = 1 \times 10^9 \text{ m/s} = 1.000.000.000 \text{ V}$$

$$1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,000.000.001 \text{ m}$$

$$90 \text{ kg} = 90.000 \text{ g}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ ks}$$

$$\text{Órbita elétron} = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m} = 0,53 \text{ pm}$$

Dificuldades encontradas

Aconselhamos todos os professores a sempre testarem todas as atividades “virtuais”, muito antes de sua aplicação com os alunos, principalmente as que envolvem vídeos ou imagens com muitos detalhes, pois dependendo da marca e/ou versão do microcomputador e do sistema operacional nele instalado, algumas poderão não rodar imediatamente ou mesmo depois. É o que aconteceu nesta atividade (a GA2) que necessitava da instalação de dois *plugins* para rodar os *softwares* utilizados, mas a versão do sistema operacional (primeira do Windows XP) barrava esta instalação. O técnico da escola resolveu o problema durante a instalação, “reduziu a segurança do Windows”, o que é muito perigoso para a “entrada de vírus”.

5.3.3 Atividades N° 3: “Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando ligado?”

O desenvolvimento destas atividades ocorreu nos dias 04 e 11.09.2007 (Turma 1) e 08 e 15.04.2008 (Turma 2), com duração média total de 3 h/aula e participação de 11 alunos. Devido a problemas na rede de informática da escola e deficiências na capacidade de alguns microcomputadores, durante a aula ocorreram trocas de sala (sala 107 pela sala 104) e de microcomputadores, tumultuando e atrapalhando os trabalhos dos alunos.

Retomando as aulas anteriores, o professor comentou as atividades já realizadas, em que os alunos mediram e avaliaram as dimensões de objetos em termos de comprimento, chegando até aos limites da visão humana. Para que os alunos estabelecessem novamente o espectro de comprimento, o professor perguntou: *Qual o menor comprimento que nós percebemos? E Por que os antigos “viam” incrustados o Sol, a Lua e as estrelas numa esfera chamada “Abóbada Celeste”?* Os alunos, para a primeira pergunta, responderam que era próximo à espessura de um fio de cabelo ou uma folha de papel, ou seja, 0,1 mm (décimos de milímetro), mas não souberam responder a segunda pergunta. O professor comentou que o Sol, as estrelas e a Lua pareciam estar a uma mesma distância da Terra; além da nossa imaginação. O professor pergunta: *Que distância seria esta?* Ninguém responde e o professor lembra que o raio da Terra é próximo a 6400 km = $6,4 \times 10^6$ m, e a distância da Terra à Lua é sessenta vezes maior, próxima de $3,8 \times 10^8$ m. Ficaram, então, estabelecidos os limites de percepção para comprimento, os quais foram registrados no quadro-negro, como mostra a Figura 31.

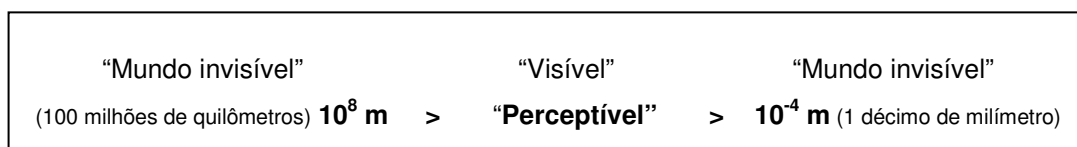


Figura 31: Espectro de percepção de comprimento.

Com os computadores ligados e com os pequenos grupos já formados, o professor distribuiu o GA3 e comentou que nesta atividade seriam feitas estimativas de intervalos de tempo, primeiro pessoais e controladas, e depois, em nove pequenos vídeos do Youtube (YOUTUBE, 2008),

envolvendo filmagens de eventos em câmara-lenta e rápida (*slow-motion* e *quick-motion*). Comentou também que estes eventos normalmente são “invisíveis” à percepção humana por ocorrerem em intervalos de tempo de curtíssima ou longuíssima duração.

Na primeira atividade desenvolvida com o guia GA3, chamada “**Tu realmente percebes o tempo passar?**”, os alunos realizaram as estimativas dos intervalos de tempo solicitadas em silêncio, para não atrapalhar a sua concentração. As estimativas foram feitas com grande interesse e atenção, sendo sempre acompanhadas por um colega com um cronômetro, quase em ritmo de competição, mas respeitosamente. Os resultados variaram de diferenças de 50 % para pequenas medidas de 6 segundos, até 1,6% para medidas de 2 minutos. Eles foram muito honestos nas “medidas”, estabelecendo a faixa de medida de acerto em termos percentuais, com resultados bem diferenciados. Houve uma grande interação entre os alunos ao responderem as questões, resultando em respostas semelhantes, sem absurdos e bem relacionadas ao experimento. Concluíram que a estimativa temporal varia de pessoa para pessoa, dependendo do seu estado emocional e do grau de concentração. Também concluíram que usar a pulsação, como fez Galileu, só seria “quase” possível se com muita concentração e se eles conseguissem se desligar do que está acontecendo a redor.

Iniciando a segunda atividade, “**Tu consegues “ver” tudo o que acontece?**”, os alunos passaram a acessar o *site* do Youtube, rodando os nove vídeos selecionados. Em cada um deles, descreveram brevemente o fenômeno e determinaram os intervalos de tempo de filmagem (real) e de reprodução do evento escolhido. Estes dados foram registrados em uma tabela. Como havia apenas três microcomputadores instalados (dois Pentium II e um K62), todos com plataforma do Win98, os computadores demoraram muito para acessar e reproduzir os vídeos *on-line* pela Internet, necessitando a utilização de mais uma hora-aula para completar a atividade. Os vídeos eram selecionados diretamente a partir dos endereços constantes no guia GA3, cujo texto estava digitalizado e disponível na tela do Word microcomputador. As caixas de som estavam ligadas, pois as trilhas sonoras que acompanhavam os vídeos incentivaram o trabalho deles, deixando-os muito interessados durante as suas observações e análises.

Muitos dos pequenos vídeos, selecionados do Youtube, foram vistos mais de três vezes para a determinação da estimativa do tempo real do evento, já que o intervalo de tempo de reprodução dos vídeos era obtido diretamente da página. Esta estimativa do tempo real de filmagem era feita com grande interação entre os alunos, um ajudando o outro, com entusiasmo e boa vontade (sem a famosa falta de respeito).

Dos vídeos observados, vale a pena ressaltar (i) o crescimento e desabrochar da flor “*Amarillo*”, onde o intervalo de tempo foi percebido através da seqüencial iluminação solar numa cortina, dia-a-dia, durante 30 dias (1 foto a cada 11 minutos), rodando em 2 min; (ii) a queda de uma gota colorida em menos de 0,1 s (acima de 900 fotos por segundo), rodando em 30 s e (iii) a passagem de um temporal, o intervalo de tempo foi percebido com início após o meio dia, por o céu não estar tão azul até o final, quando lâmpadas acendem no início da noite, passando entre 5 e 7 horas (acima de 2 fotos por minuto), rodando em 43 s.

No vídeo da ponte que explode e cai, os alunos solicitaram que o professor realizasse uma pequena revisão sobre a queda dos corpos na Terra, a chamada queda livre, relacionando o tempo

de queda com a distância percorrida nesta queda. Chamando a atenção dos alunos, o professor retomou a lei da queda dos corpos muito densos e esféricos para pequenas alturas e a relação $h = g \cdot t^2 / 2$, registrando no quadro-negro os resultados através dela obtidos, como mostra a Figura 32.

$h = gt^2/2$	$t(s)$	$d(m)$	tamanho real
$g = 10 \text{ m/s}^2$	0,0	0,0	
	0,05	0,0125 (=12,5 mm, larg. dedo)	
	0,1	0,05 (=5 cm, comp. dedo)	
	0,5	1,2 (Cabo de vassouras)	
	1,0	5,0 (Edif. 2 andares)	
	-----	-----	
	2,0	20,0 (Edif. 6 andares)	
	-----	-----	
	3,0	45,0 (Edif. 15 andares)	

Figura 32: Registro dos resultados da lei de Galileu no quadro-negro.

Com este registro, os alunos conseguiram estimar em 2 s a queda real da ponte e em 4 s a filmagem total da explosão da ponte (acima de 200 fotos por s), que roda em 24 s.

No último vídeo a ser analisado existiam diversos eventos seqüenciados envolvendo choques de bolinhas de sinuca. Por isso, alguns alunos comentaram que tiveram muita dificuldade de estimar o tempo real destes vídeos compostos, onde ocorrem vários eventos juntos, “fica difícil de determinar o tempo real total” ou escolher apenas uma parte para análise. O professor respondeu que era para fazer somente uma estimativa, sem a preocupação de um resultado muito preciso, deixando livre a escolha de um trecho deste vídeo para ser analisado, resultando em respostas muito diferentes para os grupos. Na primeira experiência didática com este material, foi substituído o vídeo 7, que apresentava diversas cenas de balões explodindo por um outro que apresenta a explosão de um carro, e excluído o vídeo 10, também com diversas cenas com quebra e explosões de vidros.

Na medida em que os alunos encerravam a atividade, como ainda restavam cerca de 45 minutos nas duas aplicações, receberam uma cópia do texto **0,003 SEGUNDOS** (TEIXEIRA, 2007), da revista **Veja**, edição de 5 de setembro de 2007, que versa sobre a determinação de intervalos de tempo em competições esportivas. Após todos realizarem a leitura silenciosa deste texto, os alunos sentaram em torno de uma mesa e comentaram, com o acompanhamento do professor, as dificuldades encontradas para a medição de intervalos de tempo muito pequenos, diferença entre os tempos de corrida ou natação de atletas em competições, além dos limites de percepção do ser humano, feito atualmente através de instrumentos cada vez mais precisos. Observaram, ainda, que o

mesmo ocorria em competições automobilísticas, onde 0,001 s numa volta podem fazer a diferença entre obter um primeiro ou segundo lugar. Comentaram também que no texto também citavam a demora da transmissão de informações através de nosso organismo.

Para finalizar, uma aluna pediu explicações sobre o funcionamento das filmadoras que propiciam estas filmagens e permitem reprodução em câmera-lenta ou rápida. O professor explicou que para filmar uma bala em movimento, dever-se-ia usar filmadoras super-rápidas, que registram mais de 8000 fotos (*frames*) por segundo que, quando rodadas em uma filmadora comum, são reproduzidas como câmera-lenta, com 1 segundo real rodado em, por exemplo, 40 minutos. Já para filmar uma planta em crescimento, usam-se filmadoras super-lentas, que registram menos do que 2 fotos (*frames*) por minuto que, quando rodadas em uma filmadora comum, aparecem como um movimento rápido, tipo 35 dias reais rodadas em apenas 2 min. Estas informações podem ser encontradas na Internet, em *sites* de fabricantes destas filmadoras ou câmeras, digitais ou não, sob o título “*slow-motion cameras*”.

Visando ilustrar mais o “Espectro de intervalos de tempo”, o professor entregou aos alunos uma tabela contendo exemplos de intervalos de tempo conhecidos (Tabela 3 do Apêndice A).

Dificuldades encontradas

Na primeira turma que trabalhou com o guia GA3 não aconteceram imprevistos consideráveis no uso dos microcomputadores, embora eles fossem bastante lentos (um K62, e dois Pentium I). Na segunda turma, um dos bons microcomputadores (um AMD Duron) teve o *Windows* desconfigurado por alguns alunos da escola durante a semana; um outro (Pentium III) foi bloqueado pela Rede de Informática da UFRGS, por permitir a entrada de um vírus espião, não sendo possível utilizá-los nesta aula. Também a reprodução de vídeos, em câmera-lenta e rápida, ficou prejudicada pela ausência de atualização da versão dos *softwares Java e ActiveX*. Além disso, devido a um mau contato na rede inferior da escola, verificado posteriormente na central do servidor (sala 106), os terminais na sala 107 estavam desativados, impossibilitando o trabalho lá. O professor foi obrigado a deslocar os três microcomputadores disponíveis e em pleno funcionamento, um Pentium I, um Pentium II e um K62, para a sala 104 e instalá-los antes do início desta aula.

Na aula seguinte, novamente na sala 107, as atividades começaram com 10 minutos de atraso, devido a problemas com a inicialização de todos os microcomputadores, pois estavam atualizando os antivírus, exigência da gerência da Informática da Ufrgs. Observe-se que o professor começou a instalar (ligando e/ou consertando) os cinco microcomputadores às 10 h (um Pentium III, um AMD Duron, dois Pentium II e um K62, com exceção de um, todos doados pelos professores para a escola).

5.3.4 Atividade N.º 4: “Como tu determinarias esta grandeza física?”

Esta atividade foi desenvolvida nos dias 21.08.2007 (Turma 1) e 25.03.2008 (Turma 2), com a participação de 11 alunos e duração de 2 h/aula. Na segunda turma, uma estagiária da Licenciatura

de Letras da Ufrgs fez a observação e registro desta aula para seu estágio de graduação, enquanto que um professor interessado de Matemática, do Colégio de Aplicação, observou o trabalho desenvolvido por uma das duplas de alunos, fazendo comentários e questionamentos a eles sobre esta atividade. A Figura 33 mostra o material a ser utilizado pelos alunos nas medições.



Figura 33: Material utilizado pelos alunos nas medições.⁹

Entregando o **GA4**, o professor comentou que os alunos expandiriam os seus horizontes, valorizando a medição como processo e tendo a medida como resultado deste processo. Lembrou que muitas vezes, estas medições nos parecem “impossíveis”, sendo necessária a busca de novos processos e instrumentos de medida, diferentes dos tradicionalmente utilizados.

Na primeira parte da atividade “**Com a mão na massa!**”, os alunos determinaram rapidamente a massa da bolinha de vidro e do seixo de mármore, embora alguns apresentassem dificuldades no uso das escalas da balança de prato (0 - 1 g, 0 - 10 g e 0 - 100g). Comentaram que na disciplina de Química, no ano anterior, usaram uma balança de dois pratos, com “pesinhos” de até 0,1 g. A medição da massa do grão de arroz demorou um pouco mais, pois tentaram e não conseguiram determiná-la diretamente. Após rápida discussão decidiram determinar a massa de vários grãos de arroz, “no mínimo 10” diziam eles, e depois, encontrar a massa média dos grãos. Na primeira turma, foram utilizados grãos de feijão, cuja massa é dez vezes maior do que a do arroz, possibilitando a leitura direta na escala da balança, o que não queríamos que voltasse a acontecer.

A determinação de áreas da face de uma moeda, do couro cabeludo e da superfície de uma bolinha de vidro constituiu a segunda parte da atividade. No caso da área da face da moeda, foi necessária a intervenção do professor, pois quase todos queriam uma “fórmula” para medir esta área

⁹ Material utilizado: uma balança de prato, uma régua de 30 cm, duas folhas de papel milimetrado, duas folhas de papel A4, um copo becker de 250 ml, um copo becker de 50 ml, uma seringa de 10 ml, uma seringa de 2 ml, um seixo de mármore, uma bolinha de vidro, um punhado de arroz tipo 1, uma barra de giz e uma moeda de R\$ 0,50.

e não a conheciam, e tampouco sabiam direito o que significava uma área de 1 cm^2 . O professor solicitou a todos os alunos que preenchessem a lápis, no papel milimetrado, uma área de 1 cm^2 , que seria usada como padrão de medida. Os alunos logo chegaram à idéia de desenhar a moeda no papel milimetrado e, diziam eles, “contar os quadradinhos de 1 cm^2 ” limitados pelo desenho da moeda. No caso da área do couro cabeludo, dois alunos confeccionaram uma touca de saco plástico, com o desenho da superfície do couro cabeludo. Todos os grupos, nas duas turmas, repetiram este processo, repetindo a medição como no caso da moeda, embora alguns tenham se atrapalhado na contagem dos pedaços de quadradinhos nas extremidades dos desenhos, despendendo maior tempo na obtenção desta medida de área. A Figura 34 ilustra o couro cabeludo planificado pelos alunos da Turma 1, e suas medidas realizadas sobre uma folha de papel milimetrado.

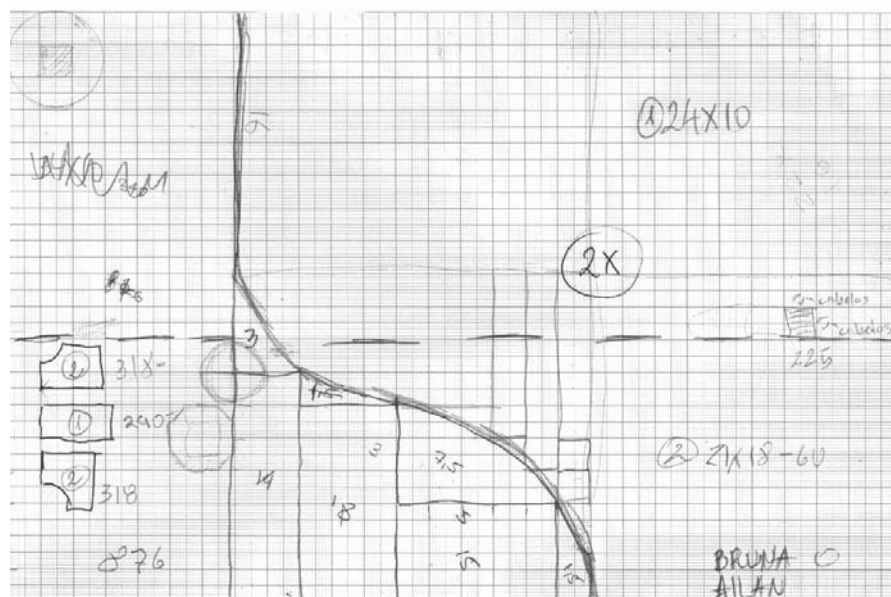


Figura 34: Planificação do couro cabeludo e medidas realizadas (Turma 1).

A Figura 35 ilustra uma das toucas plásticas planificadas pelos alunos da Turma 2 e as medidas realizadas e registradas sobre uma folha de papel milimetrado.

Repetindo o processo da touca, consideraram fácil a determinação da área da superfície da bolinha de vidro, “sem fórmulas”, cortando tiras de papel milimetrado de 1 cm de largura e cobrindo parcialmente a bolinha. Devido à falta de cuidado e excesso de papel milimetrado, incorreram em erros significativos, alguns chegando a uma diferença de 120 % (a maior).

Para encerrar a aula, realizaram a medida de volume do seixo de mármore e da barra de giz, por imersão respectivamente no béquer e na seringa. O volume da barra de giz foi determinado duas vezes, pois na primeira vez pareceu diminuir o volume da água na seringa durante a imersão, que causou espanto inicialmente, porém foram capazes de entender e justificarem sozinhos que o giz era poroso e só poderiam medir o seu volume, por imersão, quando totalmente encharcado. No caso do volume da gota, embora os conta-gotas fossem ligeiramente diferentes, encontraram o volume médio de uma gota a partir da medida do volume total de 10 a 20 gotas.

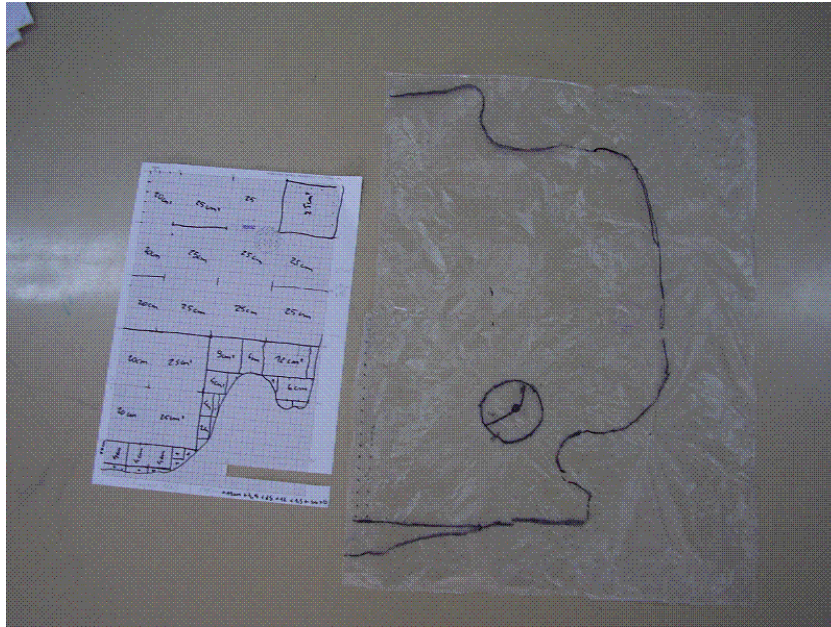


Figura 35: Medidas no papel milimetrado e toca plástica planificada.

Os resultados médios das medições foram:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| a) uma bolinha de “gude” | $m_b = 7,7$ a $9,0$ g |
| b) um seixo de mármore | $m_s = 90$ a 143 g (diferentes) |
| c) um grão de arroz | $m_f = 0,03$ a $0,05$ g |
| | |
| a) a área da “cara” de uma moeda antiga | $A_m = 4,2$ a $4,5$ cm ² |
| b) a área da cabeça de um dos colegas ocupada por cabelos | $A_c = 850$ a 1000 cm ² |
| c) a área superficial de uma bolinha de “gude” | $A_b = 6,0$ a 9 cm ² |
| | |
| a) o volume de um seixo de mármore | $V_s = 27$ ml a 76 ml (diferentes) |
| b) o volume de uma barra de giz | $V_b = 5,5$ a 12 ml |
| c) o volume de uma gota d’água | $V_g = 0,03$ ml a $0,05$ ml |

A atividade “**Queimando neurônios!**” representou um grande desafio para todos os alunos, deixando-os desconfortáveis, provocando discussões e comentários muito significativos quanto aos processos de medida de objetos ou quantidades muito grandes, muito além das obtidas em nosso dia-a-dia. Mesmo assim, concluíram que é necessária uma amostra daquilo que se quer medir. No caso da determinação da massa do Morro Santana, os alunos propuseram a divisão (graficamente) do morro em pedaços iguais; pegando um destes pedaços, determinariam a sua massa e multiplicariam pelo número de pedaços desta divisão. Em outro processo proposto, selecionariam uma amostra do morro, determinariam sua massa e volume, e depois comparariam com o volume total do morro, estabelecendo por regras de três a massa do morro. Apenas um grupo conseguiu enunciar a propriedade de densidade para um morro uniforme, salientando que poderiam cometer erros devido à não-uniformidade do morro. No caso da massa da Terra, o processo seria o mesmo,

ou dividir em pedaços iguais, ou determinar massa e volume de uma amostra, ou, pela densidade média da Terra. Para o caso do número de fios de cabelo, deveriam escolher uma amostra de 1 cm^2 do couro cabeludo e contarem quantos fios de cabelo ali existem; depois multiplicar pela área total do couro cabeludo, em cm^2 . No caso dos fósforos, alguns calcularam o volume da caixa com 40 fósforos e depois dividiram o volume da sala pelo volume da caixa, multiplicando este resultado por 40. As conversões de unidades dificultaram sobremaneira a obtenção desta última medida.

A proposição de uma medida “fora do normal” se concentrou mais em contagens, usando ou não as medições realizadas, como o número de folhas de uma árvore e o número de gotas de água existentes no oceano atlântico.

Apenas uma das duplas, nas duas turmas, não completou a última página do guia GA4, que ficou como tarefa extra classe a ser entregue posteriormente.

5.3.5 ATIVIDADE N.º.5: “Quais as medidas biológicas mais comuns do teu corpo?”

O professor iniciou a aula (dia 02.10.07, Turma 1 e 29.04.08, Turma 2) comentando que anteriormente foram realizadas medições de grandezas físicas associadas a eventos e propriedades do universo que nos rodeia, e que, nas atividades deste dia, o foco das medições seria o corpo dos alunos, para que se conhecessem um pouco melhor.

Após os comentários iniciais, o professor chamou a atenção dos alunos que falaria sobre uma grandeza física que eles ainda não tinham trabalhado no ensino médio: a pressão. Visando facilitar a explicação, ele entregou um prego a cada um dos alunos e solicitou que mantivessem os extremos deste prego entre o indicador e o polegar e respondessem à pergunta: “Onde a dor nos dedos é maior?” Os alunos indicaram o dedo em contato com a ponta do prego. O professor retrucou: “Mas como isto é possível, já que as forças que atuam nos dois dedos têm a mesma intensidade nestas extremidades?” Alguns alunos responderam que “a força está mais concentrada com uma superfície menor!” Retomando, o professor apresentou no quadro-negro a definição da grandeza física pressão, $p = F/A$, $[p] = 1 \text{ N} / 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ Pa}$ (pascal), concluindo que numa área menor, para mesma força aplicada, a pressão produzida é maior. Citou e explicou outro exemplo: o da bota militar e do salto prego feminino. Ao pisar no pé de outrem com um destes calçados, mesmo que as pessoas exerçam a mesma força sobre o pé, produzirão dores diferentes, maior no caso do salto feminino, em que a pressão sobre a área de apoio é maior. No final, lançou o desafio: “Por que temos de afiar uma faca para cortar melhor? Dois alunos, de turmas diferentes, conseguiram responder que “é para aumentar a pressão da faca”, diminuindo a área de contato da faca, como nos patins de gelo.

Experimento 1: “Qual a temperatura corpórea basal média do teu grupo?”

Muito tranqüilos e um de cada vez, os alunos mediram as suas temperaturas corpóreas, utilizando um único termômetro digital com precisão de $0,1^\circ\text{C}$. Apenas um aluno da Turma 2, o mais

tímido e aparentando estar com problemas particulares, se negou a realizar esta medição porque “tinha que tirar a roupa” (o S.O.E. da escola informou que a sua mãe estaria hospitalizada).

Calcularam depois a temperatura média para o grupo, resultando 35,7 °C, a mesma da Turma 1. Concluíram que as temperaturas corporais normais são diferentes, porque os seus corpos têm metabolismos diferentes.

Sobre a questão do termômetro clínico, o professor utilizou um termômetro comum de laboratório e mostrou que ele desmarcava a temperatura medida ao retirá-lo da axila, ao contrário do que ocorre no termômetro clínico de mercúrio, que apresenta um estrangulamento interno que impede o mercúrio voltar.

Experimento 2: *“Qual a pressão máxima produzida pelo teu pulmão?”*

Os alunos se mostraram muito interessados em determinar a pressão máxima pulmonar, soprando a mangueira adaptada ao manômetro em “U” de mercúrio, quase fazendo uma competição para ver quem conseguiria produzir a maior pressão (Figura 4 da seção 4).

A Figura 36 mostra uma aluna medindo a pressão pulmonar produzida, usando o manômetro por nós construído em 2007.

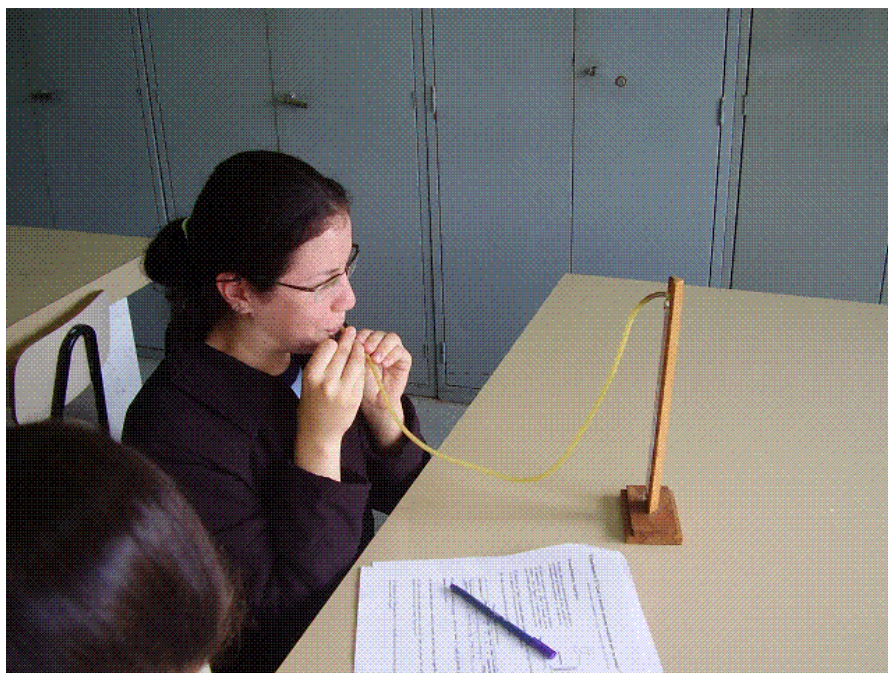


Figura 36: Foto da medição da pressão pulmonar.

Nesta medição, as medidas obtidas para a pressão pulmonar máxima variaram de 6,0 cm Hg (meninas) a 8,0 cm Hg (meninos). Os alunos determinaram facilmente a média das medidas de pressão, encontrando 7,2 cm Hg, que é menor que a média de 2007. Em 2007 os alunos cometeram muitos erros no número de algarismos significativos utilizados para expressar a média, usando o resultado da calculadora com 5 decimais. Naquela oportunidade, o professor chamou a atenção deles

para isto. Responderam, então, aos questionamentos em grande grupo, concluindo que o pulmão mais rígido de um fumante, devido ao alcatrão e outros produtos, exerceria maior pressão que os demais. O professor, ex-fumante, conseguiu atingir a 18 cm Hg, mas chamou a atenção que era possível aumentar um pouco a pressão pulmonar com exercícios específicos, como os mergulhadores, atletas e jogadores de futebol.

Experimento 3: “Qual a tua pressão arterial máxima e mínima?”

Antes de iniciar a atividade, o professor apresentou o monitor de pressão arterial aos alunos e, com o monitor ativado, demonstrou a medição das pressões arteriais máxima, mínima (em cm Hg) e do número de batimentos cardíacos por minuto, em um dos alunos. Por sua vez, todos os alunos repetiram com eficiência esta medição, obtendo para as duas turmas as pressões arteriais médias de 11,0 cm Hg por 7,0 cm Hg, com 80 batimentos cardíacos por minuto.

A Figura 37 mostra a medição realizada nesta atividade, com uma aluna acionando e registrando a pressão do aluno com o monitor de pressão arterial em seu braço.



Figura 37: Foto da medição da pressão arterial de um aluno.

Os alunos da segunda turma também mediram a pressão arterial do professor e do número de batimentos do coração, encontrando 14,2 cm Hg por 9,5 cm Hg e 105 batimentos, “um pouco elevada” comentaram eles. O professor comentou que era comum para a sua idade.

Esta atividade foi muito proveitosa, pois a maioria dos alunos apresentou grande interesse e participação, apresentando-se curiosos e atentos. Mesmo assim, na Turma 2, um dos alunos (o mesmo que não permitiu a determinação de sua temperatura) não realizou esta medida. Comentaram

que apenas dois alunos da Turma 1 e dois alunos da Turma 2, já haviam medido a sua pressão arterial numa enfermaria de posto de saúde ou hospital, mas usando um auscultador clínico e um manômetro analógico.

Para finalizar responderam às questões e desafios. Concluíram que a pulsação, junto ao manômetro, só era sentida entre as marcações da pressão arterial máxima e da mínima. Eles não entenderam o problema da embolia pulmonar, quando uma veia é perfurada. O professor comentou que devido à sucção imposta pelo coração, a pressão do sangue nesta veia se tornaria menor do que a atmosférica, forçando a entrada de ar na veia, que se dirige para os pulmões, onde interromperia o fluxo sanguíneo nos capilares. Concluíram também que uma pressão de 12 cm Hg equivale à pressão produzida por uma coluna de mercúrio de 12 cm e de água (sangue) de 1,3 m (próxima da altura do coração de uma pessoa.). Calculando, determinaram o número de batimentos cardíacos em um dia, que vai de 86.000 batimentos a 115.000 batimentos e concluíram manifestando que gostaram muito desta atividade.

Experimento 4: “Qual o máximo volume de ar que tu aspiras?”

Agora já em ritmo de brincadeira, começaram calmamente a encher de ar os sacos plásticos do espirômetro improvisado. A primeira turma utilizou um copo *bécker* de 2500 ml para medir o volume de ar destes sacos, encontrando sérias dificuldades em colocar os sacos com ar dentro destes frascos. Um aluno teve a idéia de sugar o ar abaixo do saco utilizando um canudinho, fazendo-o entrar no copo. Funcionou, e todos conseguiram determinar o volume de ar, que variou de 2,0 a 2,6 litros, ficando a média em 2,3 litros.

Para resolver os problemas enfrentados em 2007 com a medição do volume máximo expirado, montamos um “espirômetro” artesanal, utilizando materiais recicláveis (apresentado na Figura 6 da seção 4). O resultado foi muito satisfatório na Turma 2 e até melhorou a precisão obtida em relação à Turma 1.

Embora tenham sido minimizados os erros de medida, quase todos os alunos apresentaram problemas na expressão da medida do volume máximo de ar expirado (com Algarismos significativos). O professor chamou a atenção dos alunos e, eles acertando as medidas, calcularam a média para o grupo e responderam a algumas das questões. Na primeira turma, para responder a última questão, os alunos tiveram que verificar quantas vezes respiravam em um minuto, quando descansados (de 16 a 20 vezes), respirando, em média, 59 m^3 por dia, 20.000 m^3 por ano e $1.700.000 \text{ m}^3$ na vida de 70 anos. Na segunda, como encerrou a aula, alguns alunos não conseguiram registrar algumas respostas. No início da aula seguinte foram retomadas as últimas questões e respondidas.

A Figura 38 apresenta uma aluna medindo o seu volume máximo de ar expirado com o “espirômetro” artesanal.



Figura 38: Foto de uma aluna usando o expirômetro.

5.3.6 ATIVIDADE N.º6: *"Com quantos decimais devemos expressar a medida?"*

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 16.10.2007 (Turma 1) e 06.05.2008 (Turma 2). Para esta atividade, preparamos três réguas plásticas de 30 cm de mesma marca, apresentando três diferentes escalas de comprimentos, uma milimetrada (comum), uma centimetrada (raspou as divisões dos milímetros com uma gilete) e uma decimetrada (raspou as divisões dos centímetros e milímetros), como mostra a Figura 39. Também selecionamos livros iguais de uma mesma edição para cada um dos grupos.

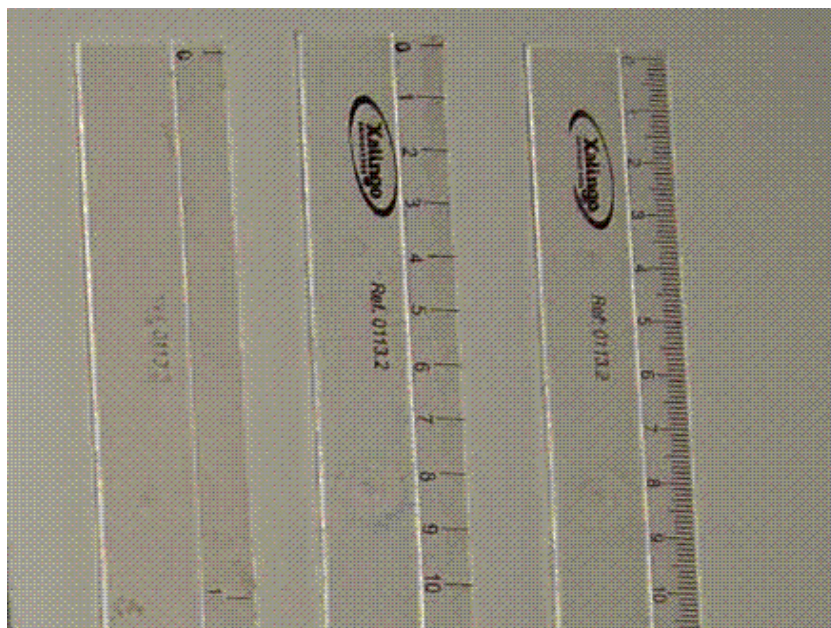


Figura 39: Réguas plásticas com diferentes escalas.

Nesta atividade nos preocupamos mais com a expressão das medidas obtidas em laboratório didático, ou seja, com a indicação correta do número de algarismos significativos, promovendo uma melhoria nesta expressão e o entendimento do seu significado, estabelecendo uma relação direta entre a precisão do instrumento de medida, a precisão da medida obtida e o número de algarismos significativos expressos nestas medidas.

Entregando o guia GA6, o professor comentou que o foco desta atividade era a expressão mais correta de uma medida, com a indicação dos seus algarismos significativos, uma melhoria na expressão de uma medida, associada à precisão dos instrumentos e do método de medição utilizado.

Formando duplas, os alunos iniciaram o primeiro experimento, que era a determinação do tempo médio de reação de cada um deles. Para isto, um dos colegas segurava uma régua plástica na vertical, na indicação “30 cm” e entre os dedos indicador e polegar, soltando-a sem aviso algum ao outro colega (“quanto mais inesperada for a soltura, melhor o resultado desta medida”, comentou o professor). O outro colega, inicialmente sem encostar-se à régua e com os dedos polegar e indicador próximos a indicação “0 cm”, agarrou a régua imediatamente após a sua soltura e registrou a distância de queda indicada junto aos seus dedos indicador e polegar. Repetiram, para cada um, mais duas vezes este processo e calcularam a média das três distâncias registradas.

Na primeira aplicação (Turma 1) do GA6, primeiro dois meninos realizaram suas medidas (em média 12 cm de queda), e depois a menina, que não conseguiu pegar a régua nas primeiras três tentativas. Sob a orientação dos colegas, que solicitaram mais atenção da colega e com torcida, conseguiram que a colega fizesse três medidas positivas (em média 19 cm de queda). Na segunda aplicação (Turma 2), todos os alunos determinaram suas medidas (em média 14 cm de queda), sem grandes dificuldades.

Para determinarem o tempo de reação de cada um, os alunos precisaram calcular o tempo de queda da régua, as duas turmas tiveram dificuldade em isolar o tempo a partir da equação da posição do MRUV, ou seja, $d_f = d_i + v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$. Somente um aluno da segunda turma sabia esta equação. Chamando a atenção de todos para o quadro-negro, o professor auxiliou-os, lembrando que neste caso $d_i = 0$ m, $v_i = 0$ m/s e que estava considerando $a = g \cong 10$ m/s². Substituiu estes dados na equação e isolou o tempo, fazendo-os obter a relação $t^2 = h / 5 = d_m / 5$. A partir daí, os alunos facilmente determinaram os seus tempos médios de reação. Na primeira turma, o menor tempo de reação ficou em torno de 0,11 s, e na segunda turma em torno de 0,12 s. Os alunos com estes menores tempos de reação, “os mais rápidos” dizem eles, foram prontamente escolhidos para juizes de uma corrida de 100 m.

O professor comentou também a disputa entre o setor de compras e os professores de educação física da escola, que exigiam cronômetros com precisão de milésimos de segundo. Os alunos acharam muito engraçado, pois diziam eles “Para que usar um cronômetro de milésimos, se eles já erram nos décimos de segundo?”.

No segundo experimento, os alunos determinaram diretamente a altura de um livro, recebendo uma régua de cada vez, utilizando primeiro uma régua decimetrada, onde sentiram a necessidade de mais um algarismo para expressarem com “mais precisão” a medida da altura do livro, pois o “erro seria muito grande”, diziam eles. Eles facilmente avaliaram o algarismo que faltava

na medida. O professor comentou que esta régua apresentava a mesma precisão de algumas trenas, usadas por agrimensores. Após, com a régua centimetrada, determinaram a altura do livro, também avaliando mais um algarismo significativo, solicitado pelo professor, que comentou que a precisão desta régua é muito utilizada em algumas trenas usadas na construção civil e em fitas ou barras métricas de costureiras. Dois grupos, um da primeira aplicação e outra da segunda, receberam livros que apresentavam a altura exatamente sobre uma das divisões da régua centimetrada, dizendo “O que eu coloco depois então?” O professor comentou que deveriam indicar um algarismo, que só poderia ser, neste caso, o zero. Com a régua milimetrada, muito conhecida pelos alunos, eles realizaram a última medida, apresentando uma grande dificuldade em determinarem, a olho nu, o algarismo duvidoso, que consideraram “muito difícil enxergar”. O professor sugeriu um pouco mais de atenção e bom senso, auxiliando-os na colocação da régua, pois estavam colocando, sem muito cuidado, a origem “0” da escala da régua sobre o início do livro. Comentou ainda, que muitos erros de medida têm origem no mau uso do instrumento de medida.

Concluíram a atividade respondendo aos questionamentos finais do guia. Responderam que as medições realizadas diferiam pela precisão, representando a mesma grandeza física medida por “materiais de precisões diferentes”. Entenderam que a precisão estava também relacionada ao instrumento de medida e o número de algarismos significativos expressos que podem ser obtidos através dela, sempre usando um instrumento de medida com precisão adequada ao “tamanho” (ordem de grandeza) do objeto.

Chamando a atenção de todos, o professor comenta que muitas vezes escolhemos unidades de medida que nos facilite a compreensão e expressão da medida obtida, como idade de uma pessoa dada em anos e não em segundos ou milênios (a pessoa vive 80 anos). Também apresentou como exemplos a idade de uma borboleta expressa em dias e não em anos (pois ela pode viver 1 semana), a medida prevista para o tamanho do átomo de hidrogênio é da ordem de 1Å , ou seja, $1\text{ angstrom} = 1 \times 10^{-10}\text{ m}$, logo não teria significado algum medirmos, em quilômetros, este “tamanho”.

Ficou para o próximo encontro uma breve retomada sobre a expressão de uma medida com algarismos significativos, envolvendo precisão e avaliação do último algarismo significativo, o primeiro duvidoso.

5.3.7 ATIVIDADE N.º7: “Como funcionam os sensores elétricos?”

Esta atividade foi desenvolvida nos dias 30.10.2007 (Turma 1) e 13.05.2008 (Turma 2), com a participação dos 11 alunos e duração de 2 h/aula. Para esta atividade, além de materiais eletro-eletrônicos diversos¹⁰, selecionados para os pequenos grupos, foi utilizada uma maquete de barco por nós construída especialmente para esta atividade, contendo um potenciômetro adaptado ao seu leme (Figura 10 da seção 4). Em dois terminais do potenciômetro foram soldadas as extremidades de dois cabinhos, que serviram de ligação com o ohmímetro.

¹⁰ Duas pilhas tipo “D”, um suporte para estas pilhas, três ligações-garra, uma chave (tipo campainha), um multímetro digital, um pedaço de uma resistência de fio (de fogões elétricos antigos), um resistor comercial de $18\ \Omega$, um LED e uma maquete de um barco.

A aula foi iniciada pelo professor com um breve comentário sobre as atividades já realizadas, em sua maioria, envolvendo medições manuais de grandezas físicas. Esclarecemos que para podermos usar o microcomputador como ferramenta principal na realização de medições e utilizando sensores, necessitaríamos de conceitos gerais relacionados aos circuitos elétricos simples, envolvendo geradores, receptores, condutores, corrente e resistência elétrica e outros. Comentamos que, na prática, iríamos trabalhar inicialmente com fios, resistências, ligações-garra, pilhas, interruptores e LEDs, o que deixou os alunos muito mais interessados.

Entregando o “kit” dos componentes elétricos numa caixinha, juntamente com o guia GA7, o professor deixou que os alunos manuseassem e reconhecessem os materiais. A Turma 2 foi muito mais receptiva a atividade do que a Turma 1.

Experimento 1: Como fazer uma lâmpada “acender” (ligar)?

Acompanhando o guia recebido, os alunos elaboraram, com seguidas reformulações, o seu projeto para a montagem do circuito que acenderia a lâmpada somente quando o botão da chave-campainha fosse pressionado. Na Turma 1, um dos grupos não usou a chave-campainha, corrigindo depois que o professor constatou o esquecimento. Na Turma 2, dois grupos mostraram-se muito centrados e até gritaram quando conseguiram que as lâmpadas acendessem. Depois, esquematizaram o “circuito montado” e observaram o brilho da lâmpada, primeiro com duas e depois com uma pilha, além de inverterem o sentido da corrente elétrica. No final, os alunos responderam a três questionamentos, comentando as observações feitas, relacionando o acender da lâmpada com a liberação de energia pelo gerador e a movimentação de cargas elétricas no circuito. Alguns alunos comentaram que “eram os elétrons livres dentro dos fios”. Concluíram que para a lâmpada não havia diferença no brilho com a inversão dos pólos das pilhas, ou seja, segundo eles, “funcionava igual dos dois jeitos”.

A Figura 40 apresenta dois esquemas do circuito produzido pelos alunos.

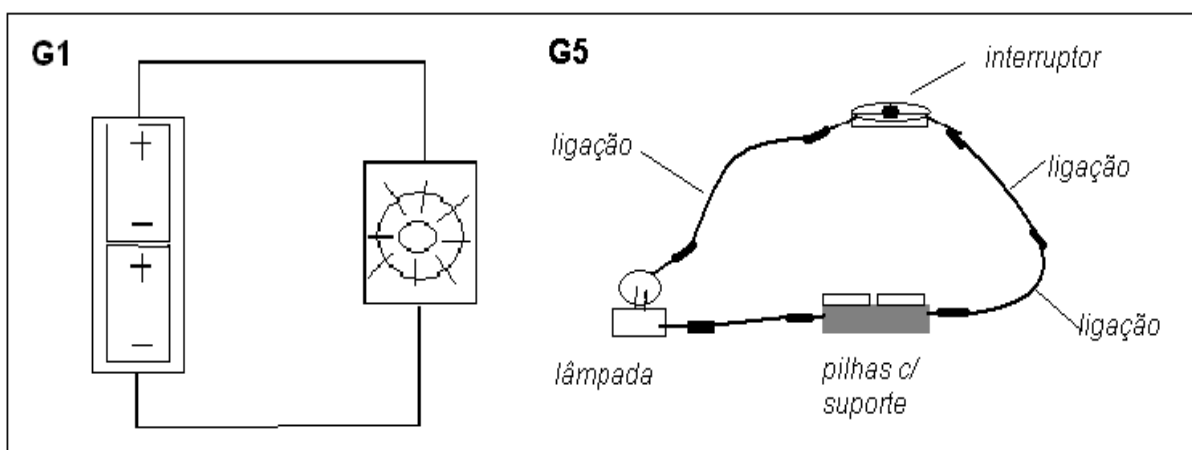


Figura 40: Esquemas de dois circuitos elétricos produzidos pelos alunos.

Experimento 2: *Como fazer o brilho da lâmpada “variar”?*

Nesta atividade, os alunos montaram rapidamente um novo circuito, com a lâmpada, as duas pilhas e uma resistência de fio (de fogão ou chuveiro elétrico), todos ligados em série, de tal forma que a lâmpada variava o seu brilho com a alteração do comprimento da resistência de fio entre as duas garras das duas ligações garra. Esperávamos que nesta atividade os alunos relacionassem mais diretamente o brilho da lâmpada com a corrente elétrica que a atravessa, mas, não foi bem assim, nos dois questionamentos alguns relacionaram com o “tamanho” da resistência, ou seja, maior resistência menor brilho, menor resistência maior brilho. Talvez a seqüência escolhida para as questões os conduza a esta formulação.

Experimento 3: *Como fazer um LED “acender” (ligar)?*

Com o pedido dos alunos que encerravam a atividade anterior, o professor entregou um LED, já com um resistor em série, para limitar a passagem de corrente elétrica por ele, para evitar que seja inutilizado por descuido, pois só funciona com correntes elétricas muito baixas. Montaram o circuito com o LED, mas um dos grupos achou que ele estava queimado, pois não acendeu. O professor sugeriu que invertessem o sentido de passagem da corrente elétrica, invertendo os “pólos” de ligação dele ou das pilhas, comportamento que estranharam muito. O professor comentou que o LED era polarizado, por isto as cores dos fios ligados a ele são diferentes. Após, os alunos responderam facilmente aos questionamentos feitos para atividade, concluindo que o LED é polarizado e a lâmpada não é, além de serem os dois transdutores que convertem energia elétrica em energia luminosa. O professor questionou também se a pilha também não era um transdutor, não havendo uma resposta imediata. Somente entenderam após comentários do professor sobre a energia química armazenada nas pilhas que se transforma em energia elétrica.

Experimento 4: *Como medir diretamente a resistência elétrica?*

Antes de entregar um multímetro para cada um dos pequenos grupos, o professor recolheu todas as pilhas das mesas, para evitar que ocorressem danos a eles por mau uso. Comentou as funções do multímetro para medições em elementos de um circuito, como voltagem, corrente e resistência elétrica. Demonstrou a utilização como voltímetro, determinando a voltagem de duas pilhas juntas, encontrando 3,0 V, como os alunos já esperavam. Afirmou que a resistência elétrica deveria ser medida com o ohmímetro, com a resistência desligada do circuito, para evitar avarias nele. Feito isto, os alunos realizaram a medição das resistências elétricas da resistência de fio e do resistor, usando o ohmímetro na escala de 200 Ω , encontrando, respectivamente, 6 Ω e 18 Ω . A resistência de fio já havia sido usada no experimento 2 e o resistor comercial com anéis coloridos foi fornecido pelo professor. Apenas um aluno da Turma 1 se interessou pela medida da resistência

expressa através dos anéis coloridos em resistores comerciais. Fora do horário de aula, o professor mostrou a “tabela de cores” para a medida da resistência elétrica de resistores comerciais. Nenhum dos alunos conseguiu sozinho atribuir significado à indicação no visor do ohmímetro em aberto. Concluíram após uma breve explicação do professor, associando-o a uma resistência elétrica muito grande, muito além da escala selecionada no ohmímetro. Alguns disseram que a resistência era “quase infinita”.

Experimento 5: Como “controlar” a direção do leme de um navio?

Com o olhar atento de todos os alunos e por sua solicitação, o professor entregou a maquete de um navio aos alunos que já tinham encerrado as atividades anteriores. Neste navio, o leme estava ajustado a um potenciômetro, do qual saía um fio até o ohmímetro.

No navio, através de um transferidor colado, eles mediram o ângulo entre o leme e o eixo do navio e, no ohmímetro, eles mediram a correspondente resistência elétrica do potenciômetro. Esperávamos que todos os grupos ficassem empolgados com esta atividade, visto que já tinha sido apresentada a três professores de matemática, que aceitaram muito bem como uma “atividade de desafio”. Não foi o que aconteceu com a Turma 1, onde os alunos pouco se empenharam, brincando muito e saindo fora dos objetivos. Mesmo assim, todos construíram uma tabela, calibrando o potenciômetro, alguns com apenas cinco medidas: a central, a 0°, duas a direita, a 30° e 60°, e duas à esquerda, -30° e -60°, demonstrando pouca precisão de leitura quando desafiados pelo professor. O professor solicitou a medida do desvio angular do leme do barco com um ohmímetro, escondendo o barco para eles não o verem, ocorrendo erro de leitura de até 10°.

Após ter tocado o sinal para o término da aula, o professor comentou que eles poderiam ter “calibrado” melhor o potenciômetro, usando variações angulares menores. Apenas um grupo, da Turma 2, usou variações de 10°, apresentando os melhores resultados no “*test-drive*”.

5.3.8 ATIVIDADE N.º 8: “Para que servem e como funcionam os transdutores?”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 06.11.2007 (Turma 1) e 27.05.2008 (Turma 2) no Colégio de Aplicação. Também foi aplicado em 27.11.2007, em caráter excepcional, a uma turma de seis alunos da disciplina Instrumentação para Laboratório I um curso noturno da Licenciatura do Instituto de Física da UFRGS, oportunidade concedida pela orientadora deste trabalho, onde os alunos foram muito receptivos e realizaram as atividades, em ordem inversa, com maestria e interesse.

Para esta atividade, foram montados três pêndulos rígidos adaptados ao eixo de um potenciômetro¹¹, com possibilidade de conexão ao microcomputador através do conector DB15. O

¹¹ Os pêndulos são compostos por uma haste de madeira, de 80 cm de comprimento e 1 cm de largura, com uma perfuração a 2 cm de cada extremo da haste. Num dos extremos foi afixado com arame uma chumbada de pescaria de 100 gramas e, no outro extremo, foi fixado o eixo do potenciômetro (que o atravessou).

pêndulo rígido, construído por nós para esta atividade, está ilustrado na Figura IV.11. A conexão digital foi composta de um fio duplo ligando o potenciômetro ao conector DB15 como mostra a Figura 41.

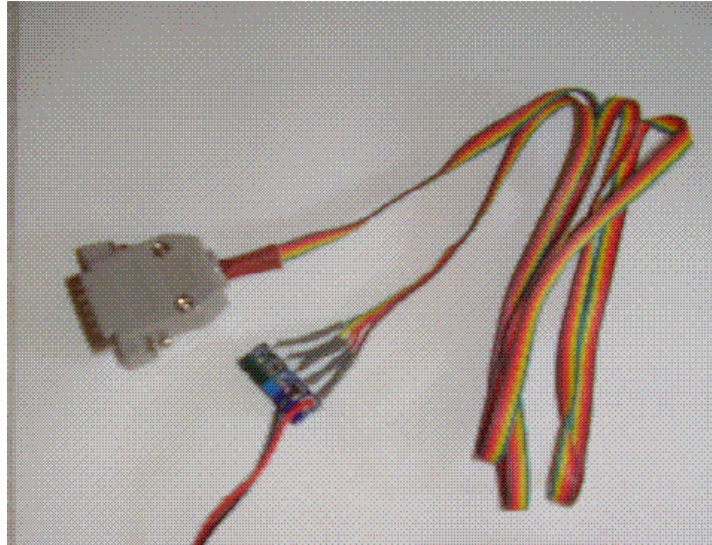


Figura 41: Foto da ligação ao conector DB15.

Iniciando a aula, o professor comentou as atividades realizadas na aula anterior e explicou que nesta aula eles iriam determinar algumas características importantes e específicas de alguns transdutores, que poderiam funcionar como olhos, ouvidos, pele e tato para os microcomputadores. Os sensores poderiam ser utilizados na coleta de dados em circuitos automatizados, onde a participação do homem poderia ser dispensada.

Deslocando os alunos para o balcão do laboratório, onde estavam montados os pêndulos e os microcomputadores, o professor entregou o GA8 para as duplas formadas. Neste guia, os alunos foram orientados a utilizar um potenciômetro para a medição indireta da amplitude de oscilação deste pêndulo rígido e a observação da redução desta amplitude com o passar do tempo (amortecimento). Alguns alunos encontraram dificuldades para ligar o conector DB15 no microcomputador, pois não sabiam onde estava a placa de som, logo indicada pelo professor. Nos microcomputadores com placa de som *on-board*, a placa está atrás e no lado esquerdo do microcomputador.

Dois grupos tiveram dificuldade em acionar o programa Aqdados, através do ícone existente na tela do microcomputador, e selecionar a entrada Analógica 1, principalmente por não terem lido as instruções do Guia da Atividade. Iniciando a leitura automatizada da resistência elétrica do potenciômetro, a construção do gráfico $R \times n$ em tempo real, enquanto o potenciômetro acoplado ao pêndulo rígido foi movimentado, surpreendeu muito os alunos. Eles repetiram esta “leitura” até três vezes, alguns diminuindo um pouco a amplitude inicial e outros aumentando o número de medidas, “para obter mais pontos no gráfico”, diziam eles.

Alguns alunos não encontraram o disquete para salvar os dados coletados pelo programa Aqdados, mesmo estando em cima da torre do microcomputador, outros não sabiam onde eles tinham salvado, pela primeira vez, este arquivo de dados. Depois de esclarecidas as dúvidas, todos

os grupos conseguiram salvar as suas tabelas de dados coletados, e, apenas para exemplificar, o professor “abriu” uma tabela no Excel e apresentou o gráfico R x n para os alunos, como mostra a Figura 42.

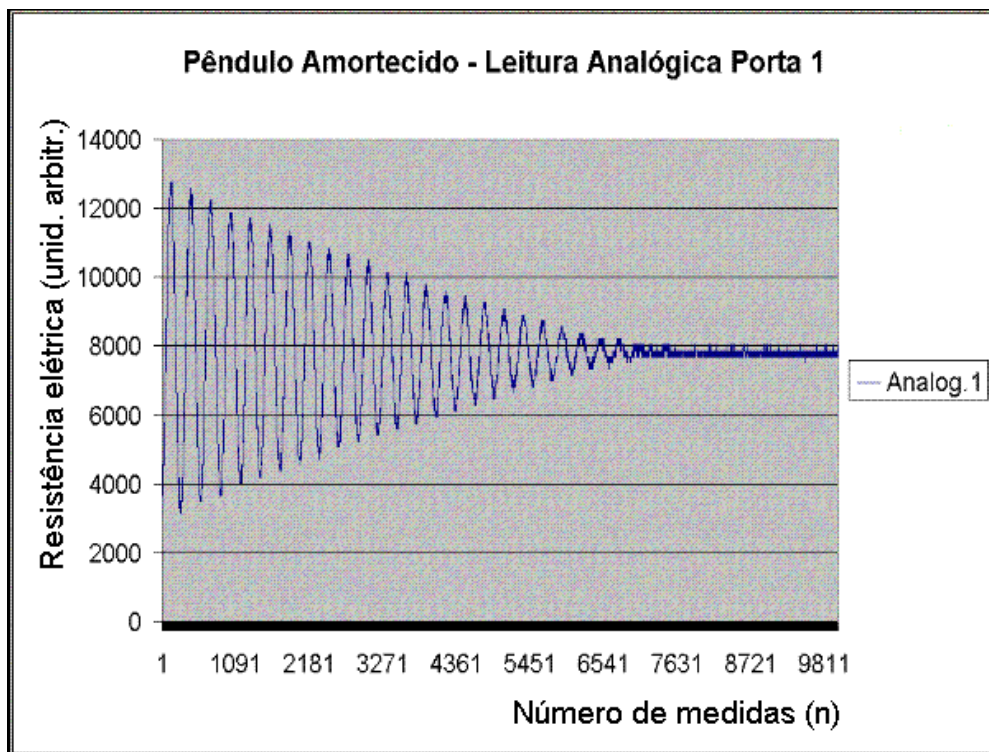


Figura 42: Gráfico da resistência elétrica em função do número de medidas no Excel.

O professor, respondendo ao questionamento de “como ligar no DB15”, disse que o estudo mais minucioso destas conexões à entrada de *joystick* seria feito nas próximas aulas. Na determinação da resistência elétrica para três posições definidas, os grupos 3, 4 e 5 foram quase perfeitos. No grupo 1, esqueceram de medir a amplitude para ângulos negativos (p/esquerda), enquanto que o grupo 2 (o mais brincalhão) mudou a posição média do potenciômetro, sem alterar os registros anteriores, o que causou divergência entre estas medidas. No final, os alunos responderam os questionamentos sem muitos problemas, e socializaram os resultados obtidos, concluindo que a resistência elétrica do potenciômetro era uma grandeza analógica. Apenas o grupo 2 da turma de 2007, terminou esta atividade com 15 minutos de atraso, pois estavam, com as palavras deles, “testando, a sua maneira, o pêndulo rígido”, o que atrasou a continuidade de seu trabalho.

Voltando novamente para as mesas do laboratório, assim que terminaram a primeira atividade, os alunos receberam um “kit” contendo o material da segunda atividade do dia¹², dando início aos trabalhos.

A utilização do multímetro foi tranqüila, com os alunos medindo as resistências elétricas dos sensores e sua variação com a excitação externa. A única dificuldade encontrada pelos grupos 3 e 5 foi relembrar o significado do “|”, bem à esquerda do visor do ohmímetro em aberto, o qual o

¹² Um multímetro, uma chave campainha, uma chave *reset*, um potenciômetro, um fotorresistor, um fototransistor, um *reed-switch*, um termistor e um microfone a eletreto.

professor imediatamente lembrou que se tratava ou de uma resistência elétrica muito acima da escala utilizada ou muito grande (quase infinita $\approx \infty$). Pelas respostas dadas pelos alunos em aula e nos guias, foi possível verificar o comportamento analógico e digital destes transdutores mais comuns. Quatro alunas testaram e verificaram mais uma propriedade, que muitos deles têm polaridade como o fototransistor, isto é, não funcionam quando se inverte os terminais deles. Os alunos do grupo 2 “endoideceram” quando começaram a analisar o microfone a eletreto, fazendo um concurso entre os três para ver qual deles conseguia aumentar mais a resistência elétrica do microfone, no grito (literalmente), o que os atrapalhou e atrasou bastante novamente, não conseguindo responder aos questionamentos finais, embora tenham discutido muito sobre as características do microfone, em especial, relacionando com um “controlador do nível de palmas num auditório do SBT”. Os grupos, exceto o grupo 2 que foi advertido a participar mais efetivamente nas próximas aulas, completaram com qualidade o trabalho, sendo parabenizados pelo professor.

Como o uso do ohmímetro foi muito breve, não foi explorado como deveria a medição com diversos valores de resistências elétricas, obrigando-os a realizar insistentemente a troca de escalas, o que certamente favoreceria o melhor entendimento da indicação “I” à esquerda do visor e do uso deste instrumento.

5.3.9 ATIVIDADE N.º 9: “Como fazer o computador “ler” os dados fornecidos pelos transdutores?”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 13.11.2007 (Turma 1) e 03.06.2008 (Turma 2), tendo sido preparados quatro microcomputadores sobre quatro mesas da sala 107 e selecionados, para cada um dos grupos, o mesmo material da atividade anterior, excluindo o multímetro digital.

Iniciando as atividades ao entregar o guia GA9, o professor lembrou os tópicos tratados na aula anterior e comentou que nesta atividade iriam aprofundar o conhecimento sobre o uso dos sensores, onde utilizariam o microcomputador para interpretar (“ler”) as informações fornecidas pelos sensores e o programa Aqdados para o registro destas informações, nos seus dois tipos de “leitura” (digital ou analógica).

Iniciando a leitura dos procedimentos do experimento 1, os alunos observaram o esquema e confirmaram as ligações dos pinos 1 e 3 e, o curto circuito entre os pinos 1 e 6 do conector DB15, para leitura analógica. As ligações já haviam sido soldadas pelo professor, para evitar que os alunos se machucassem ou desviassem a atenção do foco da atividade. Depois, os alunos ligaram o conector DB15 na entrada de *joystick* da placa de som do microcomputador, acionaram o programa Aqdados a partir do ícone existente e selecionaram para leitura analógica de dados a entrada Analógica 1. A execução destes procedimentos foi tranqüila e precisa, pois já os haviam realizado na testagem do pêndulo da atividade anterior. Somente os grupos 2 e 5 não salvaram os seus dados, por falta de atenção ao guia. Em geral, todos os alunos gostaram muito de ver a construção em tempo real do gráfico, alguns até tentaram construir um gráfico com um “desenho diferente na tela” diziam eles.

Todos os grupos demonstraram facilidade e conhecimento do uso do programa Aqdados, principalmente na observação dos gráficos construídos em tempo real, donde conseguiram concluir rapidamente o uso e propriedades do comportamento dos sensores. O fototransistor e o microfone foram as vedetes deste experimento, o primeiro pela redução rápida da sua resistência elétrica com a incidência de luz e, o segundo, com a formação, nas palavras dos alunos, “de ondas” verificadas no registro da resistência elétrica no gráfico R x n em tempo real.

Antes de iniciarem a segunda atividade, o professor foi trocando cada um dos conectores DB15 dos grupos que iam encerrando a primeira atividade, para que as leituras fossem digitais.

Com a leitura dos procedimentos do experimento 2, os alunos observaram o esquema e confirmaram as ligações dos pinos 2 e 4, e o curto-circuito entre os pinos 1, 3 e 6 do conector DB15, para leitura digital. Depois, ligaram o conector ao microcomputador e ligaram, um a um e cuidando a polaridade, os oito sensores, com ou sem excitação, sempre registrando o estado lógico (0 ou 1) apresentado, verificando o comportamento digital destes transdutores, através da coleta automatizada dos estados da entrada Digital 1, onde apenas alguns alteraram o estado lógico da entrada Digital 1. Nesta atividade os alunos não observaram, em tempo real, a construção do gráfico R x n, pois ela só ocorre em leituras analógicas com o Aqdados. O professor comentou que na próxima atividade usariam a planilha Excel para analisar os dados. Questionados sobre o uso da planilha Excel, todos eles responderam que nunca a haviam usado. Somente os grupos 1 e 3 testaram a coleta de dados em tempo real, com a ajuda do professor, dos estados lógicos lidos para o fototransistor. A segunda atividade foi realizada rapidamente por todos os grupos, pela familiaridade adquirida com o material. Devido ao baixo aproveitamento dos grupos 1 e 2 (2007) no encontro anterior, não esperávamos uma participação tão interessada por parte destes alunos. A testagem na aula anterior com o programa Aqdados facilitou em muito o entendimento desta atividade, principalmente a observação da construção em tempo real do gráfico R x n.

No final, adiantados por realizarem bem as duas atividades, ainda sobraram trinta minutos para os alunos responderem aos questionamentos e discutirem a utilização de um tipo de sensor na prática, ou seja, digital e analógica, surgindo a sugestão de alarmes, acendimento de lâmpadas, controle de portas e janelas, etc., tanto em pequenos grupos como em grande grupo.

5.3.10 ATIVIDADE N.º 10: “Como importar os dados obtidos automaticamente no programa Aqdados?”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 20.11.2007 (Turma 1) e 10.06.2008 (Turma 2). Para esta atividade, foram acionados quatro microcomputadores sobre os balcões da sala 107 e preparados quatro pêndulos com LED e fototransistor adaptados à base dos suportes destes pêndulos, com conexão ao microcomputador através do conector DB15.

Cada um dos quatro pêndulos, especialmente construídos para esta atividade, tem a sua massa oscilante em forma de placa. Eles são sustentados por hastes de madeira e o fio de

sustentação da placa é uma cordoalha especial utilizada em dial de rádios¹³. Os LEDs emitem radiação na faixa do infravermelho e do visível. A Figura 43 apresenta uma foto com o pêndulo conectado ao microcomputador.



Figura 43: Foto com o pêndulo conectado ao microcomputador.

Chamando a atenção dos alunos, o professor lembrou que em atividades anteriores foram observadas as características, o comportamento e algumas aplicações de alguns sensores, utilizando as entradas Digital e Analógica do programa Aqdados, quando conectados na porta de *joystick* da placa de som de um microcomputador, tendo sido observado o fenômeno de amortecimento que ocorre num pêndulo rígido acoplado a um potenciômetro.

Entregando o GA10, o professor explicou que ainda utilizariam nesta atividade o programa Aqdados, através da entrada Digital 1, para determinar alguns intervalos de tempo relacionados a oscilação de um pêndulo, como período e velocidade máxima. Além disto, para importar e manipular os dados obtidos iria usar pela primeira vez em aula a planilha Excel, que, pela resposta de todos os alunos, eles ainda não a tinham utilizado. Nesta atividade faltaram os dois alunos do grupo 1 e o que veio deste grupo quis trabalhar sozinho, apesar de seus colegas de turma o convidar para trabalharem juntos. Em 2008, houve diversas quedas de energia na rede do campus, atrasando e atrapalhando um pouco as medições do grupo 3 (2008).

Os alunos, já acostumados com o tipo do trabalho, iniciaram a leitura silenciosa do guia e tentaram identificar, após a conexão na placa de som do microcomputador, o LED ligado e o fototransistor protegido com um tubinho opaco.

Os grupos 1 (2007) e 5 (2008) disseram que o LED deles não estava funcionando. O professor explicou, mostrando no Aqdados, que ele estava funcionando, mas que emitia na faixa do infravermelho, invisível aos nossos olhos.

¹³ Dois pêndulos têm um comprimento de 57 cm (período próximo de 1,5 s) e dois de 27 cm (período próximo de 1,0 s). A placa móvel tem um comprimento de 5 cm e uma altura de 2 cm.

A Figura 44 apresenta uma foto em detalhe do LED e do fototransistor.

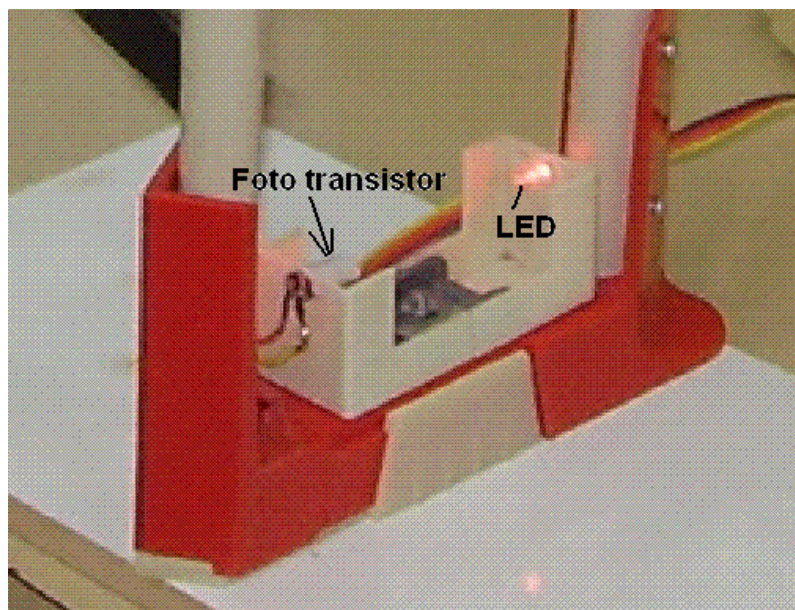


Figura 44: Foto com o pêndulo conectado ao microcomputador.

Nesta atividade, uma das alunas do grupo 5 comentou que é possível ver o infravermelho através da tela de uma máquina fotográfica digital, como ocorre com os olhos eletrônicos usados pelos soldados americanos na guerra do golfo, sendo reforçada pelo professor. A mesma aluna questiona a vantagem no uso do infravermelho e o professor responde que ele sofre menos interferência do meio, como acontece com a luz visível.

Com muita facilidade e familiaridade, os alunos acionaram o programa Aqdados, selecionaram a entrada Digital 1 e indicaram o número 1000 para o Número de medidas. Depois, colocando o pêndulo em oscilação, alguns com grandes amplitudes (grupos 1, 2 e 5) e os demais (grupos 3 e 4) com pequenas amplitudes, acionaram a Coleta de Dados, dando início às medições propriamente ditas. Todos os alunos estranharam a não construção do gráfico pelo programa Aqdados. O professor respondeu que o gráfico só é construído no Aqdados com a utilização das portas analógicas. Para a análise dos dados coletados através das portas digitais, seria usada posteriormente a planilha Excel para importar e manipular os dados, depois de completada a leitura os dados colhidos pelo Aqdados, podendo ser utilizada na construção de gráficos também.

Encerrada a coleta e com o arquivo de dados já salvo, os alunos, com o auxílio do guia e do professor, iniciaram a utilização da planilha Excel, seguindo, com forte dificuldade e muitas perguntas, a importação dos dados para a planilha. Demoraram bastante para entender os dados apresentados na tabela, apresentando séria dificuldade no entendimento e na determinação dos intervalos de tempo decorridos entre leituras dos estados lógicos da entrada Digital 1, pela contagem direta dos intervalos (parte mais demorada). Nesta etapa, o computador do grupo 1 travou, e o professor sugeriu que ele mudasse para o outro computador, levando o disquete com os dados já salvos. Nos grupos de 2008, caiu a rede elétrica e voltou após 10 minutos, reiniciando novamente a importação de dados. Eles determinaram e registraram o intervalo de tempo entre duas medidas

sucessivas (Δt) e depois iniciaram ou completaram a contagem dos intervalos de tempo associados ao período do pêndulo (T), com duas seqüências completas com iluminação (estado 1) e duas seqüências completas sem iluminação (estado 0). Detalhes sobre a coleta dessas medidas podem ser encontrados no Apêndice C.

A Figura 45 apresenta o gráfico construído pelo professor com os dados importados pelo grupo 4, na planilha Excel, e mostrado aos demais alunos em 2008.

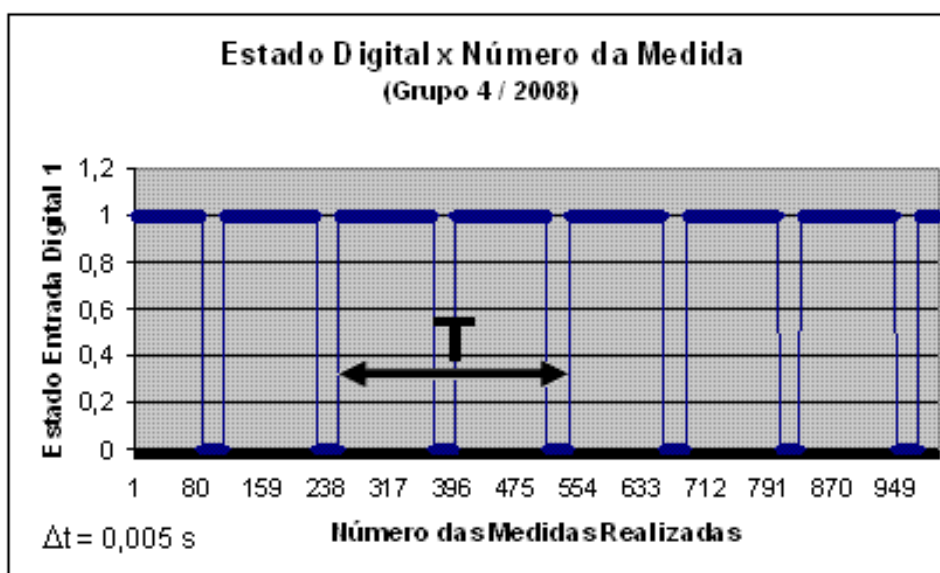


Figura 45: Gráfico obtido na planilha Excel com os dados importados pelo grupo 4.

Apenas o grupo 3 não conseguiu obter medidas precisas, por problemas de leitura dos dados na planilha Excel, pois fizeram as medidas de meios períodos e depois multiplicaram por dois. Todos conseguiram medir o intervalo de tempo entre duas medidas (Δt), demonstrando que os computadores “liam” os dados de maneira diferente, de acordo com as suas características internas.

O professor estranhou a dificuldade dos alunos em calcular a velocidade média, pois não haviam entendido bem qual era a distância percorrida pelo pêndulo enquanto interrompe o feixe de luz que excita o fototransistor. O professor solicitou que parassem a atividade, explicando com um desenho no quadro-negro, a passagem de um trem por um ponto da ferrovia. Segundo eles, eles nunca tinham resolvido um “problema” deste tipo¹⁴. As velocidades máximas medidas variaram muito, pois dependiam da amplitude inicial e do comprimento do pêndulo, ficando entre 0,38 m/s (pêndulo grande com pequena amplitude inicial) e 1,67 m/s (pêndulo pequeno com grande amplitude inicial).

Os cinco grupos de alunos responderam conjuntamente aos questionamentos finais, sendo que os grupos 1 e 2 (2007) e 4 (2008) quase não solicitaram a interferência do professor. Mesmo assim, no questionamento P14G6 todos os alunos apresentaram dificuldade em redigir uma resposta sobre o tempo de passagem do pêndulo pelo sensor, sendo necessária a interferência direta do professor, que lembrou a eles que durante a passagem do pêndulo em frente ao LED, o fototransistor não recebia luz. Perto do final da aula, o professor comentou as trocas de energia cinética e potencial

¹⁴ Ou seja, eles jamais haviam sido levados a pensar como adaptar a cinemática de partícula pontual a um corpo extenso.

durante a oscilação do pêndulo e a perda de energia mecânica do mesmo devido aos atritos existentes. Em 2007 o professor mostrou o funcionamento de uma *Webcam* adquirida para o laboratório, permitindo aos alunos se fotografarem e filmarem mutuamente.

Na turma de Licenciatura da Física os resultados foram resgatados pelo professor da disciplina em sala de aula.

5.3.11 ATIVIDADE N.º 11: “Como medir a velocidade do som na sala de aula?”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 27.11.2007 (Turma 1) e 17.06.2008 (Turma 2) no Colégio de Aplicação. Também foi aplicado no dia 29.11.2007, em caráter excepcional, a uma turma da disciplina de Instrumentação para Laboratório I, do curso noturno de Licenciatura de Física, do Instituto de Física da UFRGS, oportunidade oferecida pela orientadora deste trabalho.

Para esta atividade no Colégio de Aplicação, foram acionados quatro microcomputadores sobre as mesas da sala 107 e montados quatro potencializadores de microfones a eletreto estéreo, conectáveis à entrada (*line-in*) da placa de som dos microcomputadores, usando uma **bateria nova** de 9,0 V em cada um deles.

A Figura 46 mostra uma foto com o equipamento utilizado por cada um dos grupos para gravação do som.

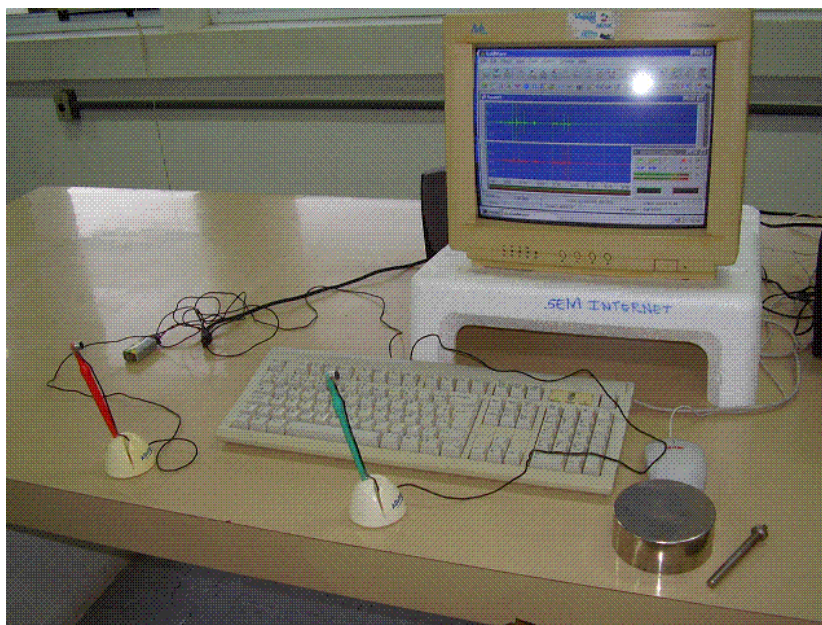


Figura 46: Foto do equipamento utilizado para a gravação estéreo do som.

A Figura 47 mostra a tela de um teste de gravação estéreo realizado pelos dois alunos do grupo 4, cada um falando em microfones diferentes, onde as vozes dos alunos apareceram em separado.

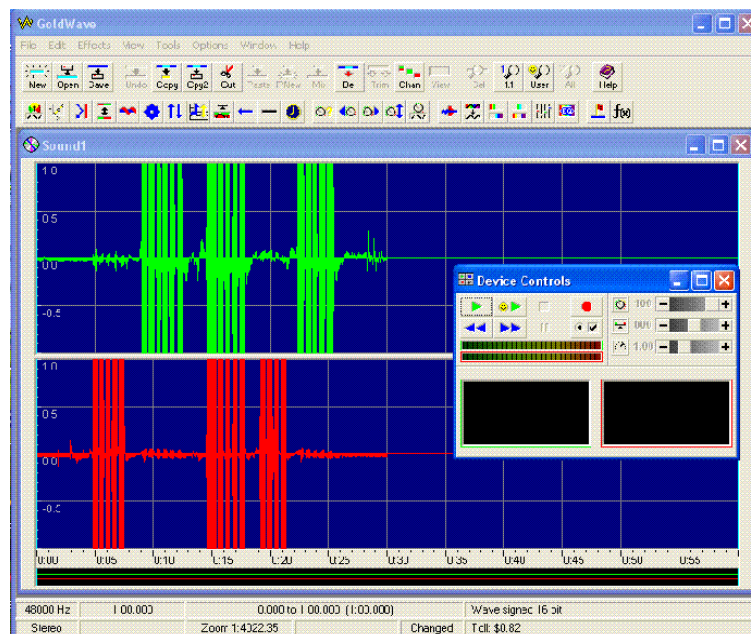


Figura 47: Foto da tela do Goldwave de um teste de gravação estéreo.

Devolvendo o guia GA10 da atividade anterior, o professor relembrou as medidas realizadas do período e da velocidade de um pêndulo, utilizando para coleta de dados o programa Aqdados e a importação e leitura de dados feita com a planilha Excel, tendo seu mau uso atrasado o final do trabalho das turmas, prontamente justificado por eles nunca terem usado esta planilha. Pediu, então, muita atenção aos alunos, pois eles iriam medir a velocidade do som na sala de aula, um desafio para o Ensino Médio, pois muitos professores acreditam ser impossível medir diretamente a velocidade do som. Para isto utilizariam o programa *Goldwave* v4.26, sendo necessário primeiro o domínio de algumas ferramentas deste programa¹⁵.

Ao entregar o guia GA11, o professor solicitou novamente muita atenção na leitura e execução dos procedimentos do texto, primeiramente até o procedimento 8, experimentando e testando todos os comandos e ferramentas apresentadas para o programa e solucionando todas as dúvidas existentes. Após a leitura, os alunos das duas turmas exploram exaustivamente, com entusiasmo e ruidosamente a gravação e reprodução de vozes, sons e cantigas como “ilariê” da Xuxa, além dos urros e berros desvairados, ficando o ritmo da atividade um pouco prejudicado.

Todos os grupos, sem exceção, brincaram muito com gravação estéreo do programa *Goldwave*, inclusive testando outras funções do programa, como reprodução mais lenta ou mais rápida do som gravado, alteração do timbre da voz, e, de forma inédita, observaram uma reprodução com reversão temporal do som gravado ao contrário. Este item lhes atraiu muito a atenção.

Iniciando a atividade propriamente dita, alinharam os dois microfones com a fonte, mediram e registraram a distância entre eles, e iniciaram a gravação das cinco batidas na lata conforme o texto. Encerrando a gravação, apareceu o gráfico da intensidade do som em função do tempo na tela do *Goldwave*, onde as cinco batidas foram facilmente identificadas pelos alunos através de picos de

¹⁵ O programa *Goldwave* v.4.26 nos microcomputadores em 2007, sendo depois desinstalado e reinstalado em 2008, pois só é válido para uso por 30 dias.

grande amplitude do som gravado. A Figura 48 mostra uma foto da tela do microcomputador com as cinco batidas registradas graficamente pelo programa Goldwave.

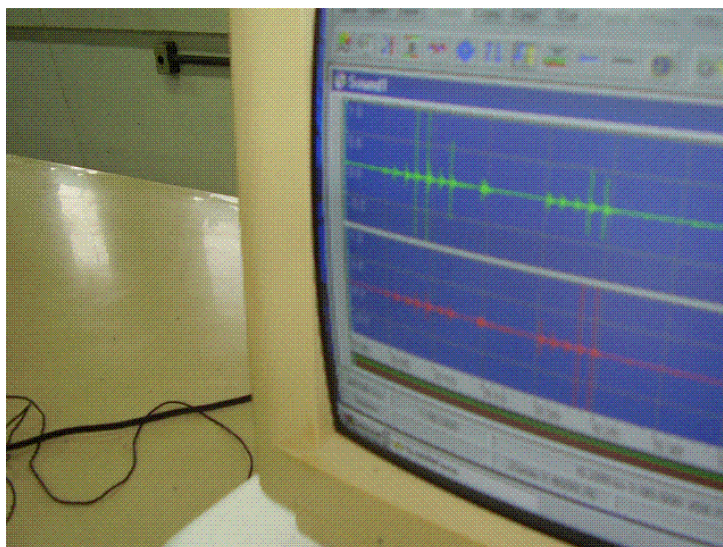


Figura 48: Foto da tela com o registro gráfico das cinco batidas.

Depois, todos os grupos mediram e registraram a distância entre os dois microfones, respondendo rapidamente aos quatro questionamentos sobre a atividade desenvolvida até aquele momento.

Retomando novamente o gráfico das cinco batidas, em cada um dos trechos com o registro gráfico de uma batida, os alunos selecionaram, clicando com as teclas esquerda e direita do *mouse*, o intervalo que continha os inícios de recebimento do som nos dois microfones e acionaram a tecla “Sel” para ampliar a trilha sonora. A ampliação de cada trecho foi repetida por três ou quatro vezes, até poder identificar os instantes em que ocorreram as batidas. A Figura 49 mostra, em detalhes, trechos dos quatro estágios da ampliação obtida com a ferramenta “Sel” do Goldwave.

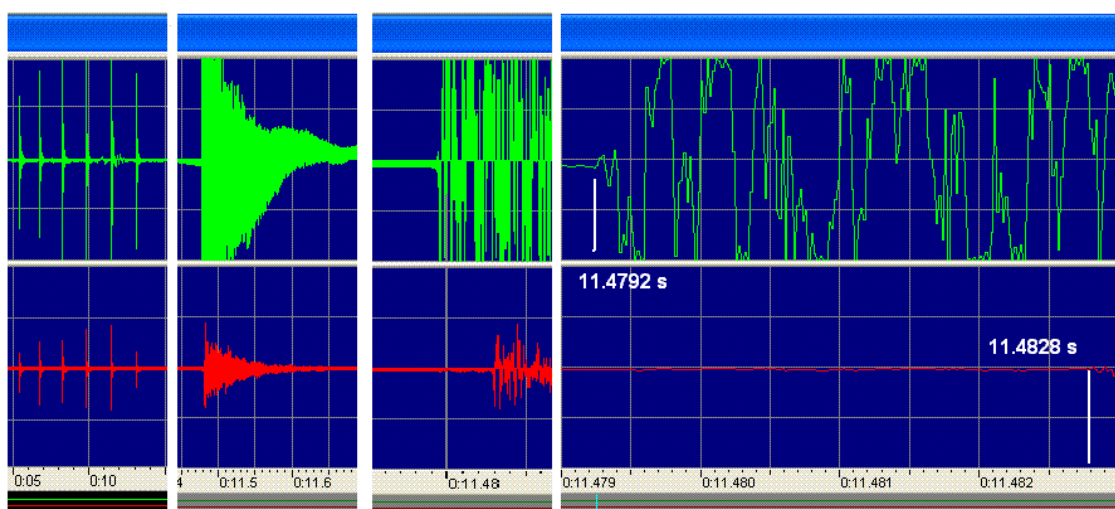


Figura 49: Trechos dos quatro estágios da ampliação obtida com “Sel” do Goldwave.

Utilizando os intervalos de tempo obtidos, os alunos calcularam e registraram a velocidade média de propagação do som, encontrando em 2007 entre 347 e 348 m/s, aceitável para uma temperatura de 26 °C. Em 2008, devido às grandes dificuldades encontradas, a uma temperatura de 18 °C, encontraram para velocidade média de propagação do som, os valores de 288 m/s, 334 m/s e 357 m/s.

No final da atividade, os alunos executam a simulação da propagação do som sugerida, numa página da Internet. A partir de dados e informações numéricas contidas em tabelas, o grupo de alunos discutiu, refletiu e respondeu aos questionamentos existentes no guia, sem grandes problemas. Vários alunos não sabiam que o som não se propagava no vácuo e, o professor, lembrou os efeitos sonoros irreais das explosões no filme Guerra nas Estrelas. Outro custou a entender o aumento de velocidade da propagação do som no ar com o aumento de temperatura. O professor esclareceu usando como explicação o aumento da velocidade das moléculas com o aumento de temperatura permite uma propagação mais rápida do som. Os alunos da Turma 2 completaram os últimos questionamentos, com o professor, no início do encontro seguinte sem grandes dificuldades agora.

O grupo de alunos do oitavo semestre da Licenciatura de Física também encontrou algumas dificuldades, primeiro na seleção dos intervalos de tempo de recepção do som pelos microfones e depois na leitura completa dos instantes em que o som atingia estes microfones. Embora tenham sido mais maduros, tranquilos e participativos, a determinação dos instantes com cinco a seis algarismos significativos causou certo desconforto a eles, pois “nunca haviam procurado tal precisão”, diziam eles, sem contar o pouco conhecimento sobre a propagação do som no ar e em outros meios materiais. Mesmo assim, completaram a atividade muito antes do previsto, permitindo ao professor ainda demonstrar a utilização de um fototransistor para a determinação do período de um pêndulo.

Dificuldades encontradas:

Em 2007, o microcomputador Pentium III da Dell foi desativado, pois não gravava nem reproduzia em estéreo: em 2008, o microcomputador AMD-Duron foi desativado pela mesma razão, ficando ativados apenas três microcomputadores sobre os balcões da sala 107.

O programa Goldwave v.4.26 foi instalado em todos os microcomputadores em 2007, mas precisou ser desinstalado e reinstalado em 2008, pois só tem validade para uso gratuito por 30 dias.

Nas duas turmas, mesmo com novos ajustes em 2008, um dos eletretos de um dos potencializadores queimou, sendo desligados os microcomputadores destes grupos, ficando em 2007 com apenas dois grupos e, em 2008, mantiveram-se os três grupos. O grupo que teve danificado o eletreto de seu potencializador, em 2008, equivocou-se ao copiar os resultados de um dos outros dois grupos, apresentando grandes divergências nos seus resultados.

Em 2007, a leitura dos instantes em que o som atingia cada um dos eletretos foi difícil, pois os alunos só leram os algarismos registrados (erraram nos milésimos de segundo) sem acrescentar mais um algarismo significativo ainda possível de determinação na escala gráfica, o que aconteceu

depois da intervenção do professor, completando após sozinhos as demais leituras; já na turma de 2008 foi muito difícil da primeira à última batida, onde o professor precisou acompanhar os três grupos nas cinco medidas com décimos de milésimos de segundo, o que atrasou bastante o andamento do trabalho.

5.3.12 ATIVIDADE N.º 12: “Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno? (I)”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 04.12.2007 (Turma 1) e 24.06.2008 (Turma 2). Para esta atividade, foram preparadas quatro tabelas com os dados de quatro experimentos já realizados em laboratório didático de Física no Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS, em trabalho conjunto realizado por diversas vezes pelos professores de Matemática e de Física.

Iniciando a aula, o professor comentou as atividades realizadas na aula anterior. Neste instante soube que dois alunos da Turma 1 já haviam comprado os componentes necessários para montar o potencializador para microfones a eletreto estéreo e já haviam baixado e instalado o programa em seus computadores, solicitando ajuda na montagem do circuito. O professor disponibilizou seus horários de recreio e meio-dia para poder ajudar a estes alunos.

Entregando o guia de atividades GA12, o professor afirmou que nesta atividade e na próxima não mais priorizariam as medições em experimentos, mas enfocariam mais a análise de dados já obtidos em diversos experimentos. Nesta análise, determinariam as relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas presentes num mesmo evento, caracterizando estas relações gráfica e analiticamente, realizando previsões e extrapolações de novos resultados, que são muito importantes nas atividades de Física e nas ciências exatas em geral.

Na primeira atividade, após a análise dos dados contidos numa tabela envolvendo a elongação produzida numa mola e a intensidade da força a ela aplicada, os alunos facilmente completaram a tabela calculando a razão F/x solicitada, estabelecendo rapidamente a relação de proporcionalidade entre a força aplicada e a elongação produzida. Alguns alunos, nas duas turmas, apresentaram certa dificuldade na construção do gráfico F versus x , no eixo das abscissas, pois a escala não era “completa como papel milimetrado”, diziam eles. Mesmo assim, conseguiram fazer, com certa facilidade, as previsões e as extrapolações solicitadas para esta mesma mola, a partir da proporcionalidade direta estabelecida. O grupo 5 não respeitou o número de algarismos significativos e os grupos 1, 3 e 4 não seguiram as regras de arredondamento.

Na segunda atividade, após a análise dos dados envolvendo a massa e o volume de amostras de mármore, calcularam a razão m/V para cada uma delas, estranhando bastante a flutuação desta razão “constante” na tabela. O professor lembrou-lhes sobre a presença de erros em todas as medições e o estabelecimento de uma média, favorecendo o rápido estabelecimento da relação entre massa e o volume destas amostras de mármore. Apenas dois alunos lembraram de experiência semelhante realizada em Química, no primeiro ano, onde eles definiram a massa específica para o alumínio. Os alunos construíram, novamente com problemas no uso da escala, o

gráfico m versus V , concluindo tranquilamente que se tratava também de uma proporcionalidade entre duas grandezas físicas. Fizeram as previsões e extrapolações solicitadas, usando regras de três diretamente, sem dificuldades. Na parte onde deveriam caracterizar a relação, estabelecendo uma lei, muitos se esqueceram de registrar, embora tenham verbalizado corretamente que a razão teria sempre o mesmo valor para cada caso. Foi acrescentada, no guia de atividades GA12 em 2008, uma questão que solicita uma caracterização mais geral da relação de proporcionalidade direta entre duas grandezas físicas, definindo o nome desta relação (proporção direta), a forma do gráfico obtido (resultando numa reta que passa pela origem dos eixos cartesianos) e a propriedade estabelecida entre suas medidas (todos esqueceram que a razão entre as medidas das grandezas envolvidas era praticamente constante).

Em uma atividade seguinte¹⁶, os alunos analisaram uma tabela contendo os períodos de oscilação de um pêndulo em função da massa dele. Observaram que não havia nenhuma relação entre período do pêndulo e sua massa, o que os decepcionou um pouco. Os grupos pensavam que “mais pesado andaria mais rápido”. O professor justificou com a inércia aumentada do pêndulo compensava o aumento da força aplicada. Depois os alunos construíram o gráfico T versus m , que é bem diferente dos dois anteriores, “pois não passa pela origem”, como eles comentaram. A idéia de independência entre as grandezas foi reforçada pelo professor.

Na última atividade¹⁷, após a análise dos dados contidos numa tabela envolvendo o período de oscilação de um pêndulo (T) e o seu comprimento (L), os alunos facilmente calcularam a razão T/L solicitada, completando esta tabela. Nenhum dos alunos aceitou existir uma relação de proporcionalidade direta entre o período de oscilação do pêndulo e o seu comprimento, que foi confirmado com a construção do gráfico T versus L , pela forma parabólica do gráfico. Os alunos expressaram, com muita propriedade, que “já sabiam que não ia dar uma reta”. Também não conseguiram prever com precisão, como já supúnhamos, o comprimento do pêndulo para 6 segundos, nem por meio de aproximação. Apenas um grupo indicou 300 cm, utilizando formalmente uma proporção. Passando para a segunda tabela, a Turma 2 (2008) verificou, com a ajuda do professor e no quadro-negro, que os períodos estavam elevados ao quadrado. Em 2007, como a tabela estava incompleta, os alunos primeiro calcularam os quadrados indicados, para poderem realizar as outras atividades. Depois, calcularam a razão T^2 / L , onde apresentaram uma certa relutância em aceitar que 0,039 e 0,041 faziam a média de 0,040 com as outras medidas. Mas concluíram que o período ao quadrado estava relacionado com o comprimento do pêndulo, devido ao gráfico construído e a razão determinada. Dois grupos da Turma 2 inverteram a razão, mas concluíram certo os resultados. Com a ajuda do professor, relacionando T^2 com L , usaram a expressão matemática $T^2/L = 0,04$ (grupos 2 e 5) = $1/25$ (grupos 1, 3 e 4). Os grupos 1,2 e 4 obtiveram $L = 900$ cm para o comprimento do pêndulo de período 6 s. Os grupos 2 e 5 não conseguiram estimar ou determinar o comprimento do pêndulo. Todos estranharam muito este tipo de proporcionalidade, pois achavam que “só era proporcionalidade direta quando ocorresse na primeira potência”.

¹⁶ Quarta atividade em 2007 e terceira em 2008.

¹⁷ Terceira atividade em 2007 e quarta em 2008.

OBS.: Embora todos eles tenham visto e estudado as proporções diretas em Matemática, na sexta ou sétima série do Ensino Fundamental e retomado o seu estudo no primeiro do Ensino Médio, as características “gráficas” e de “cálculo” não eram muito conhecidas por eles, o mesmo acontece com os conceitos de origem, “reta que passa pela origem”, razão constante, proporcionalidade direta.

5.3.13 ATIVIDADE N.º 13: “Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno? (II)”

A aplicação deste guia ocorreu nos dias 11.12.2007 (Turma 1) e 01.07.2008 (Turma 2). Para esta atividade, foram preparadas duas tabelas com os dados de dois experimentos já realizados em laboratório didático de Física no Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS, em trabalho conjunto realizado por diversas vezes pelos professores de Matemática e de Física. Antes de iniciar a aula, o professor inseriu em Favoritos, do navegador da Internet em três microcomputadores, o endereço < www.if.ufrgs.br/fis183/applets/imagem.html >.

Retomando a atividade do último encontro, o professor lembrou o experimento realizado no primeiro ano, onde uma gota de azul de metileno desce um tubo com óleo de soja, registrando no quadro-negro uma possível tabela das distâncias percorridas pela gota em diferentes intervalos de tempo, desprezando as incertezas ocorridas na medição realizada. Com as distâncias percorridas e os tempos decorridos, construiu o gráfico da distância percorrida d em função do tempo decorrido t , como mostra a Figura 50 que segue.

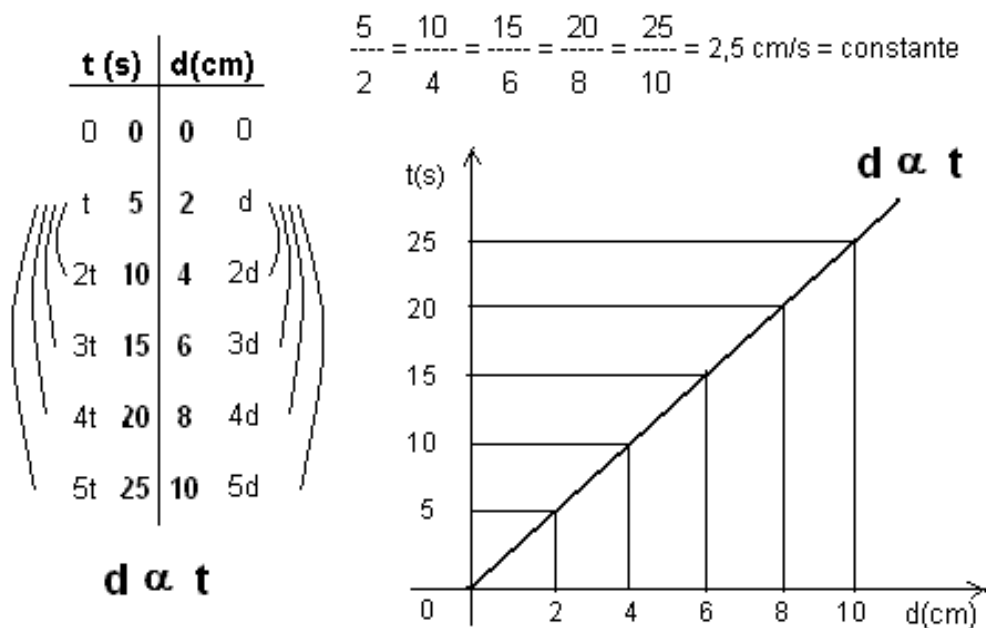


Figura 50: Gráfico da distância percorrida d em função do tempo decorrido t .

Comentando as relações entre os dados da tabela e a forma do gráfico, retomou as três propriedades de uma relação diretamente proporcional, lembrando que ela pode ser expandida, como aconteceu com o período ao quadrado do pêndulo em função do comprimento do pêndulo. Também lembrou, para contrapor, a inexistência de dependência, como é o caso do período de oscilação do pêndulo em função da sua massa.

Entregando o GA13, o professor descreveu os dois experimentos virtuais que eles trabalhariam, onde iriam encontrar uma outra relação entre duas grandezas físicas. Na primeira atividade eles iriam realizar medições virtuais num *applet* de Física, que apresenta as múltiplas imagens formadas por dois espelhos planos. A segunda envolveria a formação de imagens em câmaras escuras.

Os alunos abriram a página da Internet onde existia o *applet* com os espelhos e iniciaram facilmente a contagem do número de pirulitos vistos em função do ângulo entre os dois espelhos. Os grupos 2 e 3 iniciaram os registros somente do número de imagens; quando atendidos pelo professor que sugeriu recontagem, corrigiram os resultados positivamente. Verificaram que para pequenos ângulos, o *applet* apresenta problemas, travando o computador ou produzindo uma imagem a mais. Foi fácil verificar que as imagens se dispõem sobre um círculo com centro no cruzamento dos planos dos dois espelhos.

Na turma de 2007, devido ao fraco envolvimento, os alunos só conseguiram construir o gráfico da relação inversa, devido à cobrança insistente do professor, e completar o pós-teste, quando tocou o sinal de final de aula, sem responderem a diversos questionamentos.

Na turma de 2008, todos os alunos participaram ativamente da atividade, principalmente fazendo com que o *applet* produzisse a imagem enviando raios luminosos para os espelhos. A forma do gráfico era desconhecida deles, tanto que dois grupos o nomearam curva decrescente em vez de hipérbole; o que consideramos aceitável. Quando todos os alunos já haviam completado a primeira atividade, o professor, vendo que eles haviam gostado muito dela, forneceu dois espelhos planos e uma pilha para completarem as duas questões finais. Os alunos observaram que a um ângulo de 180° , os espelhos se comportam como se fosse um único espelho. Também conseguiram ver que, sob um ângulo de 0° graus, ou seja, espelhos frente a frente, o número de imagens era infinito. Uma aluna do grupo 5 disse que este gráfico deveria ser de pontos discretos, não contínuos. Eles também realizaram a segunda atividade com tranquilidade e segurança, lembrando que eles já haviam estudado no início do ano a câmara escura. A forma do gráfico não mais os espantou como na primeira atividade, delineando perfeitamente a hipérbole que resultava da relação inversa entre a distância do objeto e a altura da imagem. Todos os alunos das duas turmas encontraram dificuldade em nomear a forma do gráfico, mesmo com o resumo ao final da atividade, não o reconhecendo como uma hipérbole, mas sim como uma curva decrescente. Como ainda restavam 15 minutos de aula, os alunos pediram ao professor que mostrasse a formação de imagens em espelhos côncavos e lentes. O professor aproveitou para mostrar a formação de imagens também em uma câmara escura. O professor mostrou, também, como se forma a imagem do Holmer (do seriado de TV “Os Simpsons”), proposta no Concurso Vestibular de 2008 da UFRGS, e pediu que eles a explicassem

com base na reflexão em espelhos planos. Encerradas as dúvidas, o professor avisou que faria um pós-teste na próxima aula para avaliar o crescimento deles ao longo do semestre, não “valendo nota”.

5.3.14 Encerramento das atividades

No último encontro com a turma de 2007, como já havíamos comentado, devido ao fraco envolvimento com as atividades em sala de aula, os alunos mal conseguiram completar o pós-teste, que foi recolhido quando tocou o sinal de final de aula. O professor, entregando o opinário aos alunos, solicitou a eles que o completassem na escola ou em casa e o devolvessem na semana seguinte. Como nenhum dos alunos devolveu o opinário, o professor entregou outra cópia no início do semestre seguinte, que foi devolvido em até duas semanas.

No penúltimo encontro com a turma de 2008, como já havia sido avisado, os alunos realizaram o pós-teste, estando todos os presentes às 13 h 30 min. A realização desta atividade foi tranquila, sendo respondidas poucas dúvidas durante a execução do pós-teste. À medida que os alunos iam completando o teste, o professor entregava a cada um dos alunos o *Questionário de satisfação* (opinário), que seria posteriormente utilizado para referendar ou sugerir mudanças no trabalho já realizado. Apenas um aluno não conseguiu completar este questionário a tempo, ficando ainda cerca de cinco minutos após ter soado o sinal de término de período de aula.

No último dia de aula do primeiro semestre, ocorreu o encerramento oficial das atividades “Que medida é esta?”, com a presença do professor ministrante da atividade, o professor César Augusto Steffens, da professora Eliane Dias Alvarez, atual articuladora da Área de Física do Colégio de Aplicação, e de dois professores de Matemática do Colégio de Aplicação. Nesta oportunidade o professor elogiou o trabalho e grande envolvimento dos alunos da turma de 2008, apresentando sempre prontidão e responsabilidade em sala de aula. Também comentou o grande crescimento apresentado pelo grupo, observado em sala de aula nas atividades e nos resultados dos pós-testes, em comparação do rendimento nos pré-testes. Para finalizar, o professor entregou uma mensagem finalizando as atividades de sua disciplina de Enriquecimento Curricular, além de uma mensagem de boas Férias, conforme consta no item **Texto final entregue aos alunos**, no final do Apêndice A. Após a entrega do texto, foi realizada uma pequena comemoração gastronômica, organizada pelos alunos.

A Figura 51 apresenta uma foto do “material utilizado” pelos alunos na última atividade da disciplina “Que medida é esta?”, organizado pelos alunos da turma de 2008 (doces, salgados e refrigerantes) e a Figura 52 apresenta a foto final deste grupo (faltou um aluno).

Finalizando, foi possível até observar nos “olhos” dos alunos, através de seus gestos e continuidade de trabalho mesmo após o término do período de aula, a satisfação, o interesse e até felicidade na participação da maioria deles, o que gratifica muito o trabalho desenvolvido.



Figura 51: Foto do “material” utilizado na última atividade da disciplina (Turma 2).



Figura 52: Foto final do grupo de E.C. “Que medida é esta?”

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção apresentamos os resultados e nossa análise dos pré e pós-testes aplicados nas duas turmas trabalhadas, assim como do questionário de satisfação (opinário). Na subseção 6.1, os resultados dos pré-testes, na subseção 6.2, do pós-testes, na subseção 6.3, a comparação entre o pré-teste e o pós-teste das duas turmas e na subseção 6.4 os resultados do questionário de satisfação.

6.1 Pré-testes

A aplicação do pré-teste, em cada uma das duas turmas, teve como objetivo detectar a existência de conhecimentos prévios apresentados ou não pelos alunos, visando situar e delinear as atividades que seriam desenvolvidas na disciplina de Enriquecimento Curricular “Que medida é esta?”.

Na Turma 1, o pré-teste foi aplicado no dia 07.08.07 e na Turma 2, no dia 11.03.08, com um tempo médio de execução de 60 min. O pré-teste não teve o caráter de uma avaliação formal para os alunos, embora alguns deles quisessem saber depois a “nota” do teste, porque tinham o sentimento de não terem tido um bom desempenho. Os pré-testes não foram devolvidos aos alunos, para que pudessem ser novamente utilizados como pós-testes na Turma 1 e com pré e pós-testes na Turma 2.

A Figura 53 apresenta o gráfico do percentual de acertos no pré-teste por aluno das Turma 1 (alunos 1 a 5) e Turma 2 (alunos 6 a 11), apresentado no Quadro 4.

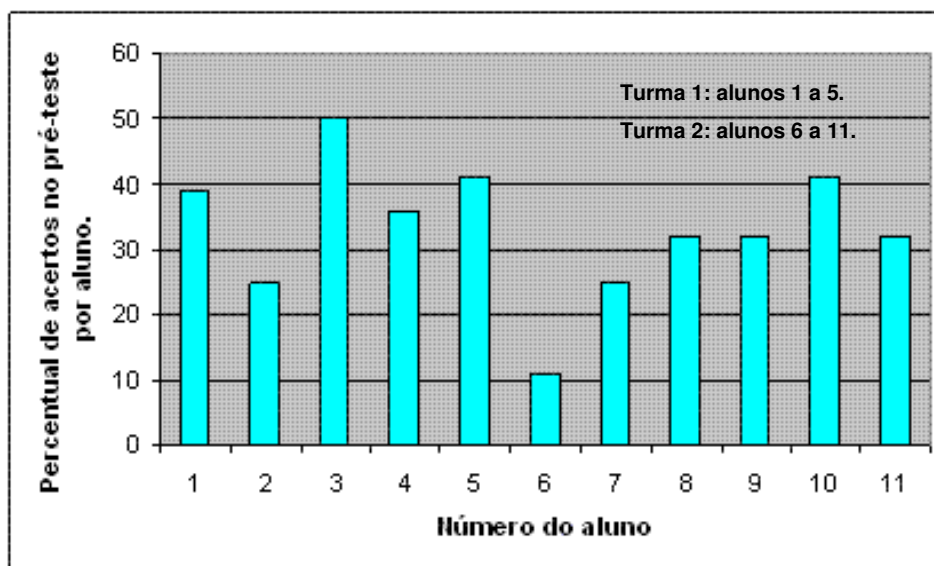


Figura 53: Gráfico do percentual de acertos no pré-teste por aluno.

Analisando esses resultados, constatamos que nenhum dos alunos obteve um percentual de acertos acima de 50%, resultado que já era esperado. Também observamos que o resultado global da

Turma 1 é um pouco superior ao da Turma 2. Acreditamos que isto provavelmente esteja associado ao meio ano a mais de escolaridade da Turma 1 na época de aplicação do pré-teste.

A Figura 54 apresenta o percentual de acertos por questões no pré-teste para ambas as turmas.

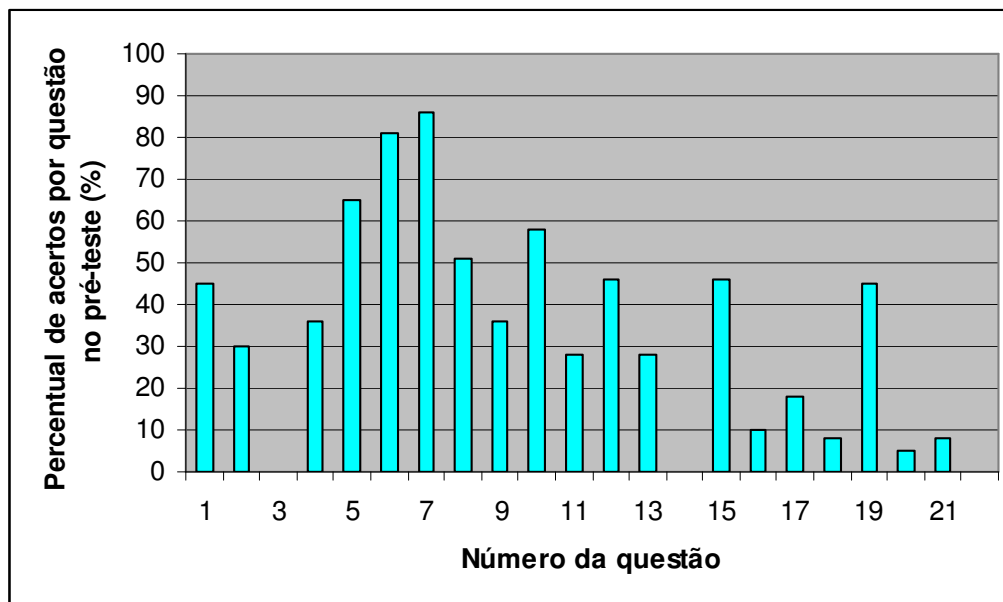


Figura 54: Gráfico do percentual de acertos por questão no pré-teste.

Analisando os resultados do pré-teste, ao lado das questões propostas, verifica-se um desconhecimento do que são as grandezas físicas e suas classificações (questões 2, 3, 4 e 13), embora tenham um conhecimento básico sobre a medição de grandezas Físicas (questões 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 12). Quanto à expressão de uma medida em algarismos significativos ou de sua ordem de grandeza, o desconhecimento é enorme (questões 11, 14, 15 e 16), além de desconsiderarem a existência de erros e incertezas que sempre acompanham a medição (questões 18, 19 e 20), resultado de uma atitude dogmática e acrítica aplicada às Ciências até a data de hoje.

Alguns alunos conseguem encontrar o valor médio (mais provável) de uma medição, pois todos trabalharam em laboratório didático de Física, no primeiro ano do Ensino Médio, o movimento realizado por uma gota que desce dentro do óleo (M.R.U.), e também o movimento realizado por um volante que desce um trilho inclinado (M.R.U.V). Nestes experimentos, os alunos realizaram, pelo menos, cinco medições do tempo decorrido em cinco trechos, fazendo a média destes resultados para a construção de gráficos. Sobre as relações que podem ser estabelecidas entre duas grandezas, embora já tenham trabalhado “Relações e Funções” em Matemática, e, os fundamentos da “Mecânica” em Física, no primeiro ano do Ensino Médio, construindo gráficos do tipo d versus t , v versus t e a versus t , para a queda da gota no óleo e descida do volante no plano inclinado, que correspondem a funções de primeiro e segundo graus, funções constantes e nulas, os alunos desconhecem suas propriedades e representação gráfica (questões 21 e 22). Quanto à função racional simples, conhecida como *função inversa*, pouco foi vista em Matemática (questão 17), já que

muitos professores desconhecem suas aplicações; na Física, a relação inversa é vista com a câmara escura, em laboratório didático, e, em sala de aula na transformação isotérmica no estudo dos gases.

Cabe também lembrar que, no Colégio de Aplicação, não há nas disciplinas de Ciências de sétima e de oitavas séries do Ensino Fundamental, um semestre aplicado especificamente à Física, sendo desenvolvido apenas alguns assuntos associados à Ecologia, desenvolvida por professores de Biologia, como também não há no currículo uma disciplina que trabalhe especificamente a Informática (*hardwares* e *softwares*) e novas tecnologias.

6.2 Pós-testes

Na Turma 1 (02/2007), o pós-teste foi realizado no dia 11.12.07 e na Turma 2 (01/2008), no dia 08.07.08, com um tempo médio de execução de 50 min.

A aplicação dos pós-testes nas duas turmas teve como o objetivo verificar o crescimento e aproveitamento dos alunos em relação ao início do semestre, verificando a validade e eficácia relativa deste trabalho. O pós-teste não teve o caráter de uma avaliação formal para os alunos, não envolvendo os conceitos finais dos alunos na disciplina “Que medida é esta?”. Os pós-testes não foram devolvidos aos alunos, para que pudéssemos comparar posteriormente com os pré-testes.

A Figura 55 apresenta o gráfico do percentual de acertos nas questões do pós-teste por aluno da Turma 1 (alunos 1 a 5) e da Turma 2 (alunos 6 a 11) no pós-teste.

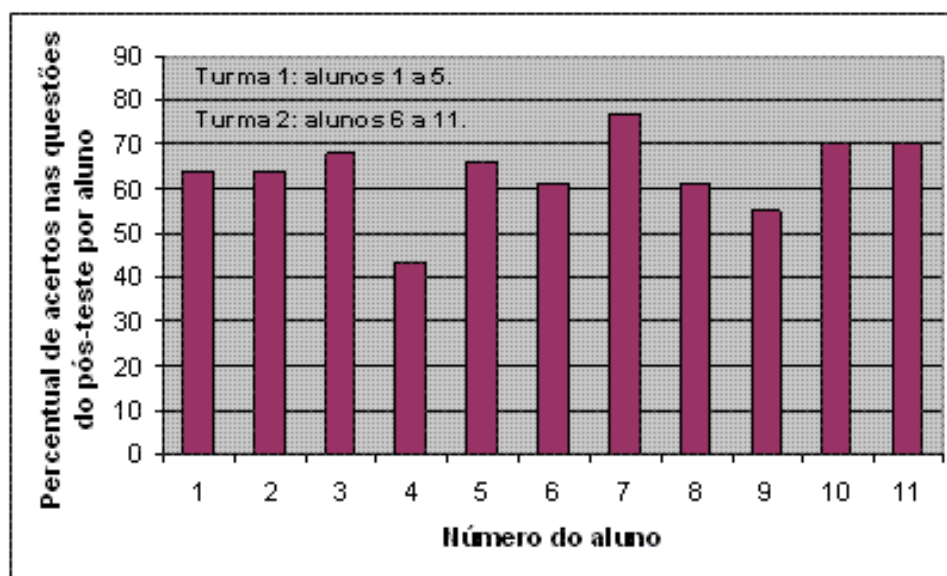


Figura 55: Gráfico do percentual de acertos nas questões do pós-teste por aluno.

Pelos resultados globais apresentados nos pós-testes das duas turmas, percebe-se que o resultado global da Turma 2 (01/2008) é levemente superior ao da Turma 1 (02/2007). De um modo geral, ambas as turmas aumentaram seus conhecimentos e desenvolveram habilidades no trato de experimentos, aumentando o seu interesse na participação deste tipo de proposta e atividades.

6.3 Comparações dos Pré e Pós-testes

Analisando e comparando os resultados individuais dos alunos das duas turmas, percebemos que todos os alunos apresentaram crescimento nos resultados do pós-teste em relação ao pré-teste, como mostra a Figura 56, onde aparecem os percentuais de acertos nos dois testes por aluno das duas turmas.

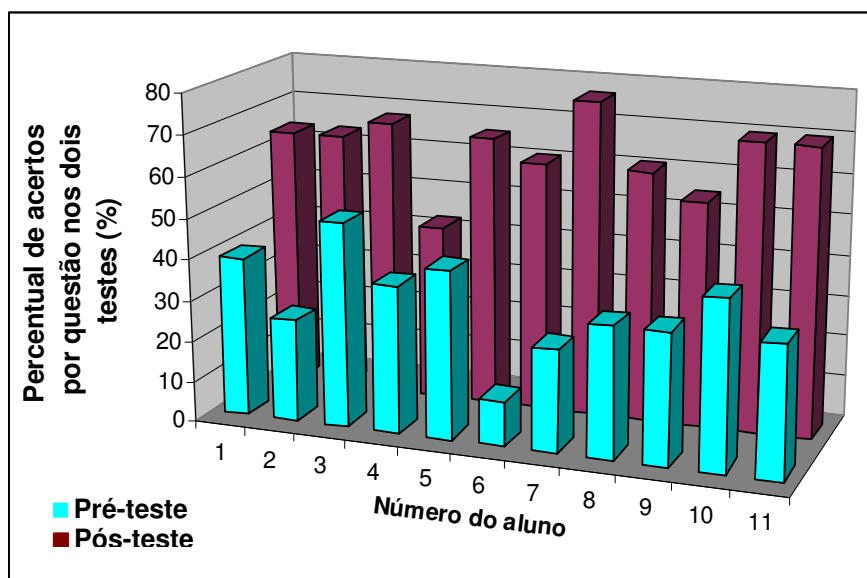


Figura 56: Gráfico do percentual de acertos nos dois testes por aluno.

Também é possível observar que, em geral, os alunos da Turma 2 (alunos 6 a 11) apresentaram um crescimento mais significativo do que os alunos da Turma 1 (alunos 1 a 5). Isto provavelmente está associada à maior participação, envolvimento, responsabilidade e interação positiva da Turma 2 em comparação à Turma 1. A Turma 1 nem sempre se mostrou participante e interessada, embora aceitassem bem a proposta de trabalho em cada encontro. A Turma 2, mesmo com mais deficiência de conteúdos e maior dificuldade cognitiva, apresentou um maior aproveitamento. Ao final do semestre, as duas turmas se consideravam muito satisfeitas com o trabalho e o material desenvolvido.

O aluno **2** da Turma 1 e os alunos **6** e **7** da Turma 2 nos surpreenderam em termos do seu aproveitamento no pós-teste, demonstrando um grande crescimento, pois eles apresentaram as maiores dificuldades cognitivas e de conteúdo no pré-teste e nas primeiras atividades, mas sempre compensaram suas deficiências através da sua forte interação com os colegas mais capazes e com o professor, mediador do processo, demonstrando satisfação e até alegria quando da superação de suas dificuldades. Os alunos **3** e **4** da Turma 1, embora demonstrando no pré-teste ter maiores conhecimentos, apresentaram um crescimento pouco expressivo, acreditamos que em consequência de seus fracos envolvimento nas atividades propostas.

Analisando e comparando os acertos dos alunos das duas turmas por questão do pré-teste e pós-teste, como mostra o gráfico do percentual de acertos nos dois testes por questão da Figura 57, podemos perceber que os conceitos e classificações das grandezas físicas ainda no final são pouco

conhecidos pelos alunos (questões 2, 3, 4, 12 e 13), embora tenham evoluído no entendimento da medição de grandezas Físicas (questões 1, 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

Observamos que a expressão de uma medida em algarismos significativos ou de sua ordem de grandeza ainda não foi bem entendida pelo grupo de alunos, necessitando ser retomada (questões 11, 14, 15 e 16) nas aulas de Física. Verificamos que os alunos já percebem a existência de erros e incertezas nas medições (questões 18, 19 e 20) e também já conseguem discernir as características principais das relações que podem ser estabelecidas entre duas grandezas físicas (questões 17, 21 e 22).

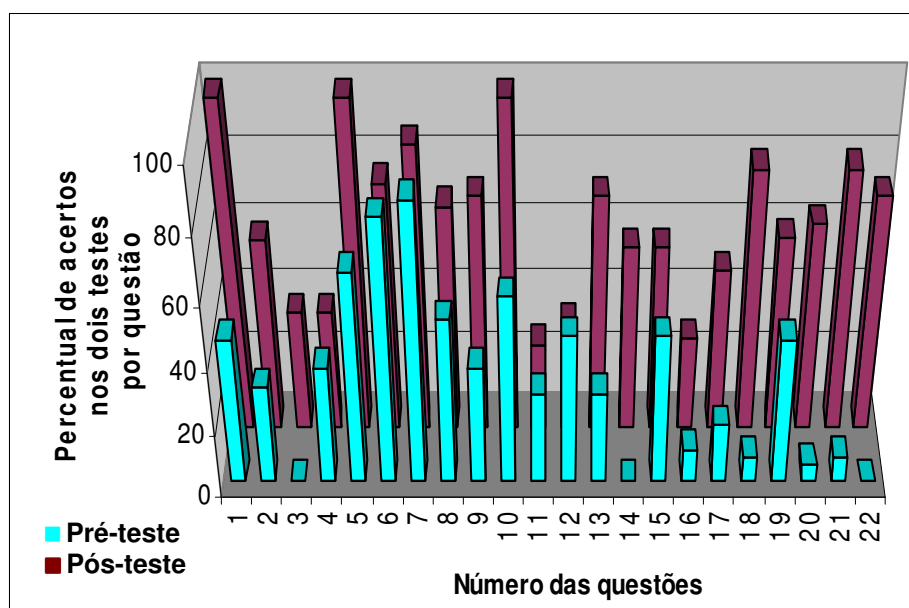


Figura 57: Gráfico do percentual de acertos nos dois testes por questão.

Pelo envolvimento dos alunos e pelas respostas dadas aos questionamentos existentes nos Guias de Atividades, consideramos satisfeitas as previsões feitas no início do trabalho.

Pelos resultados absolutos apresentados, consideramos atingidos os objetivos e propostas iniciais deste trabalho, principalmente se levarmos em conta o grande envolvimento e participação dos alunos nas atividades realizadas durante os dois semestres.

6.4 Questionário de Satisfação

Aplicamos o questionário de satisfação (opinário) em cada uma das duas turmas com o objetivo de avaliar a opinião e o sentimento dos alunos sobre a validade do trabalho desenvolvido e do material produzido, além do envolvimento deles nas atividades realizadas com indicação de sugestões. O “opinário” não teve o caráter de avaliação formal para os conceitos escolares dos alunos. Na Turma 1 o questionário de satisfação foi entregue no dia 04.03.08, para ser respondido individualmente em casa, sendo devolvido para o professor no dia 11.03.08. Na Turma 2, foi entregue

e respondido no dia 08.07.08, juntamente com o pós-teste, com um tempo médio de execução de 10 min. As perguntas e respostas dos alunos ao questionário de satisfação estão registradas no Quadro 6.

Quadro 6: Respostas dos alunos ao questionário de satisfação (“opinário”).

Nº	Questão	Resposta ou Opção
01	Achaste interessantes as atividades realizadas?	100% responderam SIM.
02	Diga alguma coisa sobre os experimentos realizados.	<p>“Foram experimentos diferentes, propostas diferentes do que trabalhamos nas outras matérias em sala de aula, muito interessantes.” (Aluno 1)</p> <p>“Adorei mexer com os pequenos microfones, termômetros e os led, pois nunca tinha-os visto da maneira que o professor mostrou.” (Aluno 2)</p> <p>“Foram todos muito bons e muito interessantes. Aprendemos muita coisa pra vida, eu, por exemplo, não esqueci de uma aula até hoje. Ex.: Microfone estéreo, medir tensão da pilha, etc.” (Aluno 3)</p> <p>“Os experimentos que usamos foram todos interessantes e diferentes, pois de muitos objetos que só escutava o nome consegui conhecer e tocá-los.” (Aluno 4)</p> <p>“Muito legais. São bem diferentes do que a monotonia das aulas.” (Aluno 5)</p> <p>“A atividade com cargas elétricas, usando o ohmímetro, fazendo a medição das cargas.” (Aluno 6)</p> <p>“Eu gostei das aulas práticas, de como as experiências realizadas estavam relacionadas com o dia a dia das pessoas.” (Aluno 7)</p> <p>“Sempre foram diferentes.” (Aluno 8)</p> <p>“Foi muito interativo, achei interessante o método de usar o computador.” (Aluno 9)</p> <p>“Os experimentos me causaram surpresimento, cada aula descobri alguma coisa totalmente diferente do que conheço, como as com os transdutores.” (Aluno 10)</p> <p>“Achei interessante pois é uma forma muito mais simples de entender a física realmente vendo-a.” (Aluno 11)</p>
03	O tempo de desenvolvimento das atividades foi suficiente?	<p>36% responderam SIM, SEMPRE.</p> <p>64% responderam NA MAIORIA DAS VEZES.</p>
04	O que tu mais gostaste ou te chamou a atenção nas atividades realizadas?	<p>“Eu gostei da proposta em si. Uma idéia de E.C. muito boa para quem quer aprender e praticar todo o tipo de medidas.” (Aluno 1)</p> <p>“A maioria do material na sala foi feito pelo professor como por exemplo os barquinhos de isopor.” (Aluno 2)</p> <p>“O microfone estéreo (acho que é este o nome). ” (Aluno 3)</p> <p>“Todas as atividades foram legais mas a que mais me chama a atenção foi na saída lá em cima na UFRGS, em que vimos o nitrogênio líquido, para mim foi muito legal. ” (Aluno 4)</p> <p>“Quando fizemos os experimentos junto ao computador, na verdade todas as aulas foram</p>

	<p>interessantes.” (Aluno 5)</p> <p>“Os experimentos que tínhamos que fazer algumas continhas e poder mexer nos objetos usados podendo conhecer melhor.” (Aluno 6)</p> <p>“Também gostei quando medimos a nossa pressão, a resistência elétrica, etc.” (Aluno 7)</p> <p>“A tranquilidade do trabalho.” (Aluno 8)</p> <p>“Mexer com os computadores nos trabalhos.” (Aluno 9)</p> <p>“A forma com que aprendemos, os instrumentos e a maneira com que a física surpreende.” (Aluno 10)</p> <p>“Os experimentos, principalmente os que me envolviam diretamente (“medições”).” (Aluno 11)</p>	
05	As inovações apresentadas influenciaram positivamente a tua participação em aula?	<p>55% responderam MUITO.</p> <p>27% responderam SATISFATORIAMENTE.</p> <p>18% responderam UM POUCO.</p>
06	O que poderia ser mudado?	
	<p>“A meu ver não tem o que mudar. O trabalho já está ótimo como ele está. Se tentar melhorar talvez piore.” (Aluno 1)</p> <p>“Nada! Não tinha que precisasse ser mudado era um ótimo professor e eu adorava as suas matérias.” (Aluno 2)</p> <p>“Nada, foi excelente.” (Aluno 3)</p> <p>“Para mim nada precisa ser mudado, tudo estava muito bom.” (Aluno 4)</p> <p>“O que poderia, é continuar tendo essa aula no terceiro.” (Aluno 5)</p> <p>“Nada! ...está muito bom as aulas.” (Aluno 6)</p> <p>“Nada.” (Aluno 7)</p> <p>“Não sei.” (Aluno 8)</p> <p>“São muitas questões pra responder, ter um pouco menos de questões.” (Aluno 9)</p> <p>“Manter as aulas como estão seria bom. Continuar nos trazendo novidades do mundo da tecnologia e ensinando antigas de medição.” (Aluno 10)</p> <p>“Algumas aulas poderiam ter alguns experimentos mais interativos que tivéssemos que elaborá-los.” (Aluno 11)</p>	
07	Observando o teu desempenho, onde ou em que atividades te exigiram mais?	
	<p>“As atividades exigiram que eu usasse a cabeça para resolver algumas situações e compreender como funciona algumas medidas.” (Aluno 1)</p> <p>“Exigiram mais atenção na hora de calcular as contas, e isso me ajudou na sala de aula(Física).” (Aluno 2)</p> <p>“Não lembro, acho que em nada.” (Aluno 3)</p> <p>“As atividades me exigiram mais na parte teórica.” (Aluno 4)</p> <p>“Como foi a aula crescente, não achei que foi difícil.” (Aluno 5)</p> <p>“Em cálculos e atividades que exigiram interpretação, onde foi a maioria das questões.” (Aluno 6)</p> <p>“Exigiram muito raciocínio, pois muitas vezes chegávamos a uma solução só pensando, sem cálculos.” (Aluno 7)</p> <p>“Quase todas.” (Aluno 8)</p>	

	<p>“Na parte de física, por que em matemática é fácil.” (Aluno 9)</p> <p>“Não sei exatamente, mas mais na hora de montar os experimentos.” (Aluno 10)</p> <p>“As que envolviam mais cálculos.” (Aluno 11)</p>	
08	Qual o conceito que tu atribuirias ao trabalho desenvolvido na disciplina?	55 % responderam EXCELENTE. 36% responderam MUITO BOM. 09% responderam BOM.
09	Tu gostarias de participar ou ter participado de outras atividades como esta?	82 % responderam SIM. 18 % responderam TALVEZ.
10	Este espaço é destinado a outros comentários que tu queiras fazer sobre o trabalho?	
	<p>“Nada a declarar.” (Aluno 1)</p> <p>“O trabalho foi muito bom, pena que as vezes na escola não podia fornecer certos materiais para nós, nos aprofundássemos em certas pesquisas. Obs. Adorei conhecer o instituto de Física da UFRGS.” (Aluno 2)</p> <p>“Gostaria muito de participar novamente, além de ser legal, aprendemos muito.” (Aluno 3)</p> <p>“O trabalho desenvolvido foi muito bom, gostaria de dar continuidade mas infelizmente não dá. Todas as tarefas foram muito bem elaboradas e com uma ótima explicação é claro! Foi uma ótima experiência.” (Aluno 4)</p> <p>“Foi excelente as aulas, isso desperta muito mais, a vontade do aluno em algumas áreas de estudo.” (Aluno 5)</p> <p>“Durante o tempo de aula que tive, pude ter bastante interação com meus colegas e professor. Os trabalhos dados em aula coincidiram com as aulas de física, por isso foram bem interessantes e bem desenvolvidas.” (Aluno 6)</p> <p>“Gostei muito do E.C. Eu apenas acho um horário ruim para as atividades.” (Aluno 7)</p> <p>“Nada a declarar.” (Aluno 8)</p> <p>“Não quero comentar nada agora.” (Aluno 9)</p> <p>“O trabalho proporcionando a nós foi feito com muita dedicação e carinho e tenho certeza que isso influenciou o nosso desempenho. Adorei! .” (Aluno 10)</p> <p>“Gostei do curso. Foi divertido e esclarecedor, aprendi vários conceitos físicos e matemáticos que antes tinha dificuldade.” (Aluno 11)</p>	

Levando-se em conta que, destes onze alunos, apenas três escolheram esta disciplina em primeira opção, quatro em segunda opção, três em terceira opção e uma sem opção, acreditamos que os resultados e repostas apresentadas foram muito boas. Mesmo aqueles que eram indiferentes ao trabalho, no início do semestre, mostraram-se interessados e cooperativos após as primeiras atividades. Também podemos descrever a Turma 2 como mais participativa e interessada, mas com sérias dificuldades iniciais quanto ao desenvolvimento cognitivo e de conteúdo (pré-requisitos). A Turma 1 no início, com maior potencial e com poucas dificuldades cognitivas e de conteúdo, apresentou problemas de envolvimento e participação fraca nas atividades desenvolvidas.

Analisando as repostas do questionário, podemos verificar que todos os alunos gostaram e aceitaram bem a proposta deste trabalho, valorizando muito as inovações apresentadas, quase sempre associadas ao dia-a-dia deles, além da qualidade do material específico por nós produzido.

Eles consideraram, na maioria das vezes, suficiente o tempo dispensado para cada uma das atividades, apresentando uma grande heterogeneidade quanto à escolha da melhor atividade realizada, sempre ressaltando a parte experimental. A maioria deles sugeriu que as atividades fossem mantidas como estão, pois as consideravam muito boas. Um aluno sugeriu continuidade da disciplina no próximo ano, no terceiro ano do ensino médio, e outro que os alunos tivessem uma oportunidade de elaborarem algumas destas atividades. Muitos alunos consideraram o raciocínio e a interpretação dos textos e dos fatos apresentados como sendo as habilidades mais exigidas na maioria das atividades realizadas. De um modo geral, os alunos responderam que gostariam de participar ou ter participado de outras atividades como esta.

Em geral, os comentários dos alunos quanto ao trabalho desenvolvido e o material utilizado são positivos e nos incentivaram a uma busca de maior qualidade e atualização em novas propostas para este trabalho. Dentre as colocações finais dos alunos, salientamos os trechos que seguem.

“...durante o tempo de aula pude ter bastante interação com meus colegas e professor...”

(Aluno 6)

“...gostei do curso, foi divertido e esclarecedor...” (Aluno 11)

“...foi excelente as aulas, isso desperta muito mais a vontade do aluno...” (Aluno 5)

Finalizando, foi possível até observar nos “olhos” dos alunos, através de seus gestos e continuidade de trabalho mesmo após o término do período de aula, a satisfação, o interesse e até felicidade na participação da maioria dos alunos, o que gratifica muito o trabalho desenvolvido.

7. COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

No presente trabalho descrevemos detalhadamente os resultados observados e registrados no desenvolvimento de treze atividades experimentais, reais ou virtuais, sobre o processo de medição de grandezas físicas em laboratórios didáticos de Física de nível médio. Nestas atividades experimentais procuramos priorizar o uso de materiais de aquisição fácil, de recursos de multimídia e de treze *guias de atividades* (impressos no Apêndice B), que também poderão servir como complementação para as atividades de sala de aula. Também elaboramos o texto *de apoio ao professor de Física* (impresso no Apêndice A), que deverá servir como embasamento teórico e prático para os professores que optarem pela realização destas atividades. Alguns detalhes técnicos sobre as montagens de alguns dos experimentos foram reunidos no Apêndice C e as respostas às questões e desafios propostos nos guias de atividades, dos cinco grupos (onze alunos) das duas turmas envolvidas, estão registradas no Apêndice D.

A idealização e realização deste trabalho teve como principal intuito propiciar uma real oportunidade para os atuais alunos de Ensino Médio de superarem boa parte das lacunas de conhecimentos, de habilidades e competências mínimas requeridas como pré-requisito para a realização de atividades didáticas experimentais de Física, tanto de simples observação como mais elaboradas, com coleta e análise dos dados coletados.

Constatamos, através do envolvimento, participação e análise da evolução das respostas dadas pelos alunos às atividades propostas, sob o ponto de vista conceitual, um aprimoramento na compreensão de conceitos de Física e de medição, das definições associadas e das relações matemáticas entre grandezas físicas selecionadas para estudo; sob o ponto de vista experimental, observamos que os alunos adquiriram noções sobre os métodos de obtenção de dados e suas análises, suas imprecisões, suas representações através do uso de tabelas e de gráficos, desenvolvendo habilidades e competências requeridas no uso de recursos tecnológicos atuais, sem contar o desenvolvimento de uma forte pré-disposição dos alunos por atividades experimentais mais exatas e formalizadas. Nas atividades, sempre foram socializadas as constatações e conclusões realizadas pelos alunos, através de conversas e discussões iniciadas em pequenos grupos e concluídas em grande grupo, envolvendo ou não o professor.

As atividades envolveram medidas manuais, exercícios de ordens de grandeza e notação científica, Algarismos significativos e erros, acrescentados de simulações, vídeos, manuseio de sensores, iniciação ao estudo de circuitos elétricos, iniciação à aquisição automática de dados, observação e dedução das principais propriedades das relações que podem ser estabelecidas entre grandezas de um mesmo fenômeno.

Estas atividades foram testadas em condições de sala de aula, em duas turmas de alunos de Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS, na disciplina optativa de Enriquecimento Curricular, denominada "Que medida é esta?", com vagas para 6 a 10 alunos. Entendemos que atualmente as turmas de ensino médio são bem mais numerosas, dificultando bastante a aplicação deste tipo de atividade, porém não é raro encontrar turmas com dimensões aceitáveis para um trabalho deste tipo. Adicionalmente deve-se observar que com boa vontade, planejamento e

acreditando que os alunos têm condições de auto-gerir o seu trabalho com a utilização dos guias de atividades, e ainda eventualmente contando com a parceria de outros professores da escola, pode-se tornar o trabalho agradável e favorece a maior interação e com maior proximidade entre os alunos e o professor. Gaspar (2005c) em uma de suas reflexões sobre o ensino de Física, reforça sua visão vygotskyana, lembrando que: “O aluno, como todo o ser humano, não aprende com a manipulação de objetos, com experiências ou diretamente com a natureza – ele aprende com um ou muitos parceiros mais capazes e, entre eles está, é claro, o professor.” (GASPAR, 2005). Defendendo a valorização do profissional da educação, tão relegado a apenas um segundo plano no processo de ensino e aprendizagem pelos governos nos últimos cinquenta anos, no final de seu texto afirma, com propriedade de educador, que “é preciso recolocar o professor no centro do processo educacional, tornando-o de fato o parceiro mais capaz de quem os alunos jamais vão poder prescindir”. Para nós, a aplicação deste trabalho foi muito feliz, significativa e com forte acolhida afetiva por parte dos alunos, valorizando o papel do professor em sala de aula, como um forte mediador neste processo educacional.

Vivenciamos as dificuldades institucionais na aplicação deste tipo de atividades, envolvendo a infra-estrutura falida de uma escola pública, embora melhor do que a maioria das escolas da rede estadual de ensino, carente de pessoal capaz de dar suporte técnico para a manutenção e uso de microcomputadores, da rede interna da escola e Internet, o que dificultou bastante a aplicação de diversas atividades envolvendo sites da Internet, programas interativos, *applets* de Física e experimentos com aquisição automática de dados.

Pela participação e envolvimento dos alunos, pela responsabilidade e maestria com que se dedicavam às atividades e pelas respostas dadas aos questionamentos existentes nos Guias de Atividades, superamos os nossos anseios e previsões feitas no início deste trabalho. Muitas atividades foram replicadas e implementadas pelos alunos em horário extra-classe, envolvendo amigos e colegas, como a montagem do circuito de amplificação estéreo para a placa de som de um microcomputador, usada para medir a velocidade do som, ou, o uso do par diodo-fototransistor para detectar a passagem de uma pessoa por uma porta, usado para medir a frequência e velocidade máxima de um pêndulo. O professor também disponibilizou seus horários de recreio e meio-dia para atender as solicitações extras destes alunos interessados. Numa das aulas um dos alunos, muito motivado, mostrou, para seus colegas e para o professor, a existência de um *reed-switch* num pequeno alarme a pilha chinês existente nas lojas de produtos importados. Foi o “máximo”.

Pelos resultados absolutos apresentados, consideramos atingidos os objetivos da proposta inicial deste trabalho, principalmente se levarmos em conta o grande envolvimento e participação dos alunos nas atividades realizadas durante os dois semestres. Em geral, no questionário de satisfação, os comentários dos alunos quanto ao trabalho desenvolvido e o material utilizado foram muito positivos e nos incentivaram a produzir um trabalho de maior qualidade e a testagem de novas propostas para este trabalho. Dentre as colocações finais dos alunos, salientamos os trechos que seguem.

“...durante o tempo de aula pude ter bastante interação com meus colegas e professor...”

“...gostei do curso, foi divertido e esclarecedor...”

“...foi excelente as aulas, isso desperta muito mais a vontade do aluno...”

Pela descrição dos conteúdos abordados, poderíamos incorrer num trabalho maçante e inócuo, que não despertasse o interesse e a participação dos alunos, pois normalmente são também detestados pela maioria dos professores. Ao contrário, conseguimos trabalhar estes conteúdos de modo leve, interessante, sem cobranças quanto ao resultado, mas uma absoluta vivência do processo como um todo, com a participação efetiva e, por que não dizer, feliz dos alunos, favorecendo uma ressignificação do enriquecimento curricular de Física no Colégio de Aplicação, sempre relegado a apenas “uma disponibilidade de horas-aula” para os professores “mais espertos” completarem a sua carga horária obrigatória.

Finalizando, foi possível até observar nos “olhos” dos alunos, através de seus gestos e continuidade de trabalho mesmo após o término do período de aula, a satisfação, o interesse e até a alegria e felicidade na participação da maioria dos alunos, o que gratifica muito o trabalho desenvolvido.

Esperamos que o produto do presente trabalho, o *texto de apoio ao professor de Física* (impresso no Apêndice A), os *guias de atividades* (impressos no Apêndice B) para as atividades num laboratório didático de Física e o *teste conceitual* (impresso na subseção 4.3.1 da seção 4), todos versando sobre a medição de grandezas físicas, contribuam para que outros professores conduzam seus alunos ao aprimoramento da compreensão de conceitos envolvidos em medições de grandezas em Física desenvolvendo habilidades e competências requeridas no uso de recursos tecnológicos atuais e, especialmente, no desenvolvimento de uma forte pré-disposição dos alunos por atividades experimentais mais exatas e formalizadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, A.; OLIVEIRA, E. F.; ROBORTELLA, J. L. de C. *Física: mecânica (2º grau)*. 2. ed. São Paulo: Ática, 1984. 496 p.
- ARAUJO, I. S. *Açdados*. 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/software/Açdados20.zip>>. Acesso em: 15 abr. 2008. *Software* para leitura das entradas da porta de jogos.
- AXT, R.; BONADIMAN, H.; SILVEIRA, F. L. O Uso de 'Espirais' de Encadernação Como Molas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 593-597, dez. 2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v27_593.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- AXT, R.; BRÜCKMANN, M. E. *Um Laboratório de Física Para o Ensino Médio*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1993, 39p. (Textos de apoio ao professor de Física, nº. 4).
- AXT, R.; ALVES, V. M. *Física para secundaristas: fenômenos mecânicos e térmicos*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1994a, 114 p. (Textos de apoio ao professor de Física, nº. 5).
- _____. *Física para secundaristas: eletromagnetismo e óptica*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1994b, 115 p. (Textos de apoio ao professor de Física, nº. 6).
- BENDER, A. L.; SBARDELLOTTO, D. R.; MAGNO, W. C. Usando Motores DC em Experimentos de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 401-405, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/031008.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- BONJORNIO, R. A.; BONJORNIO, J. R.; BONJORNIO, V.; RAMOS, C. M. *Temas de Física: 1 Mecânica*. São Paulo: FTD, 1997. 480 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: [MEC], 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 29 mar. 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Física*. Brasília: [MEC], 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em 10 nov. 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Orientações Curriculares Para o Ensino Médio - Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias*. Brasília: [MEC], 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em 10 nov. 2008.
- CARRON, W.; GUIMARÃES, O. *Física: volume único*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 290 p.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Medir a Velocidade do Som Pode Ser Simples e Rápido. *Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 29-30, maio 2003. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a10.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2008.
- CAVALCANTE, M. A. et al. O Estudo de Colisões Através do Som. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p.150-157, jun. 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_150.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- ENGDAHL, T. *Powering microphones – Battery powered electret microphone*. [2000?]. Disponível em: <http://www.epanorama.net/circuits/microphone_powering.html>. Acesso em: 02 jun. 2008.
- FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o Excel Para Medidas de Intervalo de Tempo no Laboratório de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 203-211, set. 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040404.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

GASPAR, A. *Física: série Brasil: volume único*. São Paulo: Ática, 2005a. 552 p.

_____. *Física: volume único*. São Paulo: Ática, 2005b. 552 p.

_____. *Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade de recolocar o professor no centro do processo educacional*. In: ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E DO NORDESTE, 23, 2005, Maceió. Anais do XXIII EFNN - Tendências atuais do ensino de física. Maceió: CEFET-AL, 2005c. 13 p.

GOLDWAVE INC. *Goldwave 4.2*. 2000. Disponível em: <<http://www.goldwave.com/>>. Acesso em: 27 mar. 2008. *Software* de análise de sons.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. *Física: volume único: ensino médio*. São Paulo: Scipione, 2005. 472p. (PNLEM 2007 FNDE MEC 102439 M)

GOOGLE. Google Maps. 2008. Disponível em: <<http://maps.google.com/>>. Acesso em: 7 mar. 2008. Serviço *on line* de localização geográfica mundial.

GOOGLE. Google Earth. 2008. Disponível em: <<http://baixaki.ig.com.br/download/Google-Earth.htm>>. Acesso em: 7 mar. 2008. Serviço *on line* de localização geográfica mundial.

GRALA, R. M.; OLIVEIRA, E. S. O. Medida da Velocidade do Som no Ar Com o Uso do Computador. *Física na Escola*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 26-28, out. 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/som/lab/linein/index.html>>. Acesso em: 07 abr. 2008.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por Que e Como Introduzir a Aquisição Automática de Dados no Laboratório Didático de Física? *Física na Escola*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 69-74, mai. 2005. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/aquisicao.pdf>>. Acesso em 07 Mar.2008.

HAAG, R. Utilizando a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 176-183, Jun. 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23_176.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.

HWANG, F. K. Multiple Reflection From Two Plane Mirrors. *NTNU JAVA - Virtual Physics Laboratory - Optics*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/fis183/applets/imagem.html>>. Acesso em: 6 jun. 2008.

HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. Tradução Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2002. 685 p.

HORNE, R.S. *Spectrogram*. 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/som/lab/prog/gram6.zip>> Acesso em 27 mar. 2008. *Software* para análise do espectro sonoro captado via placa de som – *shareware*.

LAUDARES, F.; LOPES, M. C. S. M.; CRUZ, F. A. O. Usando Sensores Magnéticos em um Trilho de Ar. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 233-236, set. 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040403.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2008.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A. *Física: volume 1*. São Paulo: Scipione, 2005. 376 p.

_____. *Física: de olho no mundo do trabalho*. São Paulo: Scipione, 2003. 415 p.

MOREIRA, M.A. *Breve Introdução às Epistemologias de Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan, Bachelard, Toulmin, Feyerabend e Maturama*. Porto Alegre, Ufrgs, Instituto de Física, PPGF, 80 p., 2006.

_____. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOLECULAR EXPRESSIONS™ *Science, Optics and You*. 1995. Disponível em: <<http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>>. Acesso em 7 mar. 2008. Site que apresenta um Java-applet com imagens seqüenciais indicando as dimensões e ordens de grandeza de corpos do nosso universo conhecido.

- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. *A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1999. 151 p.
- PAULI, R. et al. *Ferramentas Matemáticas Para o Estudo da Física*. São Paulo: E.P.U., 1978. 62 p.
- PAULI, R.; MAUAD, F.C.; SIMÃO, C. *Física Básica: mecânica*. São Paulo: EPU., 1979. 300 p.
- PENTEADO, P. M.; TORRES, C. M. A. *Física – ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2005. 230 p.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. *Física: parte 1*. Rio de Janeiro: Editora Universidade de Brasília, 1964. 230 p.
- RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. *Os Fundamentos da Física*. 8 ed. São Paulo: Moderna 2003. 480 p. v.1 mecânica.
- RAMIREZ, A. R. G.; CINELLI, M. J.; IRIGOITE, A. M. Automação Para Obtenção de Dados de uma Experiência de Física: 2ª Lei de Newton. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 609-612, dez. 2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v27_609.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Os Parâmetros Curriculares Nacionais Para as Ciências do Ensino Médio: Uma Análise a Partir da Visão de Seus Elaboradores. *Investigação em Ensino de Ciências*, IF-UFRGS. Rio Grande do Sul, v. 13, n. 3, p. 257-274, dez. 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID195/v13_n3_a2008.pdf> Acesso em 10 nov. 2008.
- ROSA, M. B. *A Construção do Conceito de Função em Atividades Integradas de Entre a Matemática e a física*. Porto Alegre, 2005. 291f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SABA, M. M. F.; RAPOSO, R. R.; SANTANA, G. A. S. Fotografando o Que Não se Vê. *Física na Escola*, São Paulo, v. 3, n.1, p. 12-14, maio 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num1/a05.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2008.
- SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. *Universo da Física 1: mecânica*. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005. 456 p.
- SILVA, L. F. *Uma Experiência Didática de Inserção do Microcomputador como Instrumento de Medida no Laboratório de Física do Ensino Médio*. Porto Alegre. 2005.144 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SILVA, L. F.; VEIT, E. A. *O Microcomputador Como Instrumento de Medida no Laboratório Didático de Física*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2005. 96 p. (Textos de apoio ao professor de Física v. 16, n.2).
- SILVEIRA, F.L. A Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências. *Em Aberto*. Brasília, a.11, n. 55, p. 36-41, 1992. Disponível em: <<http://www.emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/816/734>>. Acesso: nov. 2008.
- SILVEIRA, F L.; OSTERMANN, F. A Insustentabilidade da Proposta Indutivista de "Descobrir a Lei a Partir de Resultados Experimentais". *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v. 19, n. especial, p. 7-27, jun. 2002.
- STEFFENS, C. A. *O Funcionamento e Uso de Alguns Sensores: aquisição de dados em laboratório didático de física: usando a placa de som de um PC*. 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

TEIXEIRA, D. 0,003 Segundo. *Revista Veja*, São Paulo, ed. 2024, p. 94-96, set. 2007. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/050907/p_092.shtml>. Acesso em: 21 maio 2008.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino / Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_87.pdf>. Acesso em 10 set. 2008.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003. 135 p.

_____. *A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 191 p.

YOUTUBE. Youtube - Broadcast Yourself. 2008. Disponível em: <<http://br.youtube.com/>>. Acesso em: 7 mar. 2008. Serviço de entretenimento *on line* que disponibiliza vídeos livres fornecidos por usuários e colaboradores.

APÊNDICE A – TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

Neste apêndice reproduzimos um texto de apoio que elaboramos para servir de suporte teórico aos professores de Ensino Médio. Ele é constituído por diversos textos instrucionais envolvendo a medição em Física, conceituando e descrevendo o processo da **medição de grandezas físicas** (grandezas físicas escalares e vetoriais, fundamentais e derivadas, a medição como processo, unidades de medida, medidas diretas e indiretas, Algarismos significativos, notação científica e ordem de grandeza e a grandeza física pressão), a **aquisição automática de dados usando a placa de som de um microcomputador** (circuitos simples, transdutores e sensores, softwares de aquisição, manipulação e análise de dados) e **noções sobre o ajuste de funções a conjuntos de dados experimentais**, visando apenas complementar a formação de professores de Física de Ensino Médio.

Sumário

1 – Introdução	137
2 – Medição, grandezas e medidas físicas	139
2.1 Introdução.....	139
2.2 Grandezas físicas escalares e vetoriais.....	139
2.3 Grandezas físicas fundamentais e derivadas.....	140
2.4 Medidas físicas.....	140
2.5 Medição, medida, unidade e padrão.....	140
2.6 Definição das unidades de medida fundamentais.....	141
2.7 Medição direta ou indireta de uma grandeza física.....	141
3 – Notação científica e múltiplos de unidades	145
3.1 Introdução.....	145
3.2 Notação científica.....	145
3.3 Ordem de grandeza.....	145
3.4 Prefixos gregos e latinos.....	146
3.5 Espectros de medidas de distância e de intervalos de tempo.....	146
4 – Algarismos significativos e operações	151

4.1 O que são os algarismos significativos?.....	151
4.2 Quais são os algarismos significativos de uma medida?.....	151
4.3 Operações com algarismos significativos.....	152
5 – Noções sobre a teoria dos erros.....	155
5.1 Introdução.....	155
5.2 Erros de medida.....	155
5.3 Estimativa do valor verdadeiro de uma grandeza.....	155
5.4 Desvio absoluto e relativo de uma medida.....	157
6 – Pressão.....	159
6.1 Conceito e definição de pressão.....	159
6.2 A pressão nos líquidos.....	160
6.3 A pressão atmosférica.....	161
6.4 A variação da pressão atmosférica.....	163
7 – Aquisição automática de dados usando uma placa de som.....	165
7.1 Introdução.....	165
7.2 Sensores e transdutores.....	165
7.3 A placa de som de um microcomputador e conexões.....	172
7.4 Coleta de dados.....	176
7.5 Importação de Dados.....	177
8 – Relações entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno.....	179
8.1 Introdução.....	179
8.2 Relações entre duas grandezas físicas.....	179
8.3 Relações diretamente proporcionais.....	179
8.4 Relações inversamente proporcionais.....	182
8.5 Grandezas físicas independentes.....	185
9 – Noções sobre o método de ajuste de funções.....	187
9.1 Introdução.....	187
9.2 Ajuste linear através do Método dos Mínimos Quadrados.....	187
9.3 Uma representação geométrica para o Método dos Mínimos Quadrados.....	191
9.4 Usando o Excel para ajustar os parâmetros de uma função escolhida.....	192
9.5 A escolha de uma curva de ajuste aos dados.....	194
9.6 Exemplos de validação da escolha de uma curva de ajuste para um conjunto de dados...	196
10 – Comentários finais e conclusões.....	203
Referências.....	205

1 - Introdução

Para este **texto de apoio para professores de ensino médio** redigimos um conjunto de textos instrucionais, envolvendo o processo da medição de grandezas em Física, a aquisição automática de dados usando a placa de som de um microcomputador e noções sobre o ajuste de funções a conjuntos de dados experimentais.

O referencial teórico para o desenvolvimento deste trabalho é a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, na qual o desenvolvimento cognitivo de um indivíduo necessita ter como referência o seu contexto social, histórico e cultural, seus signos e instrumentos, tendo a sua origem nos *processos sociais*. Dentre as teorias construtivistas (Ausubel, Bruner, Jonhson-Laird, Piaget, Vygotsky, Kelly,...), optamos como fundamentação e referencial teórico para este trabalho a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, devido a nossas inúmeras vivências ocorridas em sala de aula e em laboratório didático, com alunos e colegas professores, além das vivências ocorridas fora da escola, com parentes próximos, que levam à constatação que a aprendizagem é mais efetiva quando um grupo de alunos interage entre si, com o material instrucional e com o professor, levantando hipóteses, discutindo o processo, analisando os resultados parciais obtidos, questionando os resultados, a sua aplicação e validade.

Iniciamos este texto de apoio apresentando os conceitos fundamentais sobre a medição, envolvendo os assuntos grandezas, grandezas físicas escalares e vetoriais, fundamentais e derivadas, a medição como processo, unidades de medida, medidas diretas e indiretas (seção 2). Também apresentamos algumas noções sobre notação científica e ordem de grandeza (seção 3), Algarismos significativos (seção 4), a fim de dar condições para o desenvolvimento de atividades posteriores mais elaboradas, como identificação da relação entre duas grandezas físicas. Depois, trabalhamos a média entre medidas de um mesmo evento, os erros (ou incertezas) mais comuns e os desvios que ocorrem (seção 5). Introduzimos uma abordagem geral sobre a grandeza física pressão, objetivando a compreensão do seu comportamento nos líquidos e na atmosfera, e relacionando as principais unidades utilizadas, para fundamentar a abordagem da pressão sangüínea (arterial) humana, que não costuma ser abordada nos textos de física das publicações de Ensino Médio (seção 6). Acrescentamos uma breve abordagem sobre o funcionamento, uso e aplicações dos transdutores e sensores elétricos, para podermos desenvolver com os alunos de ensino médio exemplos de aquisição automática de dados (seção 7). Também apresentamos um estudo breve de gráficos e de relações entre grandezas físicas em um mesmo evento (seção 8). Como complementação, acrescentamos o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) e o uso de planilha Excel (seção 9) para o ajuste de funções aos conjuntos de dados obtidos experimentalmente.

2 – Medição, grandezas e medidas físicas

2.1 Introdução

A palavra **física** tem origem grega (*physike*) e significa ciência da natureza. A Física é uma das ciências que estuda a natureza e suas propriedades. Todo o fato ou transformação que ocorre com os corpos na natureza é chamado de **fenômeno**. Normalmente os fenômenos que ocorrem com a matéria inanimada, que não alteram a natureza dos corpos, são chamados de **fenômenos físicos** e são estudados principalmente pela Física. O estudo dos fenômenos físicos pode ser **qualitativo** ou **quantitativo**. O estudo quantitativo, além de descrever os fenômenos físicos, como no qualitativo, realiza mensurações nos fenômenos estudados, isto é, associa números às propriedades dos fenômenos.

2.2 Grandezas físicas escalares e vetoriais

A palavra **grandezas**, do latim *grandis*, refere-se a tudo aquilo que é suscetível de avaliação. No caso em que esta avaliação pode ser realizada com instrumentos e expressa em padrões previamente definidos e aceitos pela comunidade científica, denominamos de grandezas físicas.

As grandezas físicas, quanto à sua natureza, podem ser classificadas em duas espécies: as escalares e as vetoriais.

a) As grandezas físicas escalares são grandezas que ficam completamente determinadas quando delas se conhecem a **intensidade**, ou seja, o **valor numérico** e a correspondente **unidade de medida**. São exemplos de grandezas físicas escalares:

- a massa de uma pessoa: 90 kg.
- a idade de uma pessoa: 54 anos.
- a altura de uma pessoa: 1,85 m.

b) As grandezas físicas vetoriais são grandezas que só ficam completamente determinadas quando delas se conhecem, além do **valor numérico** e correspondente **unidade de medida (intensidade)**, a sua **direção** e **sentido** de atuação (**orientação**). A direção de uma grandeza física corresponde a um segmento de reta, e o seu sentido, é representado por uma seta. São representadas matematicamente por **vetores**. São exemplos de grandezas físicas vetoriais:

- o deslocamento de um carro: 30 km, Norte/Sul para o Norte.
- velocidade de um balão: 3,0 m/s, vertical e para cima.
- peso de uma pessoa na Terra: 600 N, vertical e para baixo.

2.3 Grandezas físicas fundamentais e derivadas

Quando se forma um sistema de unidades físicas, escolhe-se certo número de **grandezas e unidades** como **fundamentais** e as demais grandezas e unidades são deduzidas a partir destas e denominadas **grandezas e unidades derivadas**.

Atualmente, são sete as grandezas fundamentais que permitem exprimir qualquer das grandezas físicas dos vários ramos da Física, a saber: **comprimento (m)**, **massa (kg)**, **tempo (s)**, **intensidade da corrente elétrica (A)**, **temperatura termodinâmica (K)**, **intensidade luminosa (cd)** e **quantidade de matéria (mol)**.

As grandezas físicas derivadas são expressas através da relação estabelecida entre uma ou mais grandezas físicas fundamentais. Algumas, a saber: **volume (m³)**, **velocidade (m/s)**, **aceleração (m/s²)**, **força (N)**, **energia (J)** e **pressão (Pa)**.

2.4 Medidas físicas

A **medição**, operação pela qual associamos números às propriedades físicas dos corpos e da natureza é de importância fundamental para diversas ciências, ditas exatas, como a Física, a Matemática e a Química.

Enquanto nos limitamos apenas a observar os fenômenos físicos, sem associar números às nossas observações, estamos estudando os fenômenos apenas qualitativamente; no momento em que caracterizamos nossas observações por resultados numéricos, estaremos fazendo o estudo quantitativo. (PAULI, 1979, p. 46).

Há até uma famosa frase atribuída ao Lorde Kelvin, cientista inglês do século XIX sobre o assunto:

“Se você pode medir aquilo do que fala e exprimi-lo por um número, é porque conhece alguma coisa do assunto. Em caso contrário o seu conhecimento é precário. Lorde Kelvin” (PAULI, 1978, p. 4).

2.5 Medição, medida, unidade e padrão

Medir uma grandeza física é determinar, por comparação, quantas vezes ela contém outro intervalo daquela **mesma espécie de grandeza**, arbitrariamente escolhido como sendo **unitário**. Este **intervalo unitário** é chamado de **unidade**.

A **medição** é o ato de medir. A **medida**¹⁸ é o resultado obtido de uma medição. A **medida** deve ser expressa através de **um valor numérico**, que representa quantas vezes a grandeza física contém a unidade usada na medição, e um **símbolo**, que representa a unidade da grandeza utilizada.

A representação material ou não de um corpo ou ente físico da unidade arbitrada é chamada de **padrão**.

¹⁸ É até aceitável e corrente usar-se a expressão **medida** para o ato de medir, mas preferimos reservar esta palavra para o **resultado de uma medição**.

Um exemplo

Vamos supor que se queira determinar o **comprimento da mesa da sala de aula**, utilizando uma caneta esferográfica, cujo comprimento será tomado como referência de comparação. Se encontrarmos, para o comprimento da mesa, cinco comprimentos da caneta (5 ct), teremos a situação ilustrada na Figura 1.

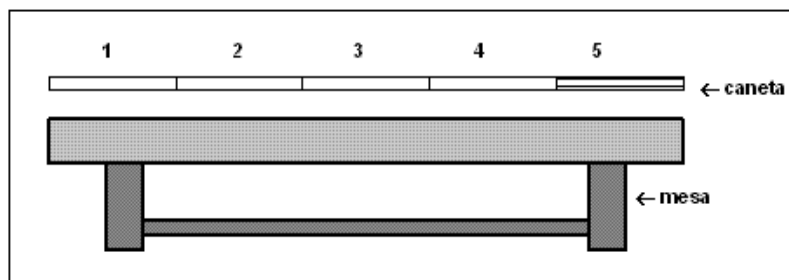


Figura 1: Medição do comprimento da mesa da sala de aula.

Neste caso, o **padrão** de medida é a caneta, ou seja, corpo ou ente físico que contém ou porta a unidade arbitrada; a **unidade de medida** é o comprimento da caneta, representada por ct, e a medida do comprimento da mesa é 5 ct.

Note que a **grandeza medida**, o comprimento da mesa, e a **unidade de medida** utilizada devem ser grandezas físicas de mesma espécie, neste exemplo, comprimento.

2.6 Definição das unidades de medida fundamentais

Os cientistas e técnicos procuram definir unidades e padrões de medida que possam ser obtidos e utilizados de maneira segura, sem variações ou deformações em todo o universo, ditas **universais**, através do **Sistema Internacional de Unidades (S.I.)**, regulamentados em Conferências Gerais de Pesos e Medidas (INMETRO, 2007). Veja as definições de algumas destas unidades na **Tabela 1**.

2.7 Medição direta ou indireta de uma grandeza física

Para **medir diretamente** uma grandeza física deveremos compará-la diretamente com outra grandeza de mesma espécie, utilizada como unidade de medida. O resultado desta comparação é um número que indicará o número de vezes que a unidade adotada está contida (múltiplo) ou contém (submúltiplo) na grandeza física medida. São exemplos de medições diretas:

- a determinação da massa de uma pessoa numa balança com capacidade 150 kg;
- a determinação da altura de um livro com uma régua de 50 cm;
- a determinação do tempo de oscilação de um pêndulo com um cronômetro;

- a determinação do volume de um tonel utilizando um frasco com volume de 1 litro.

Tabela 1: Unidades de medida fundamentais e definição do padrão adotado no S.I.

Unidade de medida	Símbolo	Grandeza física	Definição
metro	m	Comprimento	Comprimento igual a 1.650.763,63 comprimentos de onda, no vácuo, da radiação correspondente à transição entre os níveis $2p_{10}$ e $5d_5$ do átomo de criptônio 86.
segundo	s	Tempo	Duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de Césio 133.
quilograma	kg	Massa	Igual à massa do protótipo internacional, um cilindro de platina iridiada, sancionada pela Conferência Geral de Pesos e Medidas em Paris, em 1189, e depositada no pavilhão de Breteuil, em Sèvres.
ampère	A	Intensidade da corrente elétrica	Corrente elétrica invariável que, mantida em dois condutores retilíneos, paralelos, de comprimento infinito e de área de secção transversal desprezível e situados no vácuo a 1 metro de distância um do outro, produz entre esses condutores uma força de intensidade $2 \cdot 10^{-7}$ newton, por metro de comprimento desses condutores.
kelvin	K	Temperatura	Fração $1 / 273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água.
candela	cd	Intensidade luminosa	Quantidade equivalente à intensidade luminosa, numa determinada direção, de uma abertura perpendicular a essa direção, com uma área de $1/60 \text{ cm}^2$ irradiando com um radiador perfeito à temperatura de solidificação da platina.
mol	mol	Quantidade de matéria	Quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quanto são os átomos contidos em 0,012 quilogramas de carbono 12.

Quando se torna difícil ou impraticável a determinação direta, por comparação, da medida de uma grandeza física, lançamos mão de um processo indireto, a **medição indireta**. Isto normalmente acontece ou quando não possuímos uma unidade adequada para a comparação da grandeza, ou por deficiência de precisão do instrumento de medida utilizado. Logo, a **medição indireta** de uma grandeza física costuma ser composta por um conjunto de uma ou mais medições diretas de grandezas de mesma espécie ou grandezas relacionadas, acrescidas de operações matemáticas, suportadas por teorias que relacionam as diversas grandezas com aquela a ser medida, que conduzem à medida procurada. São exemplos de medidas indiretas:

- a determinação da espessura média de uma folha de caderno, através da medição da espessura de um grande número de folhas deste;
- determinação da altura de um poste através da medição do comprimento de sua sombra e do ângulo de inclinação da luz solar;
- a determinação do volume de uma gota de água, através da determinação do volume de um grande número de gotas de água;
- a determinação da velocidade de propagação do som no ar, através da determinação da distância percorrida pelo som no ar e do intervalo de tempo envolvido em percorrê-la, e, posterior divisão destas grandezas.

3 – Notação científica e múltiplos de unidades

3.1 Introdução

Devido aos largos espectros de medidas apresentados pelas diversas grandezas físicas, como comprimento, tempo, massa, temperatura, etc., definidas no Sistema Internacional de Unidades (S.I.), costuma-se expressá-las de uma maneira mais “condensada e unificada”, através de potências de dez, chamada de Notação Científica, e também através de múltiplos e submúltiplos destas unidades de medida. A princípio pode nos parecer mais complicado, mas a prática mostra que facilita muito a expressão e manipulação destas medidas, sem a utilização de tantas casas decimais.

3.2 Notação científica

Para simplificarmos a expressão de medidas, podemos escrevê-las usando potências de 10, ou seja, através da chamada **notação científica**, definida conforme o quadro que segue.

Notação científica

O módulo de qualquer número N pode ser expresso pelo produto de um número real (x), entre um e dez, por uma potência inteira de dez (y), isto é:

$$N = x \cdot 10^y \quad \therefore 1 \leq x < 10$$

Exemplos: - Distância média Terra-Sol → $d = 150.000.000.000 \text{ m} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$
- Tempo aproximado de passagem da luz por uma vidraça → $t = 0,000.000.000.017 \text{ s} = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ s}$

3.3 Ordem de grandeza

A **magnitude** de uma medida pode ser estimada através da notação científica que expressa esta medida, chamada da **ordem de grandeza**, estando relacionada à potência de dez utilizada na expressão desta medida, definida como:

Ordem de grandeza

A ordem de grandeza (g) de uma medida deve ser expressa por uma potência inteira de dez, mais próxima da medida escolhida.

ATENÇÃO!¹⁹

Para determinar a ordem de grandeza (g) de uma medida (M), expressa em notação científica na forma $M = x \cdot 10^y$ deveremos seguir as regras de arredondamento apresentadas resumidamente abaixo:

- Arredonda-se para mais uma unidade a potência inteira de dez ($y + 1$), quando a parte significativa (x) da medida escolhida for igual ou superior a 3,16 (raiz quadrada de 10).

Exemplos: - Raio médio da Terra $\rightarrow d = 6300000 \text{ m} = 6,3 \cdot 10^6 \text{ m} \rightarrow g = 10^7 \text{ m}$
 - Massa de um menino $\rightarrow d = 45 \text{ kg} = 4,5 \cdot 10^1 \text{ kg} \rightarrow g = 10^2 \text{ kg}$
 - Espessura de uma vidraça $\rightarrow d = 0,0040 \text{ m} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow g = 10^2 \text{ m}$

- Mantém-se invariável a potência inteira de dez (y), quando a parte significativa (x) da medida escolhida for inferior a 3,16 (raiz quadrada de 10).

Exemplos: - Distância média Terra-Sol $\rightarrow d = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} \rightarrow g = 10^{11} \text{ m}$
 - Velocidade da luz no vácuo $\rightarrow d = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \rightarrow g = 10^8 \text{ m/s}$

Obs.: A referência ao limitante 3,16 se deve ao fato que o ponto médio entre o intervalo de duas potências de dez consecutivas, por exemplo, 10^0 e 10^{+1} é $10^{0,5}$, que é a raiz quadrada de 10, sendo aproximadamente 3,16. Pode-se determinar o expoente da potência de 10 calculando o logaritmo, na base 10, da medida escolhida e arredondá-la pelas regras normais de arredondamento de números. Veja a subseção 4.3.

3.4 Prefixos gregos e latinos

A colocação de um prefixo grego ou latino, definido pelo Sistema Internacional de unidades (S. I.), substitui a potência de dez (ordem de grandeza) da medida expressa. Apresentamos, na Tabela 2, o símbolos, o nome, o valor e o fator multiplicador dos prefixos latinos, utilizados no S. I. em diversas áreas científicas e tecnológicas do mundo atual.

3.5 Espectros de medidas de distâncias e de intervalos de tempo

Para justificar a necessidade do uso de ordem de grandeza, notação científica e de unidades de medida adequadas às medidas das grandezas físicas selecionadas para medição, pesquisamos em diversos livros existentes no mercado e compilamos algumas grandezas significativas para

¹⁹ Extraído e adaptado de FÍSICA BÁSICA "A" (2008).

compor alguns espectros de medidas, que são apresentadas na Tabela 3 e na Tabela 4. A Tabela 3 apresenta diversos intervalos de tempo, enquanto que a Tabela 4 apresenta diversas distâncias ou comprimentos, sempre acompanhados da unidade de medida mais adequada e de sua ordem de grandeza.

Tabela 2: Prefixos gregos e latinos definidos pelo Sistema Internacional de unidades.

Símbolo	Nome	Valor	Fator multiplicador
E	Exa	10^{18}	1.000.000.000.000.000.000
P	Peta	10^{15}	1.000.000.000.000.000
T	Tera	10^{12}	1.000.000.000.000
G	Giga	10^9	1.000.000.000
M	Mega	10^6	1.000.000
k	Quilo	10^3	1.000
h	Hecto	10^2	100
da	Deca	10^1	10
d	Deci	10^{-1}	0,1
c	Centi	10^{-2}	0,01
m	Mili	10^{-3}	0,001
μ	Micro	10^{-6}	0,000.001
n	Nano	10^{-9}	0,000.000.001
p	Pico	10^{-12}	0,000.000.000.001
f	Femto	10^{-15}	0,000.000.000.000.001
a	Atto	10^{-18}	0,000.000.000.000.000.001

Tabela 3: Espectro de medidas de intervalos de tempo.
(Extraído com adaptações de PSSC (1963))

Intervalo de tempo selecionado	Unidade de medida mais adequada	Ordem de grandeza
Passagem da luz por uma vidraça (3 mm).	10 picossegundos	10^{-11} s
Passagem da luz pelo ar desta sala.	30 nanossegundos	10^{-8} s
Explosão de um petardo (artefato bélico).	10 microssegundos	10^{-5} s
Batida de asas de uma mosca.	1 milissegundo	10^{-3} s
Uma vibração completa do som mais baixo (grave) audível.	17 milissegundos	10^{-2} s
Queda livre de uma esfera de aço de uma altura de 0,1 m.	0,14 segundos	10^{-1} s
Batida média do coração humano.	0,75 segundos	10^0 s
Recorde mundial dos 100 m masculino ("100 m rasos")(08/2008).	9,69 s	10^1 s
Rotação da Terra ao redor do seu eixo.	1 dia	10^5 s
Translação da Lua ao redor da Terra.	1 mês	10^6 s
Translação da Terra ao redor do Sol (ano terrestre).	1 ano	10^7 s
Descoberta oficial das Américas.	5 séculos	10^{10} s
Aparecimento do homem na Terra.	320 milênios	10^{13} s
Desaparecimento dos dinossauros da Terra.	300 milhões de anos	10^{16} s
Existência do Sol como uma estrela.	30 trilhões de anos	10^{21} s

Tabela 4: Espectro de medidas de comprimento.
(Extraído com adaptações de PSSC (1963))

Grandeza física e objeto selecionados	Unidade de medida mais adequada	Ordem de grandeza
Dimensões previstas para um quark.	0,1 femtômetros	$\sim 10^{-16}$ m
Diâmetro aproximado do núcleo de hidrogênio.	1 femtômetro	$\sim 10^{-15}$ m
Diâmetro aproximado do núcleo do átomo de carbono 12.	10 femtômetros	$\sim 10^{-14}$ m.
Raio de um glóbulo vermelho do sangue humano.	< 7 micrometros	$\sim 10^{-6}$ m.
Espessura de uma folha de papel.	0,1 milímetros	10^{-4} m.
Raio de uma bolinha de pingue-pongue.	2,0 centímetros	10^{-2} m.
Raio de uma bola de futebol oficial.	11 centímetros	10^{-1} m.
Altura média de um jovem brasileiro adulto masculino.	1,75 m	10^0 m
Altura média de um edifício com cinco andares.	16 metros	10^1 m.
Raio maior do Estádio Gigante da Beira Rio (Porto Alegre).	140 metros	10^2 m
Raio da Lua (satélite natural da Terra).	1,7 megômetros	10^6 m.
Raio da Terra (nosso planeta natal).	6,4 megômetros	10^7 m.
Raio do Sol (a estrela mais próxima da terra).	700 megômetros	10^9 m.
Raio da órbita de Terra ao redor do Sol.	150 gigômetros	10^{11} m.
Distância percorrida pela luz em um ano.	1 ano-luz	10^{16} m.
Distância à estrela mais próxima da Terra (α de Centauro).	4,6 anos-luz	10^{17} m.
Comprimento da via Láctea (nossa galáxia).	100 mil anos-luz	$\sim 10^{21}$ m.

4 – Algarismos significativos e operações

4.1 O que são os algarismos significativos?

Vamos supor que estejamos realizando uma medição qualquer, como por exemplo, a determinação do comprimento de uma barra metálica, utilizando uma régua graduada (com precisão em centímetros, isto é, a menor divisão da régua é de 1 cm, conforme mostra a Figura 2.

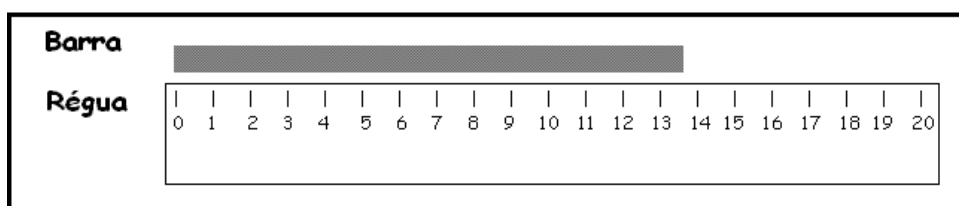


Figura 2: Medição do comprimento de uma barra metálica.

Ao tentarmos expressar o resultado desta medição, isto é, a medida, percebemos que ela deve estar compreendida entre 13 cm e 14 cm. Como a menor divisão da escala da régua é de 1 cm (precisão), fica difícil ou impossível a determinação exata do número de milímetros que excedem a 13 cm no comprimento da barra. Podemos, no entanto, realizar uma estimativa afirmando que o comprimento da barra é de, aproximadamente, 13,6 cm. Convém notar que não teria sentido algum tentar obter mais um algarismo (milésimo de milímetro) para esta medida, pois já não temos certeza alguma deste 6 (décimos de milímetro) que foi estimado (avaliado). Nesta medida, o primeiro e o segundo algarismos (o 1 e o 3) são os **algarismos corretos** da medida e o terceiro (o 6) é o avaliado, chamado **duvidoso**. O conjunto desses algarismos, os corretos mais o duvidoso, são os **algarismos significativos** desta medida.

ATENÇÃO!

Os algarismos significativos de uma medida são todos os algarismos corretos (exatos) desta medida juntamente com o primeiro algarismo duvidoso (avaliado).

4.2 Quais são os algarismos significativos de uma medida?

Nem todos os algarismos que compõem uma medida são significativos, como veremos a seguir. Por isso, convém notar e ressaltar o que segue.

(1^o) O algarismo duvidoso que aparece na indicação do resultado de uma medição é também, como já foi dito, significativo.

Ex.: 26,3 cm → medida com três algarismos significativos;
→ dois algarismos exatos (o 2 e o 6) e o duvidoso (o 3).

(2°) Os zeros entre dois algarismos significativos são significativos.

Ex.: 190,07 kg → medida com cinco algarismos significativos.

(3°) Os zeros à esquerda de um algarismo significativo não são significativos.

Ex.: 0,017 s → medida com dois algarismos significativos (o 1 e o 7).

(4°) Os zeros à direita de um algarismo significativo são significativos.

Ex.: 340,0 cm → medida com quatro algarismos significativos.

4.3 Operações com algarismos significativos

Nas operações matemáticas (adição, subtração, multiplicação e divisão) envolvendo algarismos significativos, convém saber o que segue.

(1°) Na **adição** e na **subtração** de **algarismos significativos**, o resultado deve conter o mesmo número de casas decimais que a parcela com o menor número de casas decimais (parcela mais “pobre”). Para isto, procede-se a adição ou subtração das parcelas, arredondando-se o resultado para conter o mesmo número de decimais que a parcela mais “pobre” de casas decimais.

Exemplos:

Adição		Subtração		Resultado
328,31				
2,265		32,267		
13,7	← <i>parcela mais “pobre”</i> →	<u>- 15,1</u>		Resultado
<u>+ 0,158</u>		17,167	→	17,2
344,433	→	344,4		

ATENÇÃO!²⁰

Para realizar os arredondamentos na adição e na subtração de algarismos significativos devemos seguir as regras de arredondamento apresentadas resumidamente abaixo:

- *arredonda-se para mais uma unidade o último algarismo mantido, quando o primeiro desprezado for superior a 5.*

Ex.: 12,76 cm → 12,8 cm

- *mantém-se invariável o último algarismo mantido, quando o primeiro algarismo desprezado for inferior a 5.*

Ex.: 12,74 cm → 12,7 cm

- *arredonda-se, ou não, para mais uma unidade o último algarismo, quando o primeiro desprezado for exatamente igual a 5.*

Ex.: 12,75 cm → 12,7 cm ou 12,8 cm

²⁰ Extraído e adaptado de WIKIPÉDIA (2008a).

(2°) na **multiplicação** e na **divisão** de **algarismos significativos**, o resultado da multiplicação (o produto) ou o resultado da divisão (o quociente) não pode conter um número maior de algarismos significativos do que a parcela que tiver o **menor** número de algarismos significativos.

Exemplos:

Multiplicação		Divisão	
28,3		32,265	
<u>x 1,582</u>	Resultado	<u>÷ 15,1</u>	Resultado
44,7706	→ 44,8	2,1367549...	→ 2,14

Obs.: Nos dois exemplos apresentados, o menor número de algarismos significativos das parcelas é igual a 3, logo, respectivamente o produto ou o quociente das expressões devem conter também três algarismos significativos.

(3°) Na **multiplicação** e na **divisão** por um **número exato**, o resultado deverá conter tantos algarismos significativos quanto a medida envolvida.

Exemplos:

Multiplicação		Divisão	
28,31	→ 28,31	32,2	→ 32,2
<u>x 180</u>	→ <u>x 180</u>	<u>÷ 6</u>	→ <u>÷ 6</u>
5095,8	→ 5096	5,36666...	→ 5,37

ATENÇÃO!

A estimativa do algarismo duvidoso de uma medida nem sempre é possível. Em balanças digitais, em termômetros digitais, em cronômetros digitais e em outros instrumentos digitais, o que podemos fazer é obter a precisão da medida indicada no visor do instrumento, consultando o manual do fabricante do instrumento de medida.

5 – Noções sobre a teoria dos erros

5.1 Introdução

Para determinar o valor de uma determinada grandeza física, um observador que realiza diversas medições acuradas desta grandeza, sempre utilizando o mesmo instrumental, aplicando o mesmo método e se comportando do mesmo modo em todas elas, pode não encontrar o mesmo resultado em todas as medições. A teoria dos erros atribui estas diferenças aos chamados **erros de observação** ou **incertezas**.

5.2 Erros de medida

Os resultados das medições de uma grandeza física estão sujeitos a imprecisões por causas diversas; ou seja, qualquer medida está sujeita a erros. O máximo que poderemos fazer numa medição é procurar minimizar a margem de erro através da melhoria ou troca dos processos utilizados, através da utilização de instrumentos de medida mais adequados e precisos e também treinando ou utilizando observadores mais preparados e mais treinados quando as medições dependem de observadores.

De um modo geral, os **erros de observação** ou **incertezas** que comumente **afetam as medidas** podem ser classificados em:

- **erros grosseiros**, provenientes da falta de cuidado ou da inexperiência de quem observa, em relação ao processo ou instrumental utilizado. Um exemplo deste tipo de erro seria o observador ler, numa balança de prato, 132 g e registrar 123 g.
- **erros sistemáticos**, provenientes da imperfeição do material ou do método utilizado pelo observador. Um exemplo seria o erro de calibração de uma balança de prato, onde o “fiel” não esteja “zerado”, provocando desvio das medidas sempre em um mesmo sentido.
- **erros fortuitos**, provenientes de fatores incontroláveis pelo observador, fazendo que o resultado flutue em torno de uma média. Estes erros ocorrem em todas as medições, não podendo ser evitados, corrigidos ou minimizados, mas podendo ser tratados pela chamada Teoria de erros.

5.3 Estimativa do valor verdadeiro de uma grandeza

Como é impossível obter em uma medição uma medida exata de uma grandeza física, para indicar o valor que melhor representa uma medida, realizamos sempre um grande número de

medições, estabelecendo a partir deste conjunto de medições, o intervalo no qual provavelmente estará inserido o valor verdadeiro da grandeza.

Vamos considerar um observador que realize “n” medições, em igualdade de condições, sendo obtidos os valores das medidas ($m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$), todos “merecedores de igual confiança” (PAULI, 1979). Para estabelecer o intervalo que mais provavelmente contém o valor verdadeiro da medida da grandeza, o observador deverá:

(1°) determinar a média aritmética dos valores das medidas obtidas nas medições. A **média aritmética** (\bar{m}) é calculada através da expressão:

$$\bar{m} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n}$$

onde m_1, m_2, \dots, m_n são os valores das n medidas.

Obs.: Com a média aritmética dos valores das medidas se supõe compensar parte dos erros fortuitos. Logo, ela não indica perfeitamente o valor verdadeiro da grandeza medida.

(2°) calcular o desvio absoluto de cada uma das medidas. O **desvio absoluto** (d_i) correspondente ao valor de cada uma das medidas (m_i) é igual ao módulo da diferença entre cada uma das medidas e o valor médio destas medidas.

$$d_i = |m_i - \bar{m}|$$

onde d_i é o desvio absoluto do valor da medida m_i
 \bar{m} é a média do valor das medidas m_i

(3°) calcular a média aritmética dos desvios dos valores das medidas. O **desvio médio absoluto** (\bar{d}) nos dá uma estimativa do erro existente na média aritmética (\bar{m}), isto é, até onde o seu erro pode chegar.

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$$

onde d_1, d_2, \dots, d_n são os desvios absolutos das n medidas.

(4°) para representar o intervalo dentro do qual provavelmente se encontra o valor verdadeiro da grandeza (m^*), aceitando por simplicidade que o desvio médio absoluto (\bar{d}) seja igual ao desvio padrão das n medidas, se expressa da seguinte forma:

$$m^* = \bar{m} \pm \frac{\bar{d}}{\sqrt{n}}$$

onde m^* é um intervalo dentro do qual provavelmente se encontra o valor verdadeiro da grandeza.

5.4 Desvio absoluto e relativo de uma medida

Para estabelecer a confiabilidade de uma medida em função das “n” medições obtidas na subseção 5.3(medidas $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$), o observador deverá:

(1°) calcular o **desvio relativo** (d_{Ri}) de cada medida. Para isto, divide-se o seu desvio absoluto (d_i) pela média aritmética (\bar{m}) das medidas.

$$d_{Ri} = d_i / \bar{m}$$

(2°) calcular o **desvio percentual** (d_{Pi}) de cada medida (m_i). Para isto, multiplica-se o desvio relativo por 100.

$$d_{Pi} = | d_{Ri} \times 100 | \%$$

Obs.: A medida considerada mais precisa é aquela que possui o menor desvio percentual.

Um exemplo

Em três medições do tempo decorrido na queda de uma mesma esfera de chumbo, solta de uma mesma altura e no mesmo local, foram obtidas as seguintes medidas: 0,73 s, 0,68 s e 0,75 s.

Neste caso, o valor médio do tempo de queda da esfera (\bar{t}) será:

$$\bar{t} = \frac{0,73 \text{ s} + 0,68 \text{ s} + 0,75 \text{ s}}{3} = \frac{2,16 \text{ s}}{3} = 0,72 \text{ s}$$

Os desvios individuais são:

$$d_1 = |0,73 \text{ s} - 0,72 \text{ s}| = 0,01 \text{ s} \quad d_2 = |0,68 \text{ s} - 0,72 \text{ s}| = 0,04 \text{ s} \quad d_3 = |0,75 - 0,72| = 0,03 \text{ s}$$

O desvio absoluto médio é:

$$\bar{d} = \frac{0,01 \text{ s} + 0,04 \text{ s} + 0,03 \text{ s}}{(3)} \cong \frac{0,08 \text{ s}}{3} \cong 0,03 \text{ s}$$

O intervalo dentro do qual provavelmente se encontra o valor verdadeiro do tempo de queda da esfera:

$$t^* \cong (0,72 \pm 0,03/ 3^{1/2}) \text{ s} = (0,72 \pm 0,02) \text{ s} \quad \text{logo} \quad 0,70 \text{ m} < m < 0,74 \text{ m.}$$

Obs.: Esta representação (t^*) indica o intervalo ao qual, provavelmente, pertence o valor verdadeiro da grandeza. O nível de confiança é de 68% se ao invés de utilizarmos o desvio médio absoluto utilizássemos na expressão acima, o desvio padrão. Para uma distribuição normal o desvio médio absoluto é 0,6 vezes o desvio padrão. O nível de confiança é cerca de 50%.

Os desvios relativos dos valores das medidas são:

$$d_{R1} = 0,01 \div 0,72 = \mathbf{0,01} \quad d_{R2} = 0,04 \div 0,72 = \mathbf{0,06} \quad d_{R3} = 0,03 \div 0,72 = \mathbf{0,04}$$

Os desvios percentuais dos valores das medidas são:

$$d_{P1} = 0,01 \times 100\% = \mathbf{2\%} \quad d_{P2} = 0,06 \times 100\% = \mathbf{6\%} \quad d_{P3} = 0,04 \times 100\% = \mathbf{4\%}$$

Obs.: *Através dos resultados obtidos, podemos considerar a medida m_1 como sendo a mais precisa e a medida m_2 como sendo a menos precisa.*

6 - Pressão

6.1 Conceito e definição de pressão

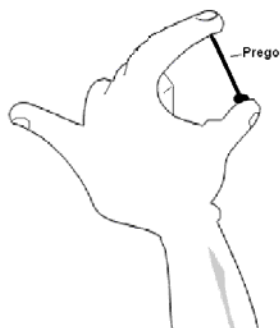


Figura 3: Dedos pressionam um prego.

Para entender melhor o conceito da grandeza física pressão, vamos considerar um prego comum mantido “comprimido” entre o dedo indicador e o dedo polegar de uma pessoa, como mostra a Figura 3.

Sabemos que as forças que o dedo indicador e o dedo polegar exercem sobre as extremidades do prego têm a mesma intensidade (desprezando-se as força da gravidade e de empuxo do ar no prego), mas como explicar que a dor é maior no dedo indicador em contato com a ponta do prego.

A explicação está apoiada no fato de que estas duas forças são exercidas sobre áreas diferentes, produzindo efeitos diferentes. No caso da ponta do prego a força é aplicada numa superfície menor, produzindo maior dor. Dizemos que neste ponto a **pressão** é maior. Isto também ocorre quando, ao pisar no pé de outrem com um salto feminino ou com um salto de uma bota militar, mesmo que as pessoas exerçam a mesma força sobre o pé, produzirão dores diferentes, maior no caso do salto feminino, em que a pressão sobre a área de apoio é maior.

A **pressão (p)** é uma grandeza física escalar, sendo definida pela razão entre a **intensidade da força (F_N)**, exercida perpendicularmente à superfície (força normal à superfície), e a **área da superfície (A)** onde está distribuída a força, isto é:

$$P = \frac{F_N}{A}$$

onde **F_N** é dado em N (newtons)
A é dado em m².

A **unidade** de pressão no S.I. é o **pascal (Pa)**, que corresponde à pressão de um newton por metro quadrado (N/m²). Esta unidade ainda não é muito utilizada pelos cientistas e técnicos que a medem, sendo ainda empregada com muita freqüência em aparelhos de precisão, como manômetros, barômetros e monitores de pressão arterial entre outros, outras unidades de pressão, como:

- bária (1 ba = 0,1 Pa),**
- bar (1 bar = 10⁵ Pa),**
- milibar (1 milibar = 100 Pa = 1 hPa),**
- kgf/cm² (1 kgf/cm² = 98.000 Pa),**
- atm (1 atm = 1,013x10⁵ Pa),**
- cmHg (1 cmHg = 1333 Pa) e**
- mmHg (1 mmHg = 133 Pa).**

Algumas das unidades citadas serão trabalhadas mais adiante neste texto. A unidade bária (**ba**) teve origem no sistema C.G.S., onde a intensidade da força é dada em dinas (**dyn**) e a unidade de área, em centímetros quadrados (**cm²**), sendo **1 ba = 1 dyn / cm² = 0,1 Pa**.

Obs.: Quando “afiamos” uma faca, raspamos as laterais da lâmina junto ao “fio”, reduzindo a espessura dela neste ponto; conseqüentemente diminuímos a área de contato dela com o que se quer cortar. Logo, depois de afiar a faca, consegue-se uma maior pressão no local em contato com o “fio”, cortando melhor.

6.2 A pressão nos líquidos

Simon Stevin, um matemático e físico holandês especialista na estática dos fluidos, enunciou o princípio que permite a determinação da pressão produzida por uma coluna líquida em repouso (hidrostática), chamada de **pressão manométrica hidrostática (p_H)**. Em um ponto no interior de um líquido homogêneo p_H é definida como a diferença entre a pressão neste ponto e num ponto na superfície de contato do líquido com o meio externo, pois o meio externo também exerce uma pressão sobre o líquido. Segundo o princípio de Stevin, a pressão manométrica hidrostática em um ponto é diretamente proporcional à profundidade desse ponto e à densidade absoluta deste líquido. Essa pressão atua em todas as direções, resultando em forças sempre perpendiculares às superfícies dos corpos em contato com o líquido.

A Figura 4 mostra como a água pressiona, em todas as direções, bolas de plástico imersas em seu interior, aumentando com a profundidade. Já a Figura 5 mostra o gráfico da **pressão manométrica hidrostática** produzida em três líquidos, de diferentes densidades absolutas (GASPAR, 2001), em função da profundidade.

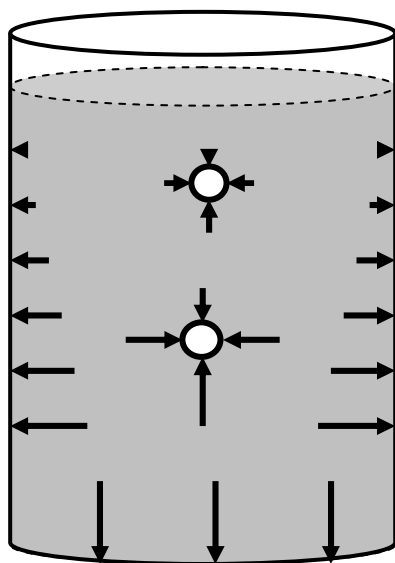


Figura 4: Direções de atuação da pressão hidrostática com a profundidade.

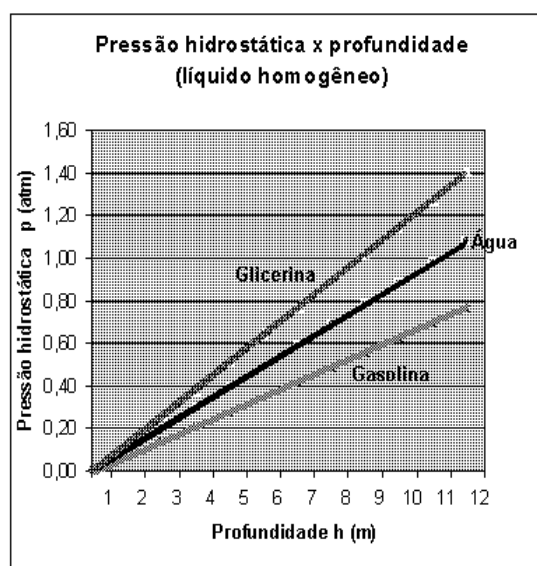


Figura 5: Pressão hidrostática em função da profundidade, para gasolina, água e glicerina.

A **pressão manométrica hidrostática** produzida em um ponto localizado a uma **profundidade (h)** dentro de um líquido homogêneo em equilíbrio, de **densidade absoluta (ρ)**, em um local onde a **aceleração da gravidade (g)** é constante, é determinada através da expressão:

$$p_H = \rho \cdot g \cdot h$$

Exemplos e aplicações:

1. Pressão manométrica exercida por uma coluna de 76 cm de mercúrio ao nível do mar.

$$p_{Hg} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,76 \text{ m} = \mathbf{101.300 \text{ Pa}} = 1 \text{ atm} = \mathbf{76 \text{ cmHg}}$$

2. Pressão manométrica exercida por uma coluna de 10,3 m de água pura ao nível do mar.

$$p_{Hg} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 10,3 \text{ m} = \mathbf{101.300 \text{ Pa}} = 1 \text{ atm}$$

3. A cada **10 m** de aprofundamento na água pura, a pressão hidrostática aumenta **1 atm**. Já no mercúrio, para aumentarmos a pressão de **1 atm** deveremos aprofundar apenas **76 cm**.

4. Nos aparelhos de monitoramento de pressão arterial, a medida considerada como normal da pressão arterial é de **12 cmHg** por **8 cmHg**. Os **12 cmHg** indicam a **pressão sistólica**, que é a pressão (manométrica) arterial máxima exercida pelas paredes das artérias, durante a sístole cardíaca (compressão). Os **8 cmHg** indicam a **pressão diastólica**, que é a pressão (manométrica) arterial mínima exercida pelas paredes das artérias durante a diástole cardíaca (distensão). Também é usual usarem em hospitais e enfermarias as indicações de **120 mmHg** por **80 mmHg** como medidas de pressão arterial normal. O significado prático destas medidas é que se o coração bombeasse mercúrio, em vez de sangue, a coluna suspensa oscilaria entre 8 cm e 12 cm de altura; se bombeasse água, a coluna de água oscilaria entre 109 cm e 163 cm de altura.

6.3 A pressão atmosférica

No início do século XVII ainda se desconhecia a causa da impossibilidade da elevação de colunas de água acima de cerca de 10 metros, utilizando-se de bombas aspirantes (a “vácuo”) em poços profundos, problema que foi apresentado e não resolvido por Galileu Galilei.

Em 1643, um dos discípulos de Galileu, o físico e matemático Evangelista Torricelli encontrou a resposta para a altura limite de aspiração de água, realizando uma experiência com outro líquido que era 13,6 vezes mais denso que a água, o mercúrio metálico.

Em seu experimento, Torricelli encheu de mercúrio um tubo de vidro de 1,0 m de comprimento, que era fechado em uma das extremidades, tampou a extremidade aberta (1ª parte da Figura 6) e a mergulhou num outro frasco contendo mercúrio, segurando o tubo na vertical (2ª parte da Figura 6). Depois de destampado o tubo com a boca imersa no mercúrio, ele verificou que se mantinha equilibrada uma coluna de 76 cm de mercúrio dentro do tubo, acima da superfície do mercúrio em contato com o ar no frasco de imersão, sendo o restante da coluna praticamente vácuo ($p \cong 0 \text{ atm}$) (3ª parte da Figura 6), o denominado “vácuo de Torricelli”. Na realidade ali existe vapor de mercúrio a uma pressão muito pequena (a 25°C, em torno de 10^{-6} atm), considerada desprezível neste caso.

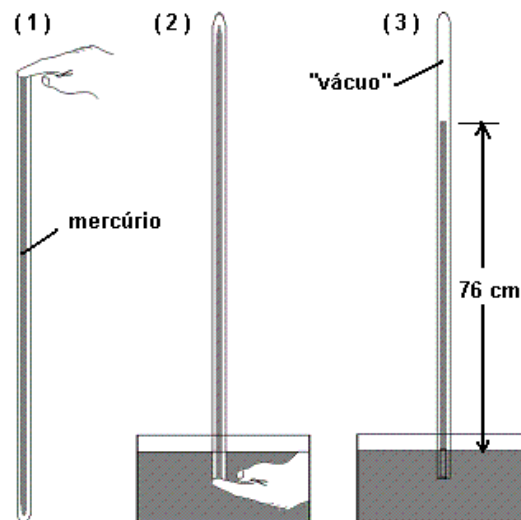


Figura 6: Seqüência do experimento de Torricelli.

A conclusão de Torricelli foi que a pressão da coluna de 76 cm de mercúrio equilibrava a pressão atmosférica, ao nível do mar, ou seja, a pressão produzida por uma coluna de 76 cm de mercúrio é igual à pressão produzida por uma coluna atmosférica com mais de 80 km de altura.

Sempre é bom lembrarmos que a densidade absoluta da atmosfera, em torno de 1 kg/m^3 ao nível do mar, diminui muito com a altitude, apresentando uma variação não-linear, pois a pressão atmosférica também diminui.

Para se obter analiticamente o valor da pressão atmosférica ao nível do mar, no S.I., devemos usar a equação de Stevin para determinar a pressão hidrostática produzida pela coluna de mercúrio, já que não podemos aplicá-la na coluna de ar, pela sua não-homogeneidade. Nesse caso a pressão manométrica é igual à pressão absoluta, pois acima do mercúrio, dentro do tubo, não há nada (“vácuo de Torricelli”). Obtém-se, então:

$$p_{\text{atm}} = p_{\text{Hg}} = \rho \cdot g \cdot h = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,76 \text{ m} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$p_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

6.4 A variação da pressão atmosférica

Em 1647, o filósofo e cientista francês Blaise Pascal repetiu a experiência de Torricelli para determinação da pressão atmosférica para diversas altitudes. Ele observou que a pressão atmosférica diminuía quando ele subia na montanha do Dome, em Rouen na França, confirmando uma das hipóteses de Torricelli para a variação da pressão atmosférica. A explicação é relativamente simples, pois quanto mais alto e mais distante do centro da Terra, menor é a altura da camada de ar que existe sobre aquele local, sendo menor a pressão exercida por ela. Ao contrário, se nos aprofundamos numa mina de ferro ou sal, maior é a camada de ar sobre aquele local, sendo maior a pressão atmosférica.

A Tabela 5 apresenta a variação da pressão atmosférica, medida em atmosferas (**atm**) ou centímetros de mercúrio (**cmHg**), em função da variação da altitude, dada em quilômetros (**km**), à temperatura de 0 °C, tomando o nível do mar como referência, ou seja, altitude 0 km. (MÁXIMO; ALVARENGA, 1997).

Tabela 5: Pressão atmosférica em função da altitude.

Altitude (km) (em relação ao nível do mar)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Pressão atmosférica (cmHg)	76	67	60	53	47	41	36	31	27	24	21
Pressão atmosférica (atm)	1,00	0,88	0,79	0,70	0,62	0,54	0,47	0,41	0,36	0,32	0,28

A Figura 7 apresenta o gráfico da **pressão atmosférica**, dada em **atm**, em função da **altitude**, dada em **km**, relacionando os dados registrados na Tabela 5.

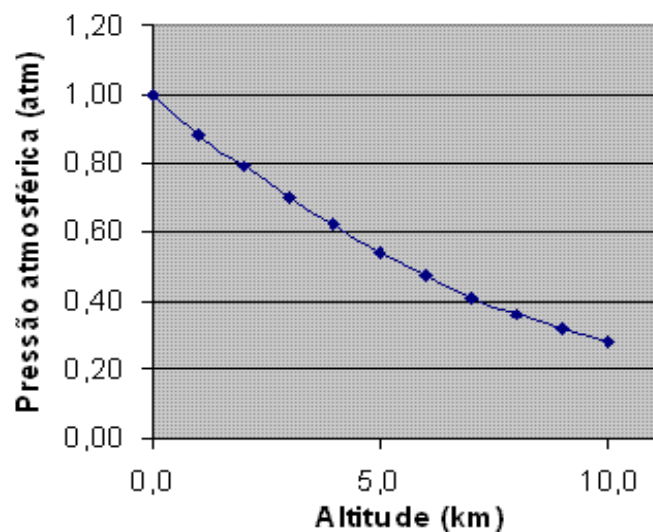


Figura 7: Gráfico da pressão atmosférica em função da altitude.

Para pequenas altitudes (0 – 10 km), podemos verificar que a pressão atmosférica (p_{atm}) pode ser relacionada aproximadamente com o valor da altitude (h) através da seguinte expressão:

$$p_{atm} \approx 0,88^h$$

onde p_{atm} é dada em atmosferas (**atm**).

h é numericamente igual a altitude dada em quilômetros (**km**).

Exemplos: => 3 km de altura => $p_{atm} = 0,88^3 = 0,68 \text{ atm}$
=> 10 km de altura => $p_{atm} = 0,88^{10} = 0,28 \text{ atm}$
=> 500 m de altura => $p_{atm} = 0,88^{0,5} = 0,71 \text{ atm}$

7 - Aquisição automática de dados usando uma placa de som²¹

7.1 Introdução

Cada vez mais, a utilização de computadores em escolas de Ensino Fundamental e Médio, se torna uma atividade do cotidiano dos alunos e dos professores. Cabe aos professores melhorarem e atualizarem suas práticas de ensino, aprendendo e adaptando-se às novas tecnologias, bem como aproximando estas tecnologias dos alunos, propiciando também uma alfabetização científica dos mesmos.

Com este intuito, preparamos este texto em linguagem simples e de passos comedidos para introduzir a aquisição automática de dados, em laboratório didático de ensino de Física, usando a placa de som do microcomputador como interface entre ele e o experimento, um *software* que registra e armazena os dados coletados e os sensores como os órgãos sensoriais do microcomputador, que “sentem” as mudanças que ocorrem nos meios, conforme exemplos que seguem:

- os olhos → fototransistores, fotorresistores e fotodiodos.
- os ouvidos → microfones magnéticos e a eletreto.
- o tato → termistores, chaves interruptoras, botões *reset* e potenciômetros.

7.2 Sensores ou transdutores²²

Os **transdutores** são dispositivos que permitem a conversão de sinais, desde que pelo menos um dos sinais seja de natureza elétrica (Larousse, 1999). Em cibernética e em eletrônica são conhecidos como **sensores**, descritos como dispositivos da eletroeletrônica que têm a propriedade de transformar em sinal elétrico as alterações ocorridas numa determinada grandeza física, ou o inverso, que está relacionada a uma ou mais propriedades do material de que é feito o sensor.

Existem diferentes tipos de sensores, destacando-se entre eles, o fotodiodo, o fototransistor, e o fotorresistor para conversão luminoso-elétrica; a lâmpada e o diodo emissor de luz, ou LED, para conversão elétrico/luminosa; o microfone magnético, o microfone piezoeletrico e o eletreto para conversão sonoro-elétrica; o alto-falante e o fone piezoeletrico para conversão elétrico-sonora; as chaves interruptoras e *reset* para conversão mecânico-elétrica; os termistores NTC e PTC para a conversão térmico-elétrica e os motores e eletroímãs para conversão elétrico-mecânica.

Neste texto, que não é inédito nem *prima* pela precisão da linguagem científica nesta área, além de apresentarmos as características de alguns sensores previamente escolhidos, ou seja, a sua forma mais comum no mercado, a sua estrutura física e o seu funcionamento, apresentamos

²¹ Este trabalho teve início na disciplina de Novas Tecnologias no Ensino de Física 2006/1 do Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física da UFRGS.

²² Seção baseada em Silva et al (2005).

pequenas sugestões e observações que consideramos importantes e necessárias para um bom uso deles na coleta de dados, num laboratório didático no Ensino de Física, iniciando pelos fotodiodos.

7.2.1 Fotodiodos

Os fotodiodos são dispositivos eletrônicos feitos de um material semicondutor, normalmente de silício. Os fotodiodos possuem uma junção semicondutora, que tem a propriedade de variar a sua resistência elétrica em função da intensidade da luz (número de fótons) nela incidente. São normalmente usados na leitura de códigos de barra, pela sua rapidez de resposta, e para acionar alguns dispositivos eletroeletrônicos (controles-remotos, alarmes, trancas elétricas,...). A Figura 8 apresenta uma foto de diodos comerciais e o símbolo dele mais utilizado em circuitos.

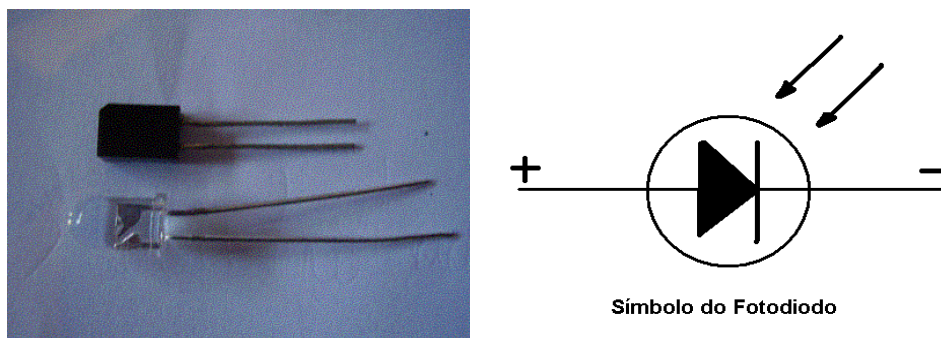


Figura 8: Foto e símbolo de diodos comerciais.

Com a ausência de luz e reversamente polarizado (ligado ao contrário dos diodos comuns), o fotodiodo não conduz corrente elétrica (apresenta resistência elétrica "infinita"). Se incidir luz na junção semicondutora do fotodiodo, a sua resistência elétrica diminui, havendo condução de corrente elétrica de microamperes até alguns miliamperes, algumas vezes o suficiente para acionar as portas digitais da placa de som de um microcomputador. Pelas suas características, o fotodiodo tem pouca indicação de uso num laboratório didático no ensino de Física, pois normalmente deve vir associado a um circuito amplificador de sinal.

7.2.2 Fotorresistores

Os fotorresistores são dispositivos fotoelétricos que variam muito a sua resistência elétrica com a variação da intensidade da luz nele incidente (de dezenas de ohms até milhões de ohms). Eles são muito sensíveis à luz, embora sejam considerados "lentos" em comparação aos fotodiodos, pois não conseguem detectar o "pisca" de lâmpadas fluorescentes, sendo também conhecidos como LDR (*Light Dependent Resistor*), fotocélula, célula fotocondutora, ou ainda, dispositivo do "olho eletrônico".

O fotorresistor normalmente é composto de uma cápsula plástica onde existe uma lâmina de sulfeto de cádmio, que é a substância sensível à luz; não são eletricamente polarizados, e, não

suportam a passagem de grandes correntes elétricas. Eles são usados para acionar, dispositivos eletro-eletrônicos como alarmes, trancas elétricas, portas, circuitos eletrônicos de partida,...

A Figura 9 apresenta uma foto de um fotorresistor comercial e o símbolo que costuma representá-lo em circuitos elétrico.

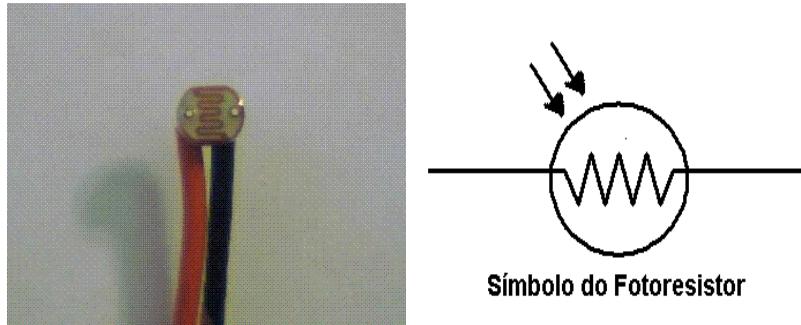


Figura 9: Foto e símbolo de fotorresistores comerciais.

Num laboratório didático de Física o uso do fotorresistor é bastante flexível. Por exemplo, ele pode ser usado:

- para determinar a intensidade relativa da luz nele incidente, através da sua resistência elétrica, que é inversamente relacionada ao quadrado da distância a uma fonte pontual de luz;
- para determinar os instantes em que ocorrem o início e o término do cruzamento de um móvel, como por exemplo um bloco de madeira deslizando, pelos feixes de luz que iluminam os fotorresistores, sendo possível a determinação de sua velocidade média.

Obs.: *Os fotorresistores são um pouco lentos na alteração de sua resistência elétrica, não servindo, por exemplo, para medir os intervalos de tempo entre o acender e o apagar de uma lâmpada fluorescente ($\Delta t < 0,01$ s).*

7.2.3 Fototransistores

Os fototransistores são dispositivos feitos normalmente de silício semicondutor. Eles possuem duas junções semicondutoras, que têm a propriedade de variar a sua resistência elétrica em função da intensidade da luz nelas incidentes. Por isso são chamados de **trans-resistores** (do inglês: *transference resistor*) **fotoelétricos**.

Os fototransistores são usados para acionar dispositivos eletro-eletrônicos como controles-remotos, alarmes, trancas elétricas, portas, circuitos eletrônicos de partida,... Com a ausência de luz e inversamente polarizadas, as junções não conduzem corrente elétrica, pois apresentam resistência elétrica "infinita". Se incidir luz ou radiação infravermelha nestas junções, a sua resistência elétrica diminui muito, havendo condução intensa de corrente elétrica.

A Figura 10 apresenta uma fotografia de um fototransistor comercial e o símbolo que costuma representá-lo em circuitos elétricos.

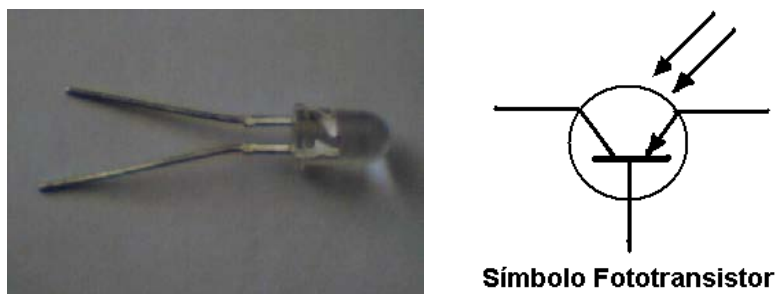


Figura 10: Foto e símbolo de um fototransistor comercial.

Pelas suas características, o fototransistor tem forte indicação de uso num laboratório didático no ensino de Física, pois suas variações de resistência elétrica são muito significativas. São usados:

- para determinar a intensidade relativa da luz incidente no fototransistor, relacionando-a com a sua resistência elétrica;
- para determinar os instantes de tempo em que ocorrem o início e o término do cruzamento, de um corpo extenso em movimento, com o(s) feixe(s) de luz que ilumina(m) o(s) fototransistor (es), sendo possível à determinação do tempo decorrido, de sua(s) velocidade(s) instantânea(s) e/ou sua(s) velocidade(s) média(s).

Observações:

- O fototransistor e o fotodiodo têm respostas mais rápidas à variação da intensidade da luz sobre eles do que os fotorresistores, servindo bem de sensores ópticos em eventos muito rápidos.
- O fototransistor permite correntes mais altas do que o fotodiodo.
- A fim de evitar a "interferência" da luz ambiente com a luz emitida por um LED ou uma pequena lâmpada incandescente para o fototransistor, coloca-se um pequeno tubo opaco ao seu redor. O mesmo pode ser feito ao redor da pequena lâmpada e do LED (*light emitter diode*) que o ilumina, para evitar que a luz emitida se disperse.
- O manuseio e soldagem do fototransistor, assim como no caso do fotodiodo, deve ser cuidadoso, pois, o aquecimento excessivo ou a inversão de seus conectores podem inutilizá-los completamente. Então, é preciso cuidado com a polarização correta no circuito.

7.2.4 Microfones e eletretos

Os microfones são dispositivos eletroeletrônicos que servem para converter energia (sinal) sonora (o) em energia (sinal) elétrica (o). Existem vários tipos de microfones no mercado, mas todos eles apresentam uma membrana flexível, chamada de **diafragma**. O diafragma entra em vibração ao receber as ondas sonoras, e esta vibração, por um processo específico, produz um sinal elétrico, que posteriormente é amplificado e filtrado em aparelhos eletrônicos.

A Figura 11 apresenta uma foto de microfones magnéticos, de eletretos comerciais e o símbolo que o representa em circuitos elétricos.

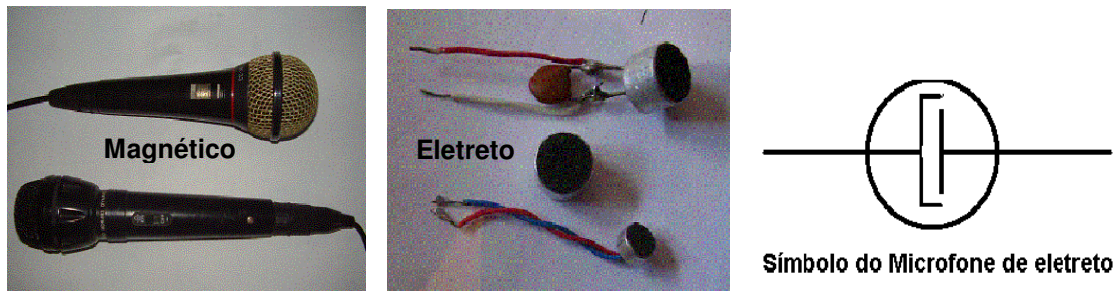


Figura 11: Fotos de microfones magnéticos, de eletretos comerciais e seu símbolo.

Os microfones apresentam diferentes sistemas de transformação de sinal sonoro em elétrico.

Se num microfone a transformação do sinal sonoro em sinal elétrico:

(a) usar uma bobina fixa a uma membrana e um ímã é chamado de "*microfone dinâmico de bobina móvel*", onde a indução eletromagnética na bobina gera a corrente elétrica. São mais caros e com impedâncias próximas a 600 ohms;

(b) usar um cristal piezelétrico fixo a uma membrana é chamado de "*microfone piezelétrico*", onde a deformação de um cristal gera a corrente elétrica. Produzem muitos ruídos e tem alta impedância;

(c) usar uma membrana metálica próxima a um eletreto é chamado de microfone de eletreto. O eletreto é um material de origem ferrosa que funciona como um condensador sempre polarizado. São os mais usados atualmente em microcomputadores, alarmes, interfones, pequenos transmissores, etc., porque são mais baratos, mais leves, muito mais resistentes a choques e a umidade. Tendo impedância próxima a 1500 ohms precisam de potencializador.

Muitas são as aplicações de um microfone num laboratório didático no ensino de Física, por exemplo:

- um único microfone pode ser usado para analisar o som recebido de uma fonte, em termos de altura e/ou intensidade e/ou timbre;

- um único microfone pode ser usado para indicar o instante em que ocorre o choque entre dois móveis que estão em movimento e em rota de colisão;

- um único microfone pode ser usado para indicar os instantes em que ocorrem os sucessivos choques de uma bolinha de pingue-pongue com uma superfície horizontal;

- dois microfones (estéreo), por exemplo, podem ser usados para determinar a velocidade do som no ar.

7.2.5 Potenciômetros

Os potenciômetros são dispositivos elétricos que têm a sua resistência elétrica alterada mecanicamente. Eles são também conhecidos como resistores variáveis, ou ainda, reostatos, sendo

muito usados para controlar as características de entrada/saída de aparelhos eletrônicos, como volume, balanço, graves, brilho, contraste, cor, tempo de funcionamento (em TV, rádios, dispositivos de CD e DVD, monitores, relógios,...).

A Figura 12 apresenta uma foto de potenciômetros comerciais e o símbolo representativo usual em circuitos elétricos.

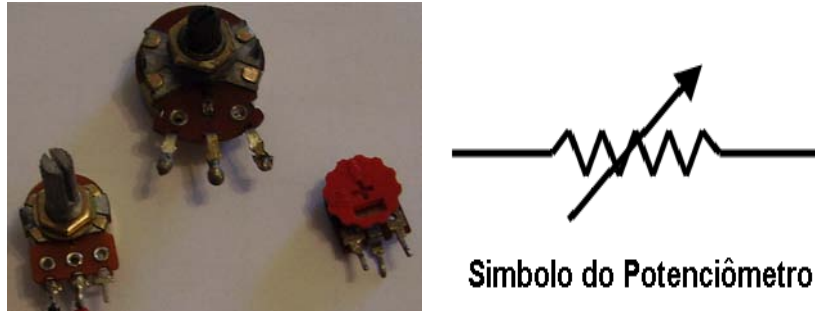


Figura 12: Foto de potenciômetros comerciais e seu símbolo representativo.

Os potenciômetros possuem internamente uma trilha resistiva (de níquel-cromo ou pó de carbono), sobre a qual desliza um **cursor**, que altera a resistência elétrica entre seu conector central e um dos dois laterais (normalmente são três conectores). Eles não são eletricamente polarizados.

Existem diversos tipos de resistores, dentre eles podemos destacar pelo seu funcionamento:

- se o **deslizamento do cursor** for *retilíneo*, o chamado *linear*, se for *circular*, o chamado *angular* (mais comum);

- se a **alteração da resistência elétrica do potenciômetro** for proporcional ao *deslocamento* ou à *rotação* do cursor, sua escala é dita *linear*; se for *proporcional ao logaritmo do deslocamento* ou *rotação* do cursor, sua escala é dita *logarítmica*.

Como exemplos de utilização de potenciômetros num laboratório didático no ensino de Física, podemos citar:

- um **potenciômetro retilíneo linear**, usado para determinar as posições lineares e medir os deslocamentos de um móvel, num trajeto retilíneo;

- um **potenciômetro angular linear**, usado para determinar as posições angulares e medir os deslocamentos angulares de um móvel, num trajeto circular ou curvilíneo (por exemplo, ao redor do eixo do potenciômetro angular, entre 0° e 240°), em movimentos com trajetórias semicirculares (como ocorre num pêndulo rígido).

7.2.6 Reed-switches

Os *reed-switches* são dispositivos que funcionam como interruptores (liga [1] / desliga [0]), acionados por campos magnéticos produzidos por ímãs ou eletroímãs dele aproximados.

O *reed-switch* é composto por uma cápsula de vidro e de duas lâminas de um material ferromagnético (ligas de níquel e ferro). As duas lâminas são colocadas muito próximas, sem que

haja contato entre elas, com uma das extremidades afixadas no vidro e mergulhadas num gás inerte, para não sofrerem oxidação ou deformação mecânica com o tempo. Para acionar o *reed-switch*, isto é, para haver contato elétrico entre as lâminas, **é necessário induzir a magnetização nas lâminas**, aproximando do *reed-switch* ou um pequeno ímã ou um eletroímã, fazendo com que as lâminas se atraiam magneticamente,

A Figura 13 apresenta uma foto de dois *reed-switches* comerciais e o símbolo que usualmente os representa em circuitos elétricos.

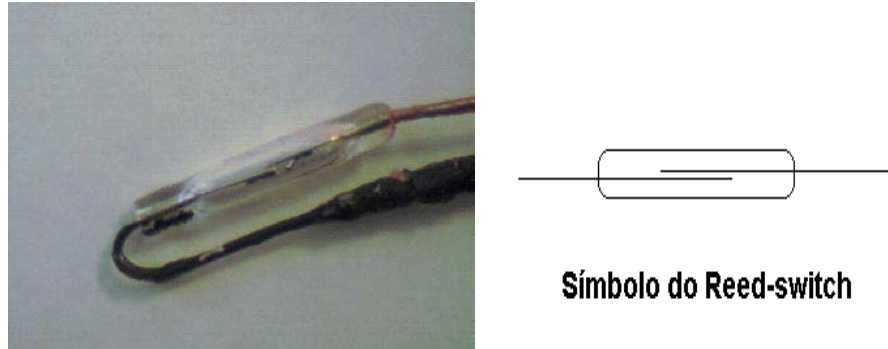


Figura 13: Foto de *reed-switches* comerciais e seu símbolo.

Os *reed-switches* são usados para acionar magneticamente, dispositivos eletroeletrônicos como alarmes, trancas elétricas, portas, circuitos eletrônicos de partida.

Num laboratório didático no ensino de Física, *reed-switches* podem ser usados, por exemplo:

- como um sensor de aproximação ou de afastamento de um móvel de um determinado ponto, já que o seu acionamento ocorre a pequenas distâncias de um ímã;
- para indicar a passagem de um móvel por um determinado, desde que exista um pequeno ímã fixo neste móvel.

Obs.: O manuseio e soldagem dos *reed-switches* devem ser cuidadosos, pois, a dilatação térmica e a torção mecânica dos conectores podem trincar ou quebrar a cápsula de vidro, inutilizando-o completamente!

7.2.7 Termistores

Os termistores são dispositivos elétricos que têm a sua resistência elétrica alterada termicamente, isto é, apresentam um valor de resistência elétrica para cada temperatura absoluta. Eles são muito usados para controlar/alterar a temperatura em dispositivos eletroeletrônicos, como alarmes, termômetros, "relógios", circuitos eletrônicos de compensação térmica, dissipadores de calor, ares-condicionados.

Existem dois tipos básicos de termistores: o **termistor PTC** (*Positive Temperature Coefficient*), que aumenta sensivelmente sua resistência elétrica com o aumento da temperatura, e, o

termistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*), que diminui sensivelmente a sua resistência elétrica com o aumento da temperatura. O termistor não é polarizado eletricamente.

A Figura 14 apresenta duas fotos de dois tipos de termistores comerciais e o símbolo representativo usual em circuitos elétricos.

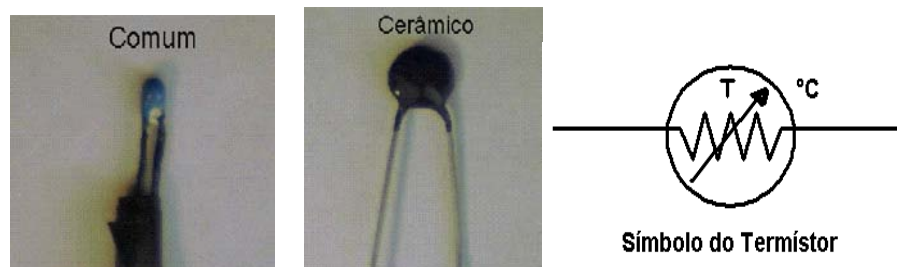


Figura 14: Fotos de termistores comerciais e seu símbolo.

Num laboratório didático no ensino de Física, um termistor NTC pode ser usado, por exemplo:

- para indicar a temperatura interna de uma sala ou de um ambiente qualquer;
- para indicar a temperatura atingida por uma amostra líquida, durante o seu aquecimento ou seu resfriamento lento (no ambiente);
- para disparar um sistema de aquecimento (aquários) ou resfriamento (refrigeradores e circuitos elétricos).

7.3 A placa de som de um microcomputador e conexões

Para a **aquisição automática de dados** é necessário, no mínimo, **um sensor** que “perceba” as alterações das características físicas de um meio, uma **interface** que realize a conversão do sinal analógico em digital e um **software** para registro e armazenamento de dados.

O uso de interfaces comerciais, que acompanham normalmente alguns *kits* de experimentos de aquisição automática de dados, ainda tem custo relativamente elevado para as escolas públicas e normalmente servem para apenas um experimento. Por isso, a utilização de interfaces que já existam nos microcomputadores das escolas de Ensino Médio favorece a implantação deste tipo de atividade, como a porta do *mouse*, a porta de impressora, a porta de *joystick* e das entradas e saída de áudio da placa de som do microcomputador.

7.3.1 A placa de som de um microcomputador

Em nosso trabalho escolhemos a **placa de som do microcomputador** como sendo a **interface** de conversão do sinal analógico/digital dos sensores em digital para a aquisição automática de dados, sendo que esta aquisição pode ser feita via **porta de joystick** ou das **entradas e saída de áudio** (HAAG, 2001). Nos computadores mais atuais, a porta de *joystick*, tipo conector DB15 não

mais acompanha a placa de som *on-board* e algumas *off-board*, sendo necessário adquirir uma nova placa de som que apresente a porta de *joystick* ou um adaptador para a porta USB, que está sendo intensamente utilizada atualmente (impressoras, *mouses*, *scanners*, *web-cams*, filmadoras,...).

A Figura 15 apresenta uma foto de uma placa de som atual, com porta de *joystick*, com entradas de áudio (*mic* e *line-in*) e com saídas de áudio (*line-out* e *speaker*), e, a Figura 16 representa a face externa da placa de som simples num microcomputador.

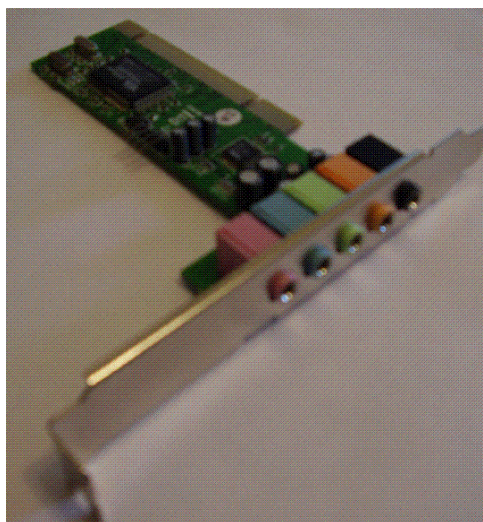


Figura 15: Foto de uma placa de som simples.

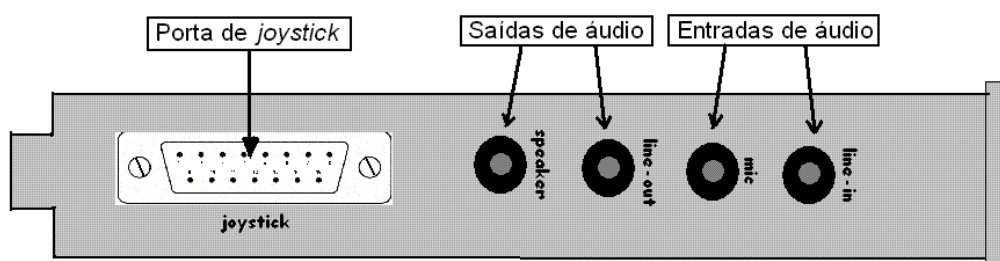


Figura 16: Face externa da placa de som num microcomputador.

Para aprofundar o estudo sobre o funcionamento da placa de som de um microcomputador acesse < <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html> >, onde encontrará diversas outras informações sobre o uso e exemplos de aplicação de novas tecnologias ao Ensino Médio, em hipertextos desenvolvidos pelo grupo de professores e pesquisadores do Instituto de Física da UFRGS.

7.3.2 O conector DB15 “macho”: numeração dos pinos

O sensor escolhido para a coleta de dados deve ser conectado a uma das portas existentes na entrada de *joystick*, da placa de som do microcomputador, através dos pinos existentes no conector DB15. A Figura 17 apresenta uma foto do conector DB15 “macho”.



Figura 17: Foto do conector DB15 “macho”.

A Figura 18 apresenta a numeração dos pinos do conector DB15 “macho”, visto de frente, com os pinos numerados de 1 a 15.

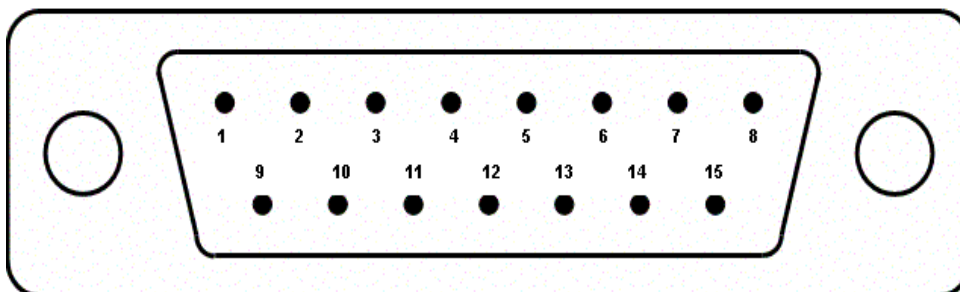


Figura 18: Numeração dos pinos do conector DB15 “macho”, vista de frente.

7.3.3 O conector DB15 “fêmea”: função dos pinos

Apenas para justificar as ligações a serem feitas no conector DB15, descrevemos na Tabela 6 a função de cada um dos pinos deste conector fêmea, existente na placa de som de um microcomputador. (Computadores novos normalmente não mais apresentam este conector.).

Tabela 6: Função dos pinos do conector DB15 (fêmea) da placa de som.

Pino	Função	Pino	Função	Pino	Função
1	+5 volts	6	Analógica 2	11	Analógica 3
2	Digital 1	7	Digital 2	12	Terra/Porta Midi
3	Analógica 1	8	+5 volts/sem uso	13	Analógica 4
4	Terra	9	+5 volts	14	Digital 4
5	Terra	10	Digital 3	15	+5 volts/Porta Midi

7.3.4 Conexão de um sensor numa entrada digital

No caso da conexão de um sensor numa entrada digital, ele deve ser conectado, primeiro, a **um dos pinos das portas digitais (2, 7, 10 ou 14)**, o qual apresenta o potencial elétrico mais elevado (+5 V), e depois, a **um dos pinos de terra (4 ou 5)**, o qual apresenta o potencial elétrico mais baixo (0 V).

Além das conexões citadas anteriormente, **deve-se fechar, pelo menos, duas portas analógicas**, para que o programa Aqdados 2.0 possa fazer uma leitura correta da(s) porta(s) digital(is) utilizada(s); para isto, conecte, com um fio condutor fino, os pinos 1, 3 e 6 (curto-circuito entre eles). A Figura 19 apresenta o esquema e a foto do conector DB15 “macho”, com ligações para a porta **Digital 1** da placa de som de um microcomputador.

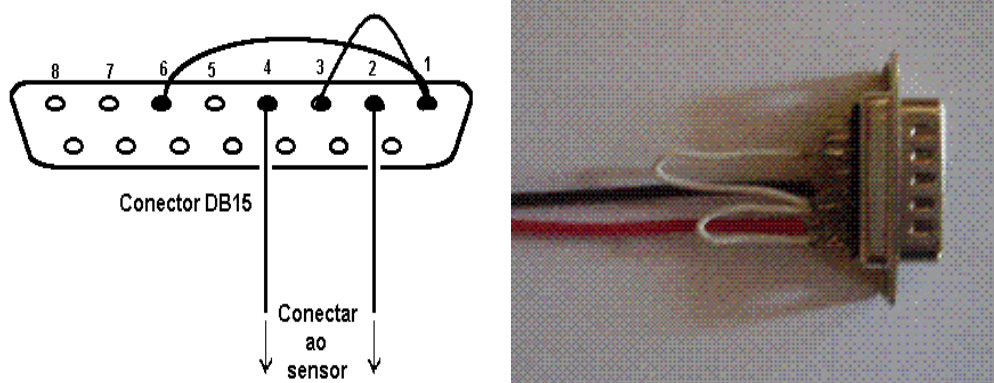


Figura 19: Esquema e foto do conector DB15 “macho”, com ligações para a porta Digital 1.

ATENÇÃO!

Tome muito cuidado, pois alguns sensores têm polaridade definida. Se mal conectados, estes sensores não funcionam e podem estragar (queimar).

7.3.5 Conexão de um sensor numa entrada analógica

No caso da conexão de um sensor numa entrada analógica, o sensor deve ser conectado, primeiro, a um dos pinos das portas analógicas (3, 6, 11 ou 13), o qual apresenta o potencial elétrico mais baixo (0 V), e depois, a um dos pinos de tensão (+5 V) (1, 8 ou 9), o qual apresenta o potencial elétrico mais alto (+5 V). Além das conexões citadas anteriormente, deve-se fechar uma porta analógica, para que o programa Aqdados 2.0 possa fazer uma leitura correta da(s) porta(s) analógica(s) utilizada(s), para isto, conecte, com um fio condutor fino, os pinos 1 e 6 (curto-circuito entre eles). A Figura 20 apresenta o esquema do conector DB15 “macho”, com ligações para a porta **Analógica 1** da placa de som de um microcomputador.

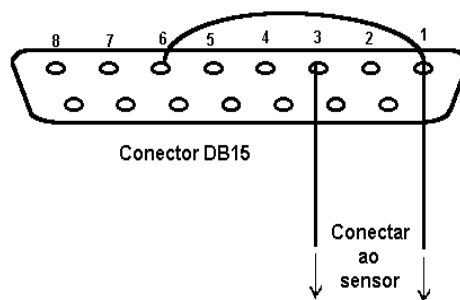


Figura 20: Esquema do conector DB15 “macho”, com ligações para a porta **Analogica 1**.

7.4 Coleta de Dados

O uso da placa de som do microcomputador deve ser acompanhado de um *software* específico para a aquisição de dados, que instrua o computador: (1º) de onde ele deve buscar os dados; (2º) como ele deve armazenar estes dados; (3º) como ele deve apresentar estes dados. As linguagens mais comuns destes *softwares* são Visual Basic, Pascal e Delphi.

Pela simplicidade e versatilidade de uso, escolhemos o *software* **Aqdados 2.0** (SILVA, 2008), escrito em linguagem Delphi, que coleta dados através das quatro portas analógicas e digitais, existentes na entrada de *joystick* da placa de som de um microcomputador (no conector DB15), e armazena os dados num arquivo do tipo "**dados.dat**". Este *software* foi elaborado no IF-UFRGS, estando disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/software/ives.html> >.

Para coletar os dados de um experimento utilizando o *software* **Aqdados**, após conectar o sensor na porta digital / analógica (através do conector DB15), deveremos:

- (1º) acessar o programa Aqdados 2.0, clicando o ícone do *software*, aparecendo, então, a tela do programa, como mostra a Figura 21.
- (2º) em “Entradas” : selecionar, com um clique, a porta a ser usada na coleta de dados (Analog1, Analog2,...).
- (3º) em “Número de Medidas”, digitar o número de medidas a serem coletadas (50, 200, 500, 1000,...).
- (4º) em “Delay”, escolher o intervalo de tempo entre duas “coletas” (de 5,0 ms a 1,0 s).
- (5º) clicar em “Coletar”, iniciando a coleta de dados (junto com o experimento escolhido).
Aguardar o final da coleta de dados.
- (6º) depois de encerrada a coleta de dados, o programa abre a janela “Salvar como”, onde deve ser nomeado o arquivo do tipo “**dados.dat**” e salvo em local apropriado, podendo ser aberto, posteriormente, numa planilha eletrônica (do tipo Excel).
- (7º) clique em “Ajustar Visualização” , para ter uma visão geral das medidas efetuadas, através do “Gráfico medidas versus resistência (u.a.)”.

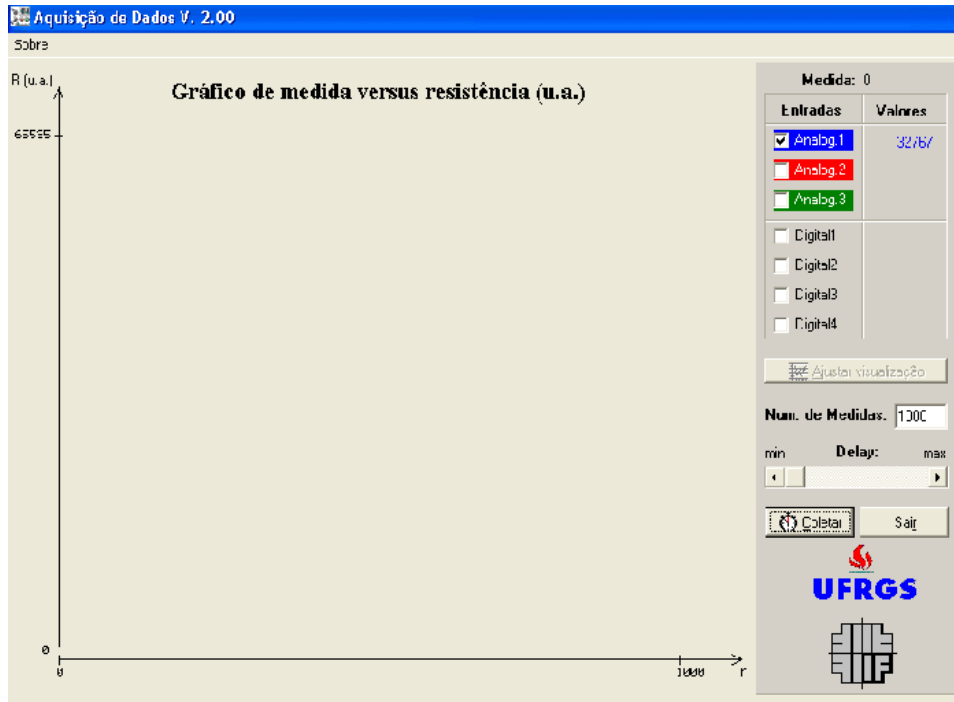


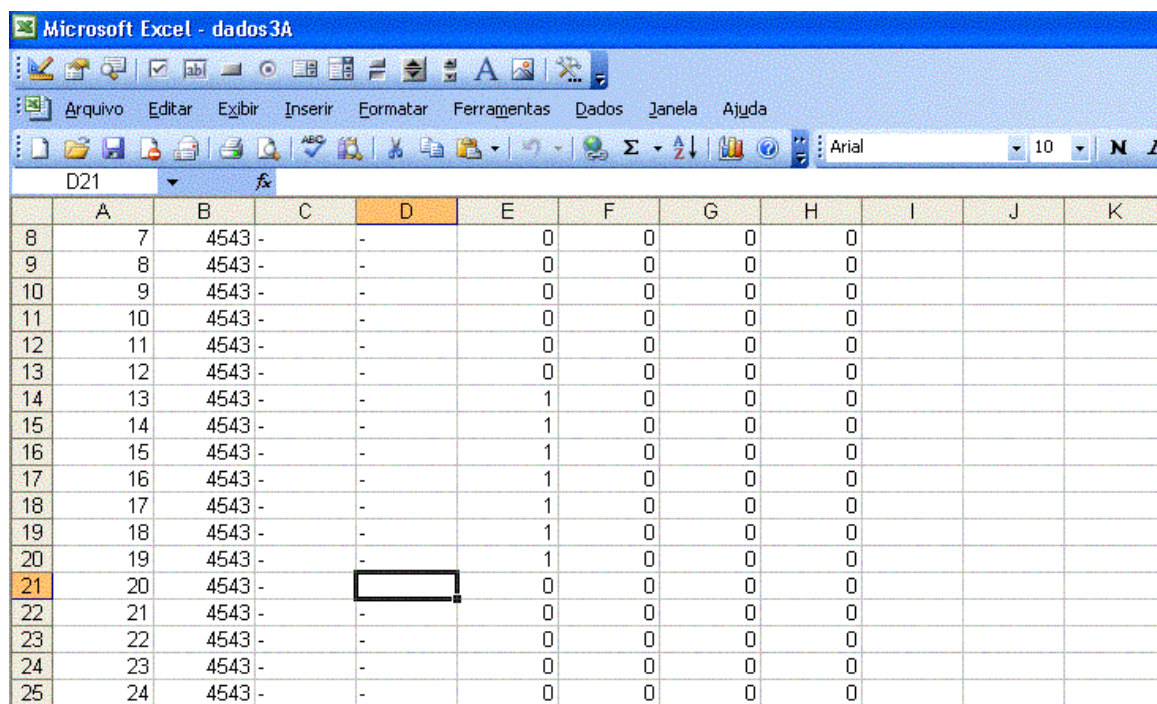
Figura 21: Tela do programa Aqdados 2.0.

7.5 Importação de Dados

Os passos a serem seguidos para a importação de dados descrita adiante deve ser aplicada somente para o caso de utilização do *software Aqdados*, ou **outro** software que coleta os dados num arquivo do tipo **dados.dat**. Neste caso, o arquivo deve ser aberto numa planilha eletrônica, como a planilha Excel, para análise e manipulação dos dados obtidos de um experimento, além de permitir a construção de gráficos (VEIT et al., 2008).

Para importar os dados para a planilha Excel, de um arquivo tipo dados.dat:

- (1°) acesse a planilha Excel.
- (2°) no menu, selecione em Arquivo => Abrir => “selecionar arquivo” => dados.dat.
- (3°) no Assistente de Importação, selecione => Avançar => Concluir.
- (4°) aparecendo a planilha, como mostra a Figura 22, é só “Salvar”, nomeando o arquivo (“dados”) como uma planilha do Excel, para análise e manipulação dos dados posteriormente.



Microsoft Excel - dados3A

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
8	7	4543 -	-	0	0	0	0	0			
9	8	4543 -	-	0	0	0	0	0			
10	9	4543 -	-	0	0	0	0	0			
11	10	4543 -	-	0	0	0	0	0			
12	11	4543 -	-	0	0	0	0	0			
13	12	4543 -	-	0	0	0	0	0			
14	13	4543 -	-	1	0	0	0	0			
15	14	4543 -	-	1	0	0	0	0			
16	15	4543 -	-	1	0	0	0	0			
17	16	4543 -	-	1	0	0	0	0			
18	17	4543 -	-	1	0	0	0	0			
19	18	4543 -	-	1	0	0	0	0			
20	19	4543 -	-	1	0	0	0	0			
21	20	4543 -	-	0	0	0	0	0			
22	21	4543 -	-	0	0	0	0	0			
23	22	4543 -	-	0	0	0	0	0			
24	23	4543 -	-	0	0	0	0	0			
25	24	4543 -	-	0	0	0	0	0			

Figura 22: Tela de importação de dados da planilha Excel.

8 - Relações entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno

8.1 Introdução

A análise dos dados obtidos em medições de grandezas físicas selecionadas para caracterizar um determinado evento e o estudo do seu comportamento frente às outras grandezas são de grande importância nas ciências em geral, principalmente nas ditas exatas. A Física, a Engenharia, a Química, e outras utilizam estes conhecimentos para a descrição e melhor compreensão das propriedades do universo que nos rodeia. A partir de uma coleta de dados é possível fazer previsões, extrapolações e sugerir aplicações que poderão ser utilizados para simplificar, agilizar ou aumentar a qualidade de vida do ser humano neste mundo.

8.2 Relações entre duas grandezas físicas

Em muitos eventos é possível selecionar apenas duas grandezas para análise, observando o comportamento de uma delas em função da outra. Para facilitar e organizar a análise, e a observação do comportamento destas grandezas, normalmente as medições realizadas resultam em dados dispostos em uma tabela. Outra maneira interessante de apresentar o comportamento destas grandezas físicas é sob a forma gráfica, utilizando o plano cartesiano, onde muitas vezes a relação entre as grandezas é percebida mais rapidamente, pois estes gráficos permitem uma visão mais geral do comportamento das duas grandezas físicas. O gráfico (diagrama de dispersão) permite que se visualize a forma do relacionamento entre duas variáveis, possibilitando também que se proponha alguma(s) função (ões) que reproduza(m) de forma mais ou menos aproximada o comportamento observado no gráfico.

Neste texto nos limitamos à introdução ao estudo das relações entre grandezas físicas, procurando caracterizar as relações diretamente e inversamente proporcionais, que poderão ser estendidas para outras relações mais complexas entre as grandezas físicas envolvidas.

8.3 Relações diretamente proporcionais

Para caracterizar uma relação diretamente proporcional, vamos considerar uma mola helicoidal plástica (pode ser uma espiral de encadernação) que se deforma ao equilibrar um corpo suspenso a ela. Quando o corpo atingir o equilíbrio, permanecendo em repouso, a força responsável pela deformação da mola tem o mesmo valor do peso do corpo suspenso. Variando-se o peso do corpo suspenso, pode-se sujeitar a mola a forças deformadoras diferentes. Por exemplo, no início, a mola suportava apenas um recipiente leve. Depois, foram acrescentadas diversas bolinhas a este

recipiente e medidas as elongações (deformações) produzidas pelas bolinhas sobre a mola, utilizando uma régua, como mostra a Figura 23.

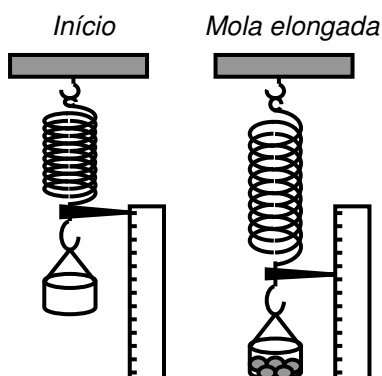


Figura 23: Mola suspensa.

A Tabela 7 apresenta os registros do experimento com a mola, relacionando o módulo do peso das bolinhas (**F**) suspensas na mola e as elongações na mola (**x**) produzidas pelas bolinhas suspensas.

Tabela 7: Peso aplicado x elongação da mola.

Módulo do peso das bolinhas (F) (gf)	Elongação da mola (x) (cm)
5,0	1,4
10,0	2,9
15,0	4,4
20,0	5,8
25,0	7,2

Analisando estes registros, é possível verificar que a **razão** determinada entre **F** e **x** em cada situação, se mantém praticamente **constante**, próxima a 3,5, isto é:

$$\frac{5,0}{1,4} \cong 3,6; \quad \frac{10,0}{2,9} \cong 3,4; \quad \frac{15,0}{4,4} \cong 3,4; \quad \frac{20,0}{5,8} \cong 3,4; \quad \frac{25,0}{7,2} \cong 3,5$$

Também é possível verificar que:

dobrando **F** → **x** torna-se aproximadamente o dobro

triplicando **F** → **x** torna-se aproximadamente o triplo

quadruplicando **F** → **x** torna-se aproximadamente o quádruplo

.....

multiplicando N vezes **F** → **x** torna-se aproximadamente N vezes maior

Colocando-se os registros da Tabela 7 num plano cartesiano, onde cada par de valores gera um ponto, obteremos uma **curva** que tende a uma **reta** que passa pela **origem** dos eixos coordenados, sendo o módulo do peso das bolinhas (**F**) colocado no eixo das ordenadas (vertical) e a alongação da mola (**x**) colocado no eixo das abscissas (horizontal), como mostra a Figura 24.

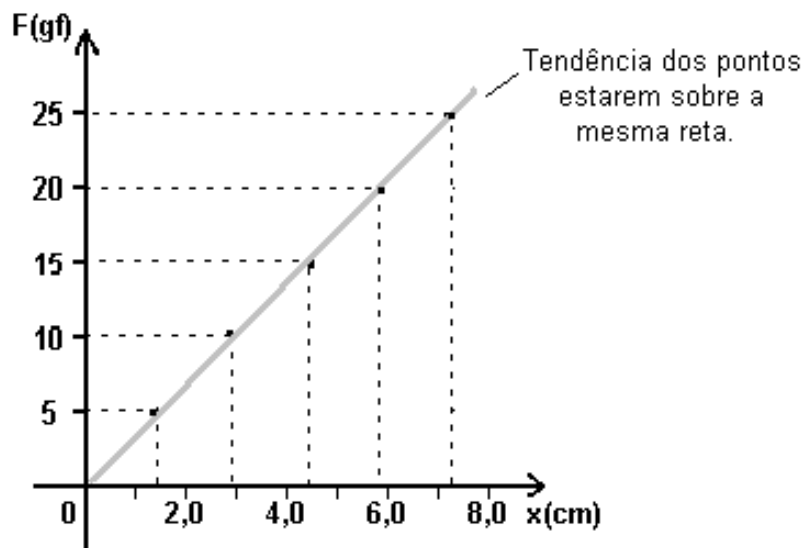


Figura 24: Gráfico de uma relação diretamente proporcional.

Neste caso podemos dizer que a alongação da mola (**x**) tende a ser **diretamente proporcional** ao módulo do peso das bolinhas (**F**), dentro dos limites apresentados, e podemos descrevê-la de forma reduzida, utilizando-se o símbolo “ α ”, isto é:

$$\frac{F}{x} \cong \text{constante} \quad \text{ou} \quad F \alpha x$$

Observações:

A relação de proporcionalidade pode ser estendida procurando-se outras expressões matemáticas que tendam a esta relação, dentro de limites definidos, como o período elevado ao quadrado de um pêndulo “simples” em função do seu comprimento, desde que para pequenos ângulos de oscilação e não muito pequenos comprimentos do fio comparado ao tamanho do corpo suspenso, ou como a distância percorrida por uma esfera em função do quadrado dos tempos decorridos em sua queda livre, a pequenas alturas com altas densidades absolutas. Este *processo de linearização* pode auxiliar na observação de outras relações de proporcionalidade entre grandezas, físicas além da proporcionalidade direta.

A Figura 25 mostra um exemplo deste *processo de linearização*, procurando estabelecer, primeiro, uma relação entre o período do pêndulo “simples” (T) e o comprimento (L) do seu fio, depois entre o quadrado do seu período (T^2) e o comprimento (L) do seu fio.

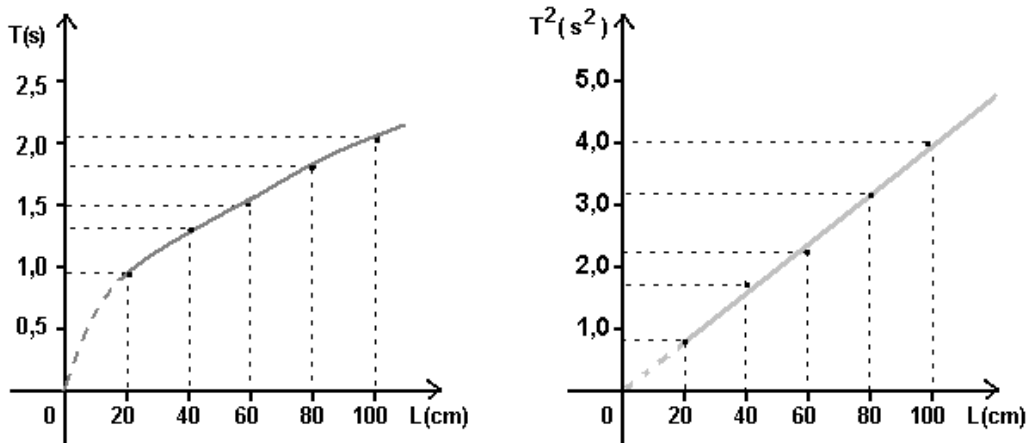


Figura 25: Linearização gráfica de uma relação quadrática (pêndulo).

8.4 Relações inversamente proporcionais

Para caracterizar uma relação inversamente proporcional, vamos considerar um objeto luminoso (uma lâmpada fluorescente de 10 cm) colocado em frente ao orifício de uma câmara escura (de profundidade 15 cm) e a conseqüente formação de sua imagem, projetada e invertida, dentro desta câmara. A Figura 26 apresenta um esquema desta formação de imagem.

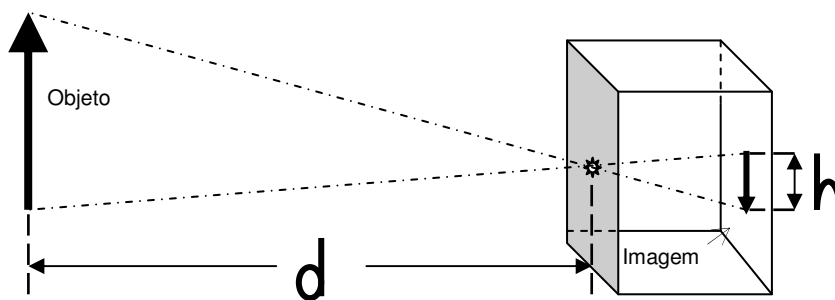


Figura 26: Imagem numa câmara escura.

Observa-se que alterando a distância do objeto (d) ao orifício da câmara escura, também é alterada a altura da imagem (h) do objeto formada nesta câmara.

A Tabela 8 apresenta os registros de um experimento semelhante realizado com uma câmara escura, relacionando a distância do objeto (d) ao orifício da câmara escura e a altura da imagem (h) do objeto formada dentro desta mesma câmara escura.

Tabela 8: Altura da imagem do objeto em função da distância do objeto ao orifício da câmara.

Distância do objeto (d) (cm)	20	30	40	60	90
Altura da imagem (h) (cm)	7,4	5,1	3,8	2,4	1,7

Analisando os registros da Tabela 8, é possível verificar que o **produto** determinado entre a distância do objeto (**d**) ao orifício da câmara e a altura imagem (**h**) do objeto em cada situação, **se mantém aproximadamente constante**, isto é:

$$\begin{aligned}
 20 \text{ cm} \cdot 7,4 \text{ cm} &\cong 148 \text{ cm}^2 & 30 \text{ cm} \cdot 5,1 \text{ cm} &\cong 153 \text{ cm}^2 & 40 \text{ cm} \cdot 3,8 \text{ cm} &\cong 152 \text{ cm}^2 \\
 60 \text{ cm} \cdot 2,5 \text{ cm} &\cong 150 \text{ cm}^2 & 90 \text{ cm} \cdot 1,7 \text{ cm} &\cong 153 \text{ cm}^2 & & \\
 \mathbf{d \cdot h} &\cong \mathbf{constante} & &\cong \mathbf{151 \text{ cm}^2} & &
 \end{aligned}$$

Também é possível verificar que:

- dobrando **d** → **h** torna-se aproximadamente a metade
- triplicando **d** → **h** torna-se aproximadamente um terço
- quadruplicando **d** → **h** torna-se aproximadamente um quarto

.....
multiplicando N vezes **d** → **h** torna-se aproximadamente N vezes menor

Colocando-se os registros da Tabela 8 num plano cartesiano, obteremos aproximadamente uma **curva** denominada **hipérbole**, que é assíntona aos dois eixos coordenados (se aproxima deles sem nunca cruzá-los). Sendo **h** a altura da imagem formada em cada situação colocada no eixo das ordenadas (vertical) e **d** a distância do objeto ao orifício da câmara escura colocada no eixo das abscissas (horizontal), teremos um gráfico aproximado do mostrado na Figura 27.

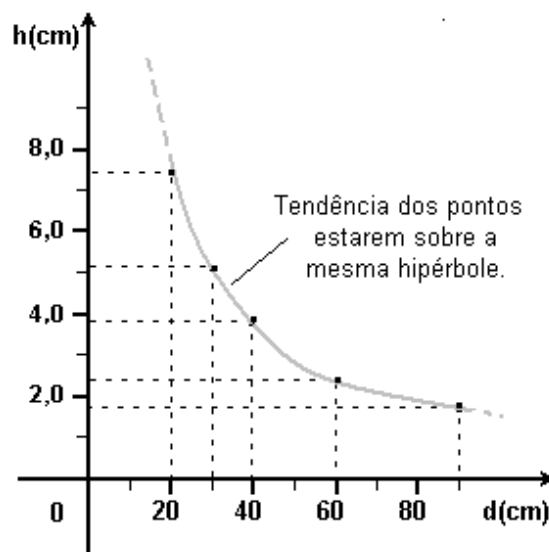


Figura 27: Gráfico de uma relação inversamente proporcional.

Neste caso podemos dizer que a altura da imagem (**h**) formada na câmara escura tende a ser **inversamente proporcional** à distância do objeto (**d**) ao orifício da câmara, e, podemos descrevê-la de forma reduzida, utilizando o símbolo “ \propto ”, conforme segue:

$$d \times h \cong \text{constante} \quad \text{ou} \quad h \propto 1 / d$$

Observação:

Uma relação inversamente proporcional entre duas grandezas físicas pode ser entendida como uma relação diretamente proporcional entre uma das grandezas físicas e o inverso da outra.

Construímos uma nova tabela, a Tabela 9, compilando os registros da primeira linha da Tabela 8 e colocando os inversos dos valores da segunda linha desta tabela ($1/h$).

Tabela 9: Inverso da altura da imagem em função da distância do objeto ao orifício da câmara.

Distância do objeto (d) (cm)	20	30	40	60	90
Inverso da altura da imagem ($1/h$) (1 / cm)	0,14	0,20	0,26	0,42	0,59

Colocando-se os registros da Tabela 9 num plano cartesiano, obteremos aproximadamente uma **reta inclinada** que tende a passar pela **origem** dos eixos coordenados. Neste plano cartesiano, o inverso da altura da imagem ($1/h$) é colocado no eixo das abscissas e, a distância do objeto (**d**) ao orifício da câmara é colocada no eixo das ordenadas, como mostra a Figura 28.

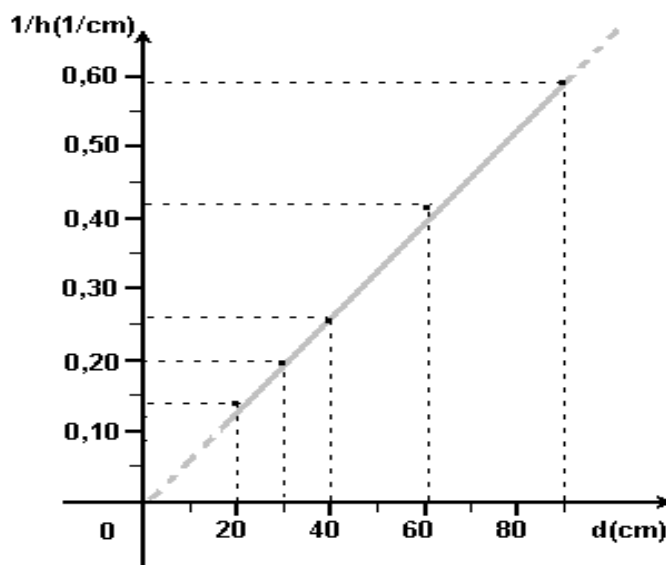


Figura 28: Gráfico de uma relação diretamente proporcional.

8.5 Grandezas físicas independentes

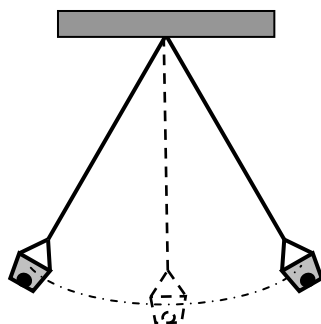


Figura 29: Pêndulo usado.

Para caracterizar a inexistência de relação entre duas grandezas físicas, vamos considerar que um pêndulo tenha a sua massa alterada diversas vezes, alterando-se o número de bolinhas contidas num pequeno copo suspenso por um fio, sem alterar o seu comprimento e a sua amplitude de oscilação. Em cada uma destas vezes, foram medidos o período de oscilação e a massa do pêndulo, utilizando-se um cronômetro digital e uma balança de prato para isto. Veja a Figura 29.

A Tabela 10 apresenta os registros do experimento, relacionando a massa do pêndulo (m) e o respectivo período de oscilação (T).

Tabela 10: Período de oscilação do pêndulo em função de sua massa.

Massa do pêndulo m (g)	5	10	15	20	25
Período do Pêndulo T (s)	1,48	1,47	1,48	1,48	1,49

Analisando estes registros, é possível verificar que **período** de oscilação do pêndulo (T) se mantém praticamente **constante**, não se alterando (significativamente) com a alteração significativa de sua massa (m) em cada situação.

Colocando-se os registros da Tabela 10 num plano cartesiano, obteremos os pontos praticamente perfilados uma mesma **reta**, que é paralela ao eixo das ordenadas, quando o **período** de oscilação do pêndulo (T) é colocado no eixo das ordenadas e a massa do pêndulo (m), em cada situação, é colocada no eixo das abscissas, como mostra a Figura 30.

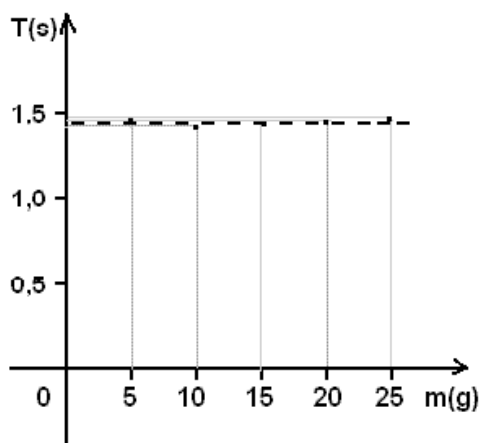


Figura 30: Gráfico de duas grandezas independentes.

9 - Noções sobre o método de ajuste de funções

9.1 Introdução

Em atividades experimentais é comum a coleta de um conjunto de dados em uma tabela de pares ordenados que posteriormente são sintetizados em uma expressão matemática (função) capaz de descrever a relação entre as variáveis estudadas experimentalmente. O primeiro problema é escolher a função que relaciona as variáveis investigadas. Para tanto, leva-se em conta o conhecimento teórico que se tem sobre o sistema em estudo. Escolhida uma função, (por exemplo, uma função linear), busca-se a seguir a determinação dos parâmetros da função (no caso da função linear o coeficiente angular e o coeficiente linear). Este procedimento é conhecido como **ajustamento de funções** ao conjunto de dados ou método de regressão.

Existem muitos **métodos de ajustamento** de funções que podem ser utilizados para a determinação dos parâmetros da função de ajustamento. Discutiremos o **Método dos Mínimos Quadrados** que, além de ser consagrado como um método de ajuste, possuindo solução analítica para funções lineares nos parâmetros, pode ser facilmente realizado com auxílio de uma planilha eletrônica como, por exemplo, uma planilha Excel.

9.2 Ajuste linear através do Método dos Mínimos Quadrados

O **Método dos Mínimos Quadrados** é uma técnica de otimização matemática que procura encontrar o melhor ajustamento para um conjunto de dados experimentais (isto é, encontrar os parâmetros de uma específica função de ajustamento), minimizando o *somatório dos quadrados dos resíduos*. (Resíduo é a diferença entre o valor obtido experimentalmente e o valor estimado pela equação de ajustamento ou de *regressão*.) (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

Um *requisito implícito* para o *método dos mínimos quadrados* funcionar é que os *erros* em cada medida sejam *distribuídos aleatoriamente* com *função densidade gaussiana*, e que os resíduos sejam *independentes*. O *Teorema Gauss-Markov* garante (embora indiretamente) que o *estimador de mínimos quadrados EMQ* é o *estimador não-enviesado* da *variância mínima linear* na variável resposta. (WIKIPEDIA, 2008b).

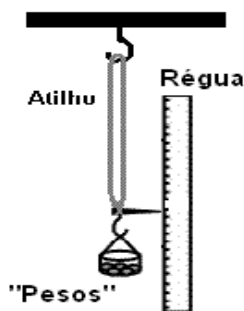


Figura 31: Experimento do atilho.

Visando evitar o formalismo matemático, preferimos exemplificar o uso prático deste método no caso linear. O método é generalizável para outras funções de ajustamento ou outras linhas de tendência.

Utilizaremos os dados coletados no “esticar” de um “atilho de borracha” (muito utilizado para prender dinheiro). O experimento constitui-se em estudar como varia o comprimento do atilho em função da força que o deforma. Veja a Figura 31.

Partindo da tabela com dados obtidos no experimento do atilho, podemos iniciar o levantamento de algumas possíveis funções lineares que descrevam os resultados nela obtidos. A escolha da melhor função que se ajuste aos dados será realizada inicialmente traçando a “olho”, ou seja, com auxílio de uma régua traçar uma reta que passe por perto dos pontos experimentais, e depois determinar os parâmetros dessa reta. A medida da qualidade do ajuste da reta escolhida será a soma dos quadrados dos resíduos (**SQ**) (SILVEIRA e OSTERMANN, 2002).

A Tabela 11 apresenta os valores medidos para o comprimento do atilho (**L**) em função da intensidade da força longitudinal (**F**) aplicada nele.

Tabela 11: Comprimento do atilho em função da força aplicada.

Intensidade da força aplicada F (gf)	0	100	200	300	400	500
Comprimento do atilho L(cm)	8,0	10,0	14,0	19,0	25,0	29,0

Utilizando os dados da Tabela 11, construímos o gráfico do comprimento do atilho **L** em função da intensidade da força aplicada **F**, como mostra a Figura 32. Há razões teóricas para se admitir que **L** seja uma função linear de **F** e o gráfico da Figura 32 é razoavelmente consistente com tal pressuposto.

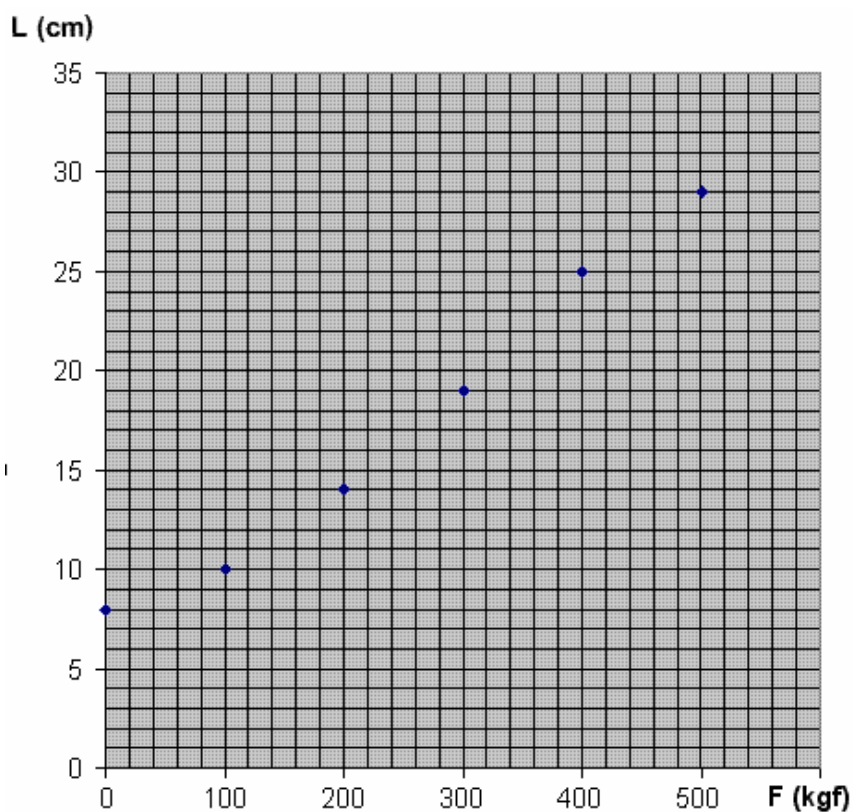


Figura 32: Gráfico do comprimento do atilho **L** em função da intensidade da força **F** aplicada nele.

Com o auxílio de uma régua, traçamos a “olho” três retas de ajuste, procurando produzir a melhor aproximação para os pontos indicados no gráfico. Todas elas se ajustam aproximadamente ao conjunto de pontos do gráfico conforme mostra a Figura 33.

Apenas para a **reta S** mostramos, passo a passo, como calcular o *coeficiente linear* (b), o *coeficiente angular* (a), a *equação reduzida* da reta traçada ($L' = a.F + b$), o *resíduo* (r) para cada um dos pontos desta reta e a *soma dos quadrados dos resíduos* (SQ). Para as **retas t** e **u** apresentamos apenas os resultados obtidos destes cálculos para estas retas.

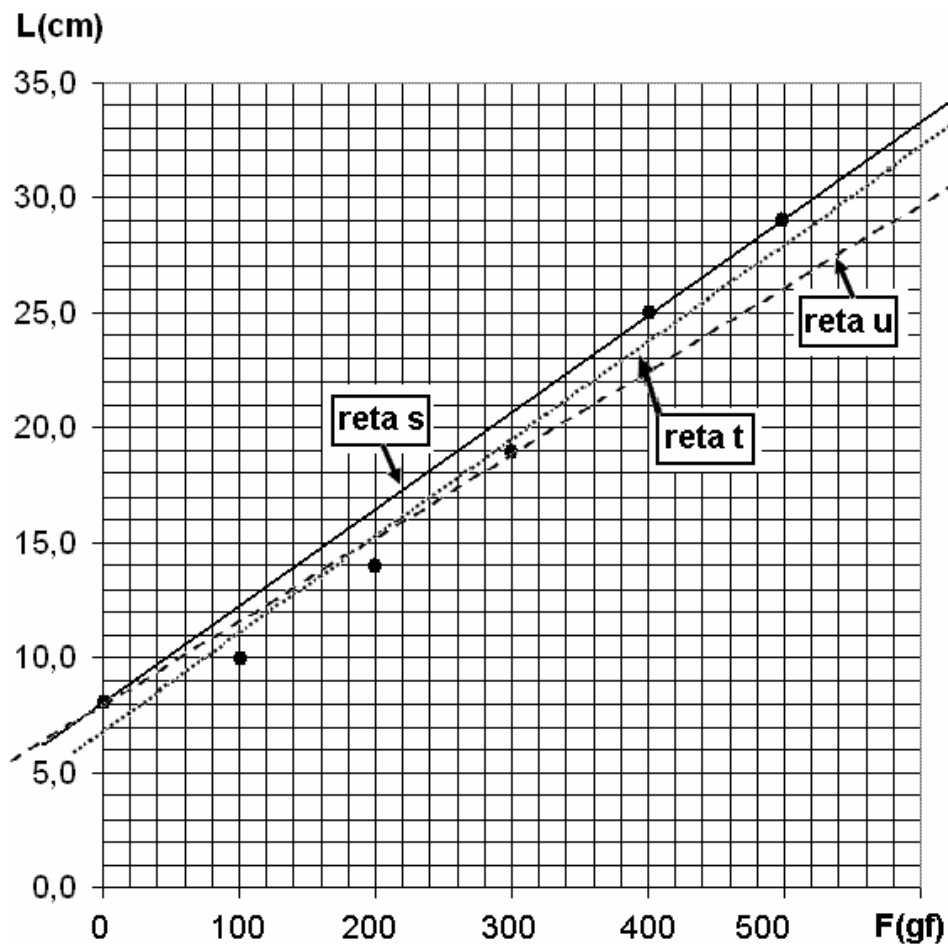


Figura 33: Gráfico das retas **S**, **t** e **u**.

Coeficiente angular da reta S: $a = (29 - 8)/500 = 0,042 \text{ cm/gf}$

Coeficiente linear da reta S: $b = 8,0 \text{ cm}$

Equação da reta S: $L'_s = 0,042.F + 8,0 \text{ cm}$

A Tabela 12 apresenta o processo de determinação de SQ para a **reta S**.

Tabela 12: SQ da reta **S**.

F (gf)	L (cm)	$L' = 0,042.F + 8,0$ (cm)	Resíduo: $r = (L - L')$	Quadrado do resíduo (r^2).
0,0	8,0	8,0	0,0	0,00
100	10,0	12,2	-2,2	4,84
200	14,0	16,4	-2,4	5,76
300	19,0	20,6	-1,6	2,56
400	25,0	24,8	0,2	0,04
500	29,0	29,0	0,0	0,00
Soma dos quadrados dos resíduos (SQ)				13,2

Para as **retas t** e **u** apresentaremos apenas os resultados obtidos, sem indicar os cálculos envolvidos.

A Tabela 13 apresenta para cada uma das **retas, s, t e u**, o *coeficiente linear* (**b**), o *coeficiente angular* (**a**), a *equação reduzida* da reta traçada ($L' = a.F + b$) e a *soma dos quadrados dos resíduos* (**SQ**).

Tabela 13: Parâmetros das retas **S, t e u**.

Parâmetros das retas	Reta s	Reta t	Reta u
Coeficiente linear (cm)	8,0	7,0	8,0
Coeficiente angular (cm/gf)	0,042	0,042	0,036
Equação reduzida ($L' = a.F + b$ cm)	$L' = 0,042.F + 8,0$ cm	$L' = 0,042.F + 7,0$ cm	$L' = 0,036.F + 8,0$ cm
Soma dos quadrados dos resíduos (SQ)	13,2	7,2	19,8

Analisando as retas traçadas, **s, t e u**, podemos verificar que todas elas parecem produzir ajuste aos resultados experimentais de qualidade semelhante. Tomando como critério de bondade do ajuste ao somatório dos quadrados dos resíduos (SQ), notamos que a **reta t** produz o **melhor ajustamento** aos resultados experimentais, em relação às outras duas, pois o valor calculado para a reta **t** resultou em **SQ = 7,2** que é menor do que os outros dois (13,2 e 19,8). Mas será que não existe alguma outra reta para a qual SQ resulte inferior a 7,2? Ou ainda, qual será a reta que leva ao mínimo o valor de SQ? A melhor resposta para estas perguntas seria que provavelmente encontraríamos outra reta para a qual SQ resultasse inferior a 7,2 se ajustando aos resultados experimentais (com qualidade semelhante), pois a nossa escolha das três retas de ajuste foi, a princípio, a “olho”, sendo que procuramos “sem grande precisão” produzir a melhor aproximação para

os pontos indicados no gráfico da Figura 32. A reta que minimiza SQ é chamada de *reta dos Mínimos Quadrados* ou a *reta de regressão* (SILVERIA e OSTERMANN, 2002).

Observações importantes:

(1ª) Quando todos os pontos estiverem sobre a reta, $SQ = 0$.

(2ª) Quando conseguirmos obter o menor valor possível para SQ (SQ_{min}), teremos determinado a chamada “reta de regressão” ou “reta dos mínimos quadrados”.

Cabe ainda ressaltar que o **método dos mínimos quadrados** pode ser generalizado para qualquer função de ajustamento, como exponenciais e polinomiais, além da função linear (nosso objetivo).

9.3 Uma representação geométrica para o Método dos Mínimos Quadrados

O resíduo r calculado para um ponto do gráfico obtido por este método representa a *diferença* entre o *valor obtido experimentalmente* e o *valor determinado pela equação de regressão*. Quando elevamos este resíduo ao quadrado (r^2), geometricamente teremos calculado a área do quadrado de lado r , sobre o plano cartesiano, para cada um dos pontos do gráfico (P1, P2, P3, P4 e P5). A Figura 34 representa estas áreas para os pontos 1, 2, 3, 4 e 5, que serão maiores quando o ajustamento é pior.

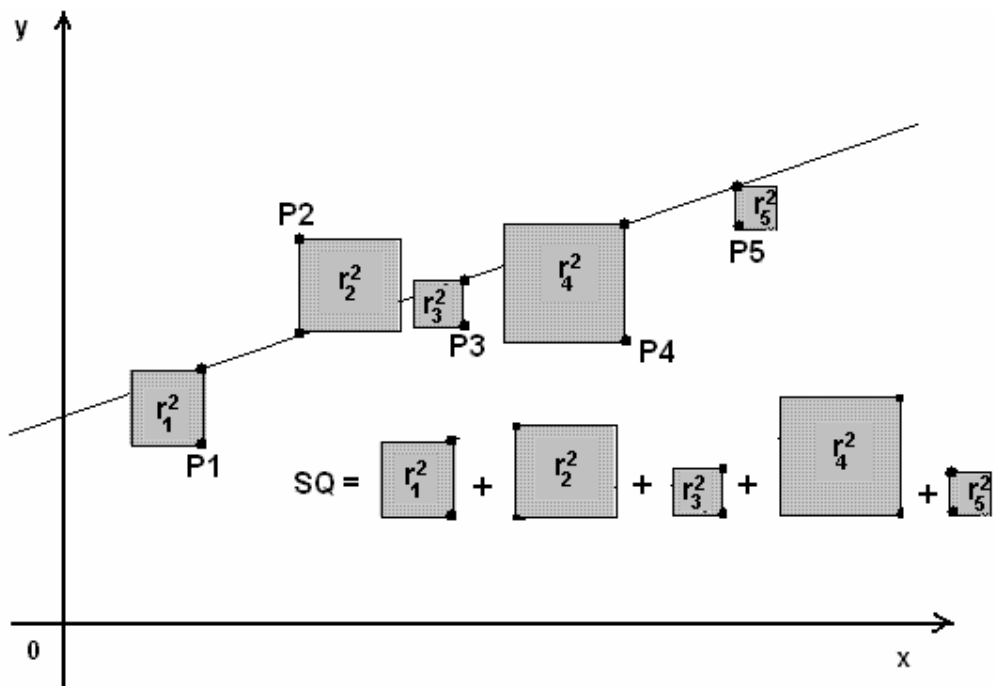


Figura 34: Áreas equivalentes aos resíduos de cada um dos pontos do gráfico.

Note que a área dos quadrados será tanto maior quanto maior for o desajuste da função escolhida. Na Figura 34 podemos observar que o ponto P3 está mais bem ajustado do que o ponto P4, pois a sua *área associada* é menor.

Para determinar a *soma dos quadrados dos resíduos* (SQ), basta somar as áreas individuais associadas aos pontos, pois esta soma é igual ao SQ.

Há na Internet uma simulação do método dos mínimos quadrados (BORTOL, 2008), envolvendo áreas, onde se pode modificar as posições dos pontos obtidos e verificar o efeito destas modificações. Esta simulação foi produzida por um professor da PUC do Rio de Janeiro, em 2002, para seus alunos de cálculo, se encontrando no seguinte site:

< <http://www.mat.puc-rio.br/~hjbortol/cdfvv/livro/CabriJava/mmq5.html> >

Acreditamos que a simulação do *método dos mínimos quadrados* mostrando as áreas associadas aos pontos é de grande valia para quem queira entender o seu funcionamento prático. A Figura 35 mostra o gráfico interativo da janela aberta neste site na Internet.

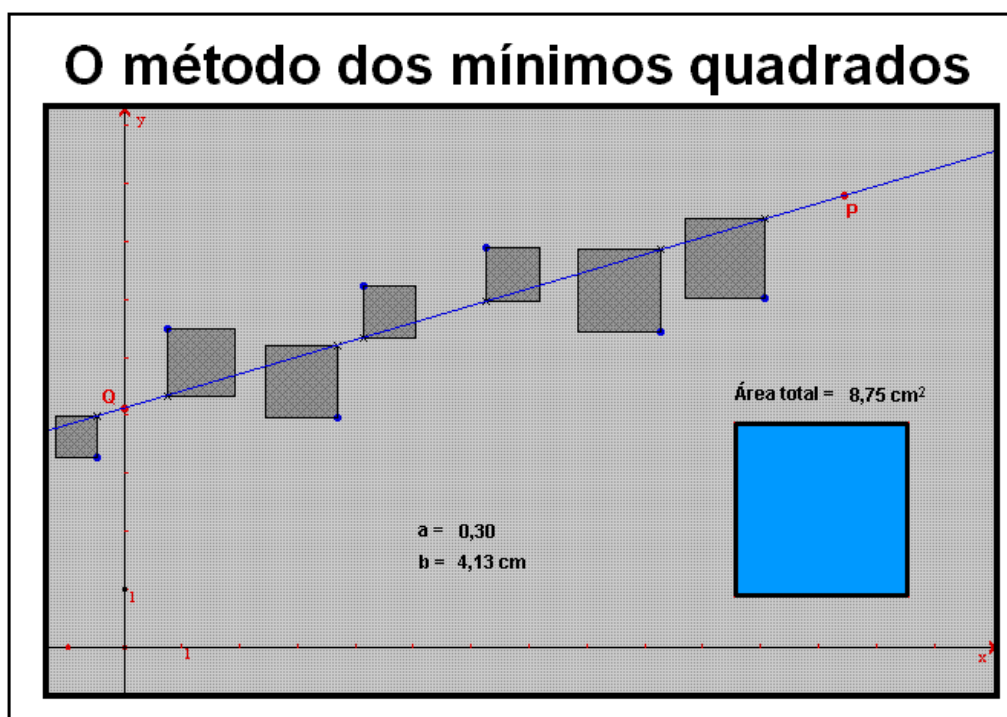


Figura 35: Janela do gráfico interativo do *método dos mínimos quadrados*.

9.4 Usando o Excel para ajustar os parâmetros de uma função escolhida

Com auxílio de qualquer planilha eletrônica pode-se calcular o valor da soma dos quadrados dos resíduos de uma função de ajustamento, como exemplificado na Tabela 12. A questão é: qual o menor valor possível para o ajustamento dessa função aos dados experimentais? No exemplo do atilho foram traçadas “a olho” três retas e verificamos que a reta **t** é a que apresenta menor valor para

SQ. Mas não haveria outra com SQ ainda menor? Como determiná-la? Uma possibilidade, não recomendada, é o método de tentativa-e-erro, no qual se variaria os valores atribuídos aos parâmetros **a** e **b**, controlando o valor que cada par de parâmetros fornece para SQ, até que se determine o menor valor de SQ. Esse método é tanto mais tedioso e impreciso, quanto maior o número de parâmetros. Outra alternativa, pela qual optamos, é se valer de algum *software*, por exemplo, a planilha Excel, na qual se pode proceder ao ajustamento de diversas funções a um conjunto de pontos pelo Método dos Mínimos Quadrados usando a chamada **Linha de tendência**²³.

A Figura 36 ilustra as funções passíveis de serem ajustadas com o Excel (Office 2007).

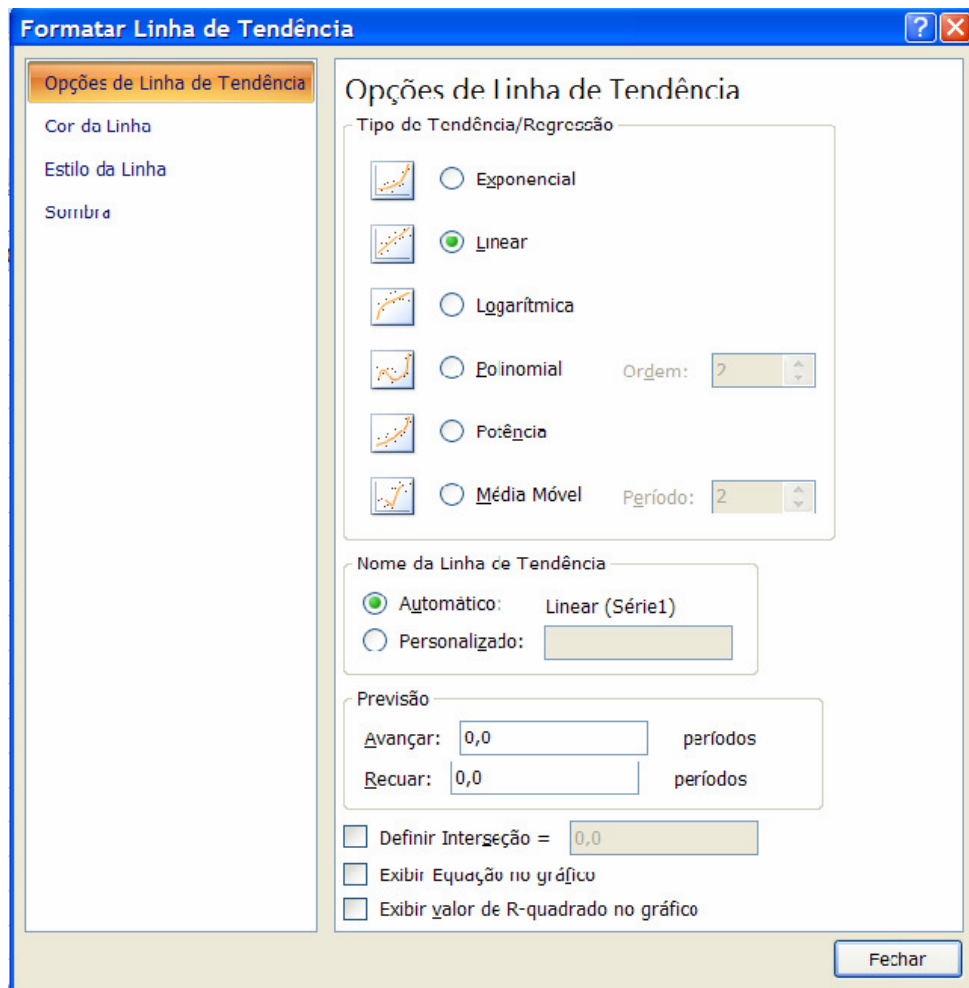


Figura 36: Janela que ilustra as funções passíveis de serem ajustadas com o Excel.

Além de mostrar **a tendência de comportamento dos pontos discretos obtidos (função) o Excel apresenta o coeficiente de determinação R^2** , que indica o grau de precisão do ajustamento da curva. Quanto mais próximo de **1,0** o valor de **R^2** , melhor o grau de relação estabelecido entre as grandezas; quanto maior **R^2** tanto melhor a função escolhida reproduz os valores experimentais (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

²³ Caso a **função de ajuste** escolhida não coincida com nenhuma das opções do Excel, pode-se usar o Método dos Mínimos Quadrados conforme descrito na seção 9.2 e usar a função **Solver** do Excel para minimizar o erro.

Voltemos ao exemplo do atilho. Na Figura 37 vê-se um gráfico de dispersão, produzido pelo Excel para os dados da Tabela 11, onde foi adicionada a **linha de tendência**²⁴, O Excel fornece os parâmetros de ajuste linear ($a = 0,0443$ e $b = 6,43$) e também o valor de R^2 ($R^2 = 0,982$) Essa curva corresponde **ao melhor ajustamento linear** aos dados, de acordo com o método dos mínimos quadrados, ou seja, a função linear que fornece o **menor valor de SQ**.

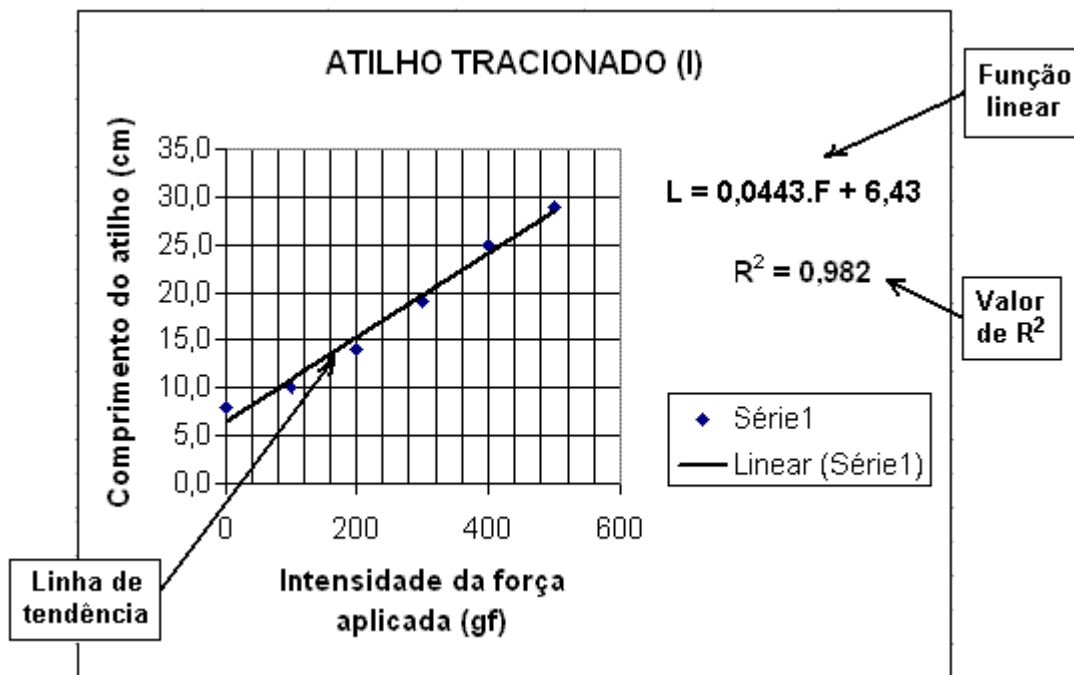


Figura 37: Gráfico com linha de tendência para uma função linear.

Calculando-se o valor de **SQ** para a reta **L**, determinada pelo Excel, com o mesmo processo utilizado na Tabela 12, resulta em **SQ** $\cong 6,29$, que é, aproximadamente, o **menor valor de SQ** para a função deste conjunto de dados. Em resumo, a melhor curva de ajuste linear para os dados da Tabela 11 é dada por **$L = 0,0443 \cdot x + 6,43$** (*reta de regressão*).

9.5 A escolha de uma curva de ajuste aos dados

A escolha de uma função que descreve os dados não é uma tarefa possível sem levar em conta alguns pressupostos teóricos. Por exemplo, consideremos novamente o problema do atilho tracionado, cujos dados foram ajustados com uma função linear usando o método dos mínimos quadrados, resultando em $R^2 = 0,982$. Ajustes melhores poderiam ser obtidos usando outras formas funcionais. Por exemplo, nas Figuras 38 e 39 são mostrados os ajustes dos dados da Tabela 11 com uma função exponencial e polinomial de segundo grau, sendo $R^2 = 0,990$ e $R^2 = 0,993$, respectivamente. Ambos os ajustes são melhores do que o linear, porém os resultados experimentais

²⁴ Para introduzir a linha de tendência basta optar por Adicionar linha tendência no menu fornecido quando estando o cursor sobre uma série de dados mostrados no gráfico se clica com o botão esquerdo do *mouse* para selecionar os dados e com o direito para fazer aparecer o menu de opções.

não permitem rejeitar o modelo usual para sistemas elásticos, qual seja, o de que a Lei de Hooke (função linear de ajustamento) constitui-se em uma descrição razoável. A opção por alguma outra função de ajustamento, como por exemplo, a função do segundo grau (caso efetivamente houvesse um incremento importante em R^2), obrigaria também a interpretar teoricamente o significado dos parâmetros dessa função.

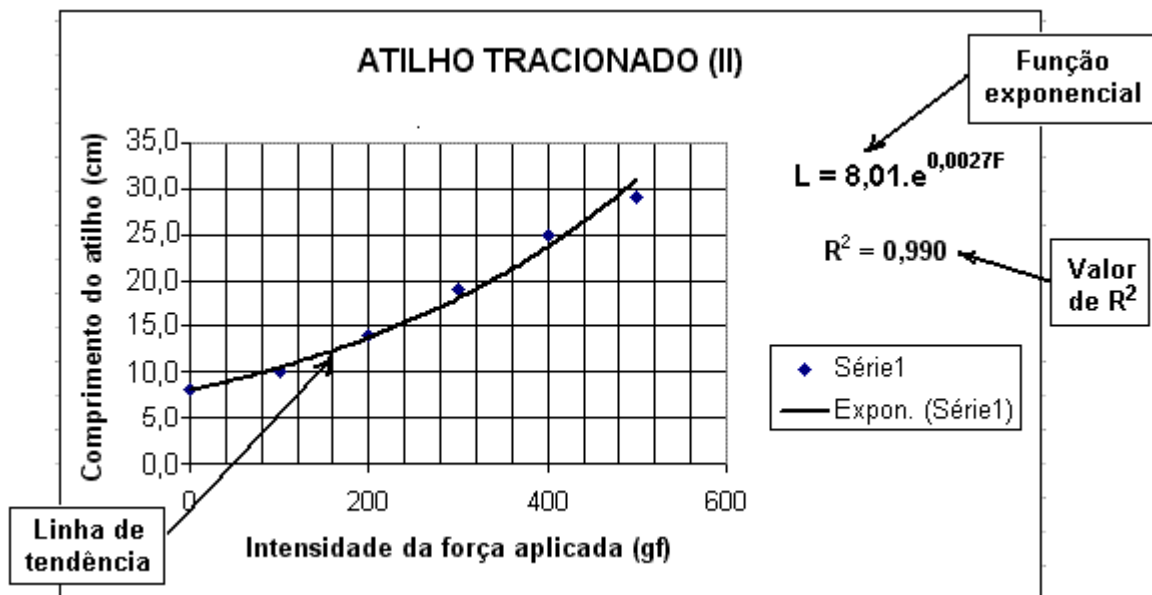


Figura 38: Gráfico com linha de tendência exponencial.

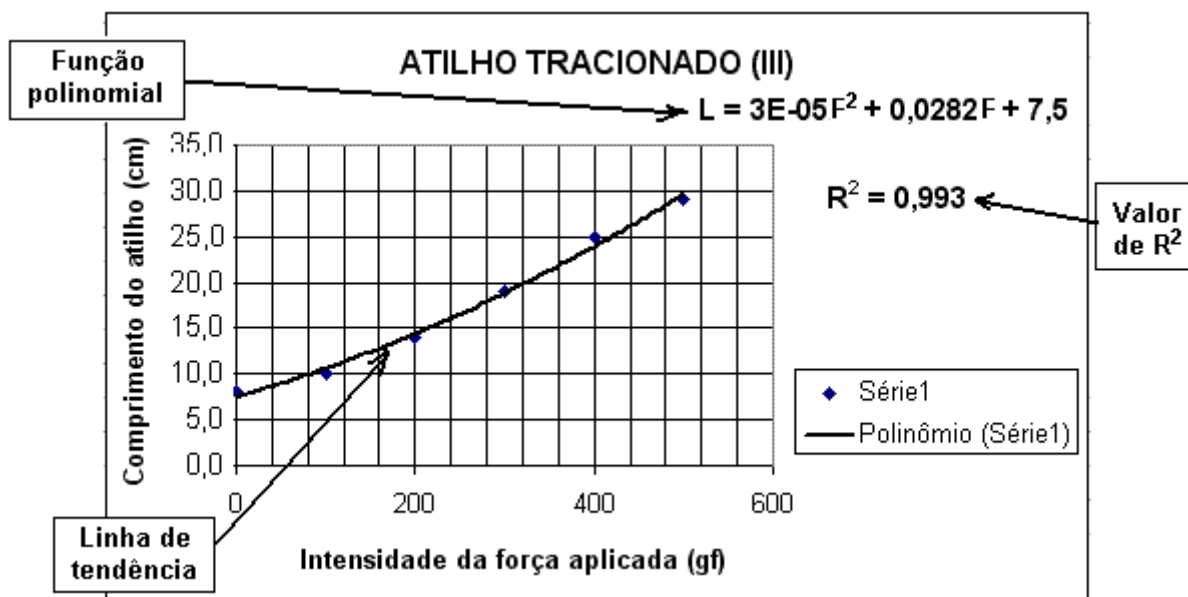


Figura 39: Gráfico com linha de tendência polinomial de segundo grau.

A possibilidade de se ajustar facilmente muitas funções diferentes ao mesmo conjunto de dados propiciada pelo Excel (ou por outro pacote especializado em ajuste ou regressão) pode fomentar uma atitude equivocada, consistente com a concepção empirista-indutivista que pretende

ser possível "descobrir a lei a partir de resultados experimentais": entre todas as curvas ajustadas, escolhe-se a que apresente a melhor qualidade do ajuste, isto é, a que tenha o maior coeficiente de determinação (R^2 -quadrado). Do ponto de vista estritamente formal matemático, essa atitude é equivocada porque não precisamos calcular o R^2 -quadrado para um polinômio de grau n para saber que ele será no mínimo igual a de qualquer outro polinômio de grau inferior a n (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002). Sabemos também que existe uma tendência de aumentar R^2 -quadrado quando se aumenta o número de parâmetros na função de ajustamento. Silveira e Ostermann (2002) afirmam "que a decisão por uma função de ajustamento transcende os resultados experimentais, envolvendo considerações teóricas". Os dados experimentais não impõem "uma lei" de maneira unívoca, pois existe um número virtualmente infinito de funções que os descrevem de maneira semelhante (isto é, com coeficientes de determinação semelhantes). Desta forma a decisão pela função de ajustamento não pode ser resolvida apenas por critérios matemáticos ou estritamente formais. Essa decisão sempre deverá levar em conta os pressupostos teóricos relativos ao comportamento das variáveis investigadas, isto é, envolverá considerações que ultrapassam os dados experimentais. No nosso exemplo as três funções de ajustamento, apesar de apresentarem R^2 diferentes, se adéquam muito bem aos resultados experimentais. Sabemos também que existem muitas outras funções que aderem aos dados de maneira semelhante apesar de termos ajustado apenas essas três. Entretanto, optamos por um ajuste linear porque ele descreve satisfatoriamente os dados e as interpretações físicas dos parâmetros é fácil de ser realizada.

9.6 Exemplos de validação da escolha de uma curva de ajuste para um conjunto de dados

Nesta seção apresentamos exemplos das idéias discutidas neste capítulo.

Exemplo 1

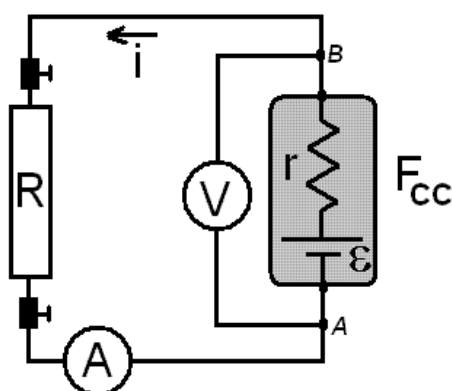


Figura 40: Circuito esquematizado.

Vamos considerar uma fonte elétrica especial de corrente contínua, onde pressupomos que a força eletromotriz (ϵ) e a resistência interna (r) dela são praticamente constantes, pois a intensidade da corrente elétrica que ela produz é muito baixa. A Figura 40 apresenta o circuito esquematizado com uma fonte elétrica (F_{cc}), uma resistência elétrica externa (R), um voltímetro (V), com escala 0-20 V DC, para medir a d.d.p. entre os terminais da fonte ($V_{B,A}$), e, um amperímetro (A), com escala 0-20 mA DC, para medir a intensidade da corrente (i) produzida pela fonte.

Neste experimento altera-se a resistência externa (R) do circuito substituindo-se R por resistores com diferentes resistências elétricas, enquanto são medidas simultaneamente a d.d.p.

estabelecida entre os terminais da fonte ($V_{B,A}$) e a intensidade da corrente elétrica (i) produzida pela fonte F_{CC} . A Tabela 14 apresenta os valores das d.d.p. entre os terminais da fonte ($V_{B,A}$) e as intensidades das correntes elétricas (i) medidas para diversos resistores.

Tabela 14: D.d.p. entre os terminais da fonte ($V_{B,A}$) em função das intensidades das correntes elétricas (i) medidas para diversos resistores.

$V_{B,A}$ (V)	0,00	0,08	0,14	0,28	0,50	0,61	0,72	0,84	0,93	1,12	1,24	1,30	1,39	1,44	1,55
i (mA)	0,84	0,80	0,76	0,68	0,56	0,51	0,45	0,39	0,33	0,23	0,15	0,13	0,09	0,05	0,00

A conhecida “equação do gerador” relaciona a diferença de potencial elétrico entre os terminais do gerador com a intensidade da corrente elétrica que ele produz. Abaixo está a “equação do gerador”.

$$V_{B,A} = \varepsilon - r \cdot i$$

Se nesta equação ε e r não dependerem da corrente elétrica (suposição assumida de maneira tácita e acrítica em muitos textos de Física Geral), a variação de $V_{B,A}$ com i é linear. Ora, do ponto de vista teórico esperamos tal comportamento tendo em vista que esta fonte (uma pilha convencional com força eletromotriz nominal de 1,5 V e uma resistência interna de alguns quiloohms em série) pode gerar somente pequenas correntes elétricas, inferiores a miliampères.

Podemos testar nosso pressuposto construindo o diagrama de dispersão de $V_{B,A}$ contra i , mostrado na Figura 41.

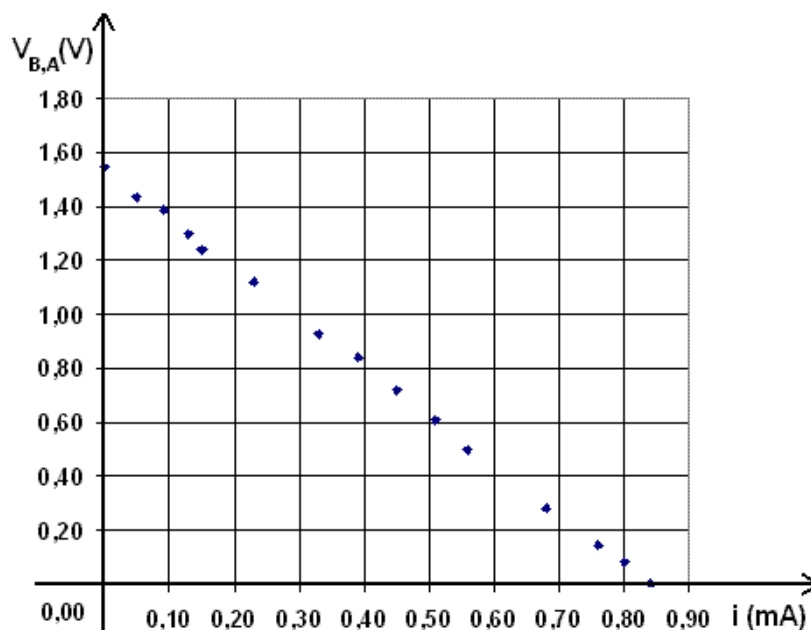


Figura 41: Diagrama de dispersão de $V_{B,A}$ contra i .

A Figura 41 é razoavelmente consistente com o pressuposto de linearidade entre as duas grandezas pois os pontos parecem se distribuir muito próximos de uma reta.

Na Figura 42 vê-se um gráfico de dispersão, produzido pelo Excel para os dados da Tabela 14, onde foi adicionada a **curva de tendência** aos dados. Vêm-se ainda os parâmetros de ajuste e também o valor de R^2 ($= 0,999$). Essa curva, como já foi visto anteriormente, corresponde **ao melhor ajustamento linear** ao conjunto de dados do experimento, de acordo com o método dos mínimos quadrados, ou seja, a função linear que fornece o **menor valor de SQ**.

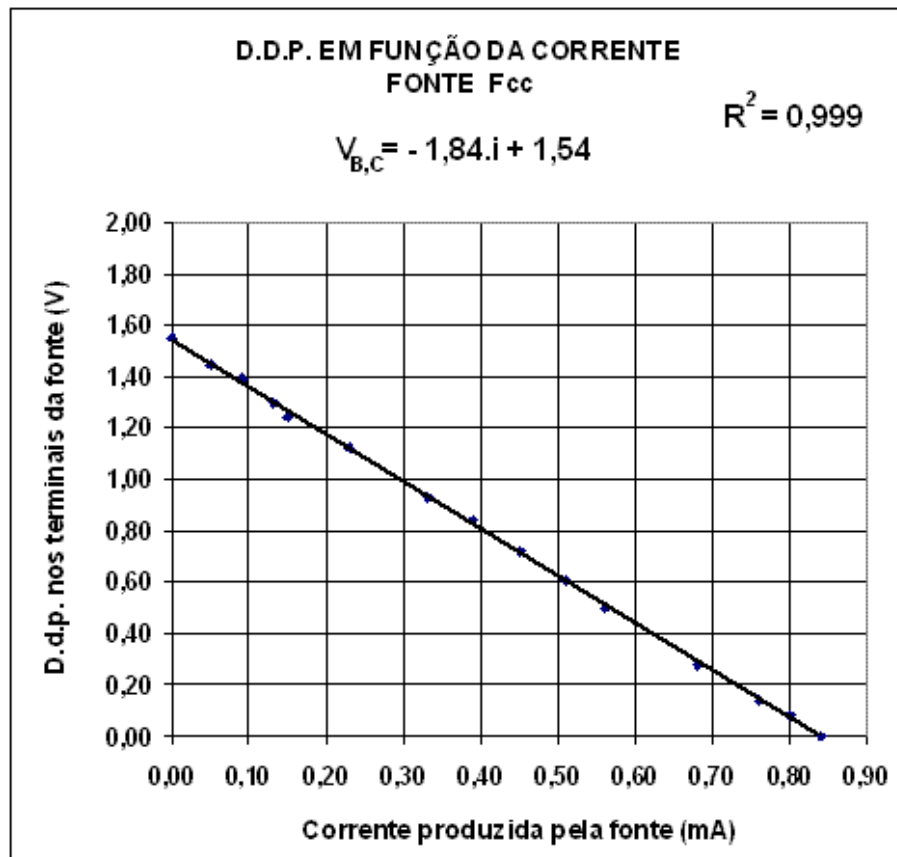


Figura 42: Gráfico de dispersão, produzido pelo Excel para os dados da Tabela 14.

Os parâmetros da função linear de ajustamento são facilmente identificados se a compararmos com a “equação do gerador”. Ou seja, esta fonte tem força eletromotriz de aproximadamente 1,54 V e resistência interna de 1,84 k Ω .

Polinômios de grau superior (por exemplo uma função quadrática) aderirão aos pontos experimentais tão bem ou melhor do que a reta. Entretanto como o ajuste linear satisfaz plenamente nossos pressupostos teóricos e apresenta valor de R^2 muito próximo a 1, não há razão para se avaliar outra função de ajustamento.

Exemplo 2

Para este exemplo de ajuste de funções, vamos considerar a mesma fonte do **Exemplo 1**.

Se a “equação do gerador” é multiplicada por i (intensidade da corrente) obtemos o seguinte resultado:

$$V_{B,A} \cdot i = \varepsilon \cdot i - r \cdot i^2$$

O produto da diferença de potencial elétrico entre os terminais da fonte pela intensidade da corrente elétrica é a potência elétrica de saída ou potência elétrica útil da fonte ($P_{\text{ÚTIL}}$). Portanto,

$$P_{\text{ÚTIL}} = \varepsilon \cdot i - r \cdot i^2$$

A partir dos dados da Tabela 14 vamos calcular a potência elétrica de saída ($P_{\text{ÚTIL}}$) da fonte, para cada um dos valores de i , multiplicando $V_{B,A}$ por i . Esses resultados se encontram na tabela 15.

Tabela 15: Potência $P_{\text{ÚTIL}}$ em função da intensidade da corrente i produzida pela fonte.

$(P_{\text{ÚTIL}})$ (MW)	0,00	0,06	0,11	0,19	0,28	0,31	0,32	0,33	0,31	0,26	0,19	0,17	0,13	0,07	0,00
i (mA)	0,84	0,80	0,76	0,68	0,56	0,51	0,45	0,39	0,33	0,23	0,15	0,13	0,09	0,06	0,00

Se novamente assumirmos que a força eletromotriz e a resistência interna da fonte não dependem da intensidade da corrente elétrica, então a potência útil se relaciona com a intensidade da corrente de acordo com uma equação do segundo grau.

A partir dos dados da Tabela 15 podemos construir um diagrama de dispersão que representa a potência de saída da fonte ($P_{\text{ÚTIL}}$) em função da intensidade da corrente elétrica (i) produzida por ela, como mostra a Figura 43.

A inspeção visual do diagrama de dispersão nos leva a sustentar o pressuposto teórico de uma relação parabólica entre as duas grandezas e, portanto, um ajustamento polinomial de grau 2 (quadrático), sem termo independente (pois quando a corrente é nula não há potência de saída), é a nossa escolha para descrever o que vemos na figura 43.

Na Figura 44 vê-se um gráfico de dispersão, produzido pelo Excel para os dados da Tabela 15, onde foi adicionada a **curva de tendência** aos dados. Vêm-se ainda os parâmetros de ajuste e também o valor de R^2 (= 0,999). Essa curva, como já foi visto anteriormente, corresponde **ao melhor**

ajustamento polinomial de grau (quadrático) ao conjunto de dados do experimento, de acordo com o método dos mínimos quadrados, ou seja, a função polinomial de grau 2 que fornece o **menor valor de SQ**.

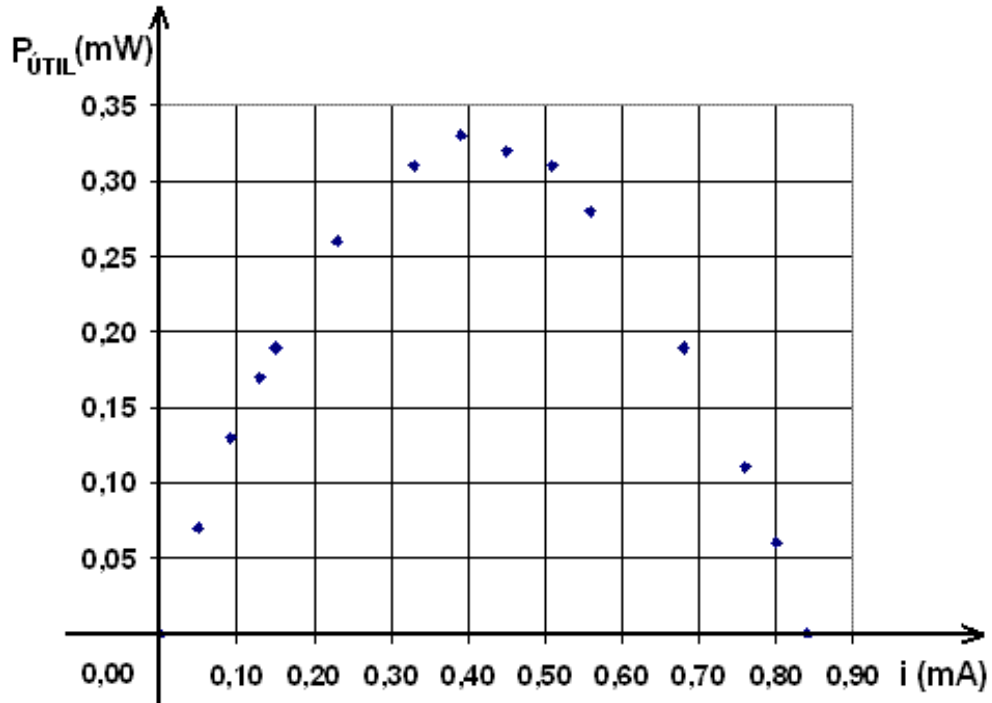


Figura 43: Gráfico da potência $P_{\text{ÚTIL}}$ em função da corrente elétrica i produzida pela fonte.

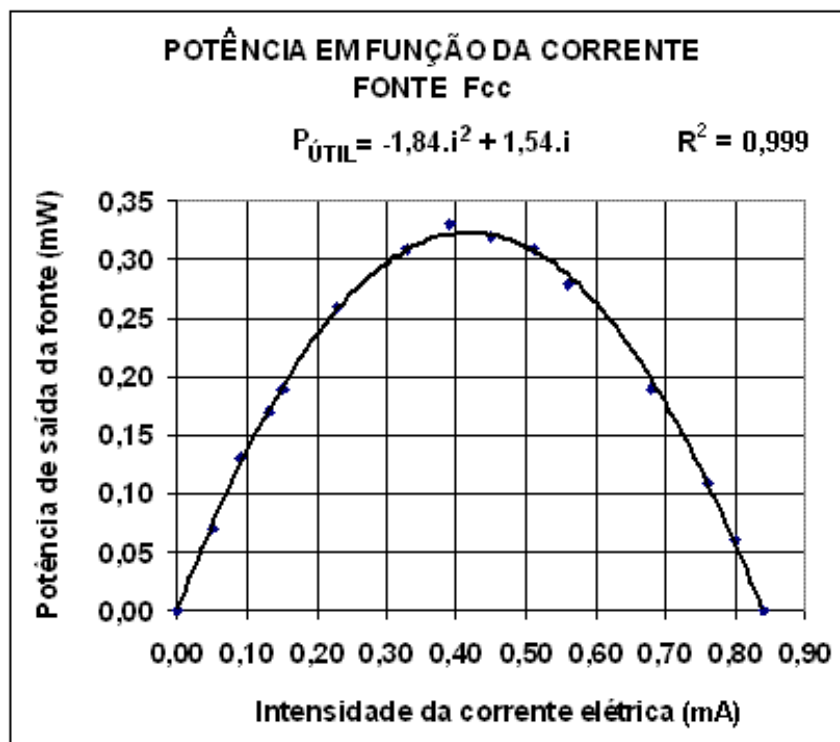


Figura 44: Gráfico de dispersão, produzido pelo Excel para os dados da Tabela 15.

Os parâmetros, obtidos pelo método dos mínimos quadrados, para a função de ajustamento apresentada na figura 44 são, respectivamente, a força eletromotriz da fonte, de aproximadamente 1,54 V, e a resistência interna, aproximadamente 1,84 $k\Omega$.

A qualidade do ajuste quadrático está quantificada em $R^2 = 0,999$, que significa uma ótima aderência da função de segundo grau aos pontos experimentais. Sabemos que polinômios de ordem superior a dois apresentarão um ajuste tão bom ou melhor do que este; entretanto não temos razões teóricas para optarmos por qualquer outra função de ajustamento.

10 – Comentários finais e conclusão

Neste **texto de apoio ao professor de Física** apresentamos um conjunto de textos instrucionais com conceitos, definições, informações e relações que embasam e permeiam o assunto **medição na Física**, por nós redigidos, para tentar sanar parte das lacunas conceituais de Física ocorridas no ensino fundamental, tanto na disciplina de Ciências como na de Matemática e Física.

As atividades experimentais, reais ou virtuais, desenvolvidas para alunos de nível médio sobre estes assuntos, excluindo-se o ajuste de funções, estão descritas na seção 4 (Produto Educacional) e impressas no Apêndice B (Guias de Atividades) da dissertação de mestrado **Um olhar sobre medidas em Física** realizada por César Augusto Steffens, sob a orientação da Profa. Dra. Eliane Angela Veit e co-orientação do Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira, que pode ser encontrada nos Trabalhos de Conclusão do Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, sob o número 39, no seguinte endereço:

< <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php> >.

Esperamos que com motivação e interesse o professor tenha condições de aproveitar todo ou partes deste material instrucional, reproduzindo-o ou estendendo-o, propondo novas alternativas adaptadas às condições de trabalho e suas próprias características pessoais e pedagógicas, encontrando satisfação e entusiasmo, que para nós são indispensáveis num trabalho pedagógico.

Um bom trabalho começa com boa vontade...

Referências

- ARAUJO, I.S. *Açdados*. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/software/ives.html> > Acesso em: 02 jul. 2008. *Software* para leitura das entradas da porta de jogos.
- BORTOL, H.J. O método dos mínimos quadrados. 2006. Disponível em: < <http://www.mat.puc-rio.br/~hjbortol/cdfv/livro/CabriJava/mmq5.html> >. Acesso em 12 ago. 2008.
- FÍSICA BÁSICA “A”. *Ordem de grandeza*. Textos diversos 4. Física. Seção de ensino C. Colégio Militar de Porto Alegre. Disponível em: < http://www.cmpa.tche.br/educacional/secoes_ensino/site_sec_C/arquivos%20e%20Links/F%EDsica/txtos_diversos_4.doc>. Acesso em 02.jul.2008.
- GASPAR, A. *Física*: volume único. São Paulo: Ática, 2001. 496 p.
- HAAG, R. Utilizado a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p.176- 183, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23_176.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- INMETRO. *SISTEMA Internacional de Unidades - SI*. 8. ed. (revisada) Rio de Janeiro, 2007. 114 p. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/consumidor/Resumo_SI.pdf > Acesso em: 02 jul. 2008.
- MÁXIMO, A; ALVARENGA, B. *Física: volume único (Curso completo)*. São Paulo: Scipione, 1997. 670 p.
- PAULI, R. et al. *Ferramentas Matemáticas Para o Estudo da Física*. São Paulo: E.P.U., 1978. 62 p.
- PAULI, R; MAUAD, F. C.; SIMÃO, C. *Física Básica; mecânica*. São Paulo: EPU, 1979. 300 p.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE – PSSC. *Física: parte 1*. Rio de Janeiro: Editora Universidade de Brasília, 1963. 230 p.
- SILVA, L. F.; VEIT, E. A. *O Microcomputador Como Instrumento de Medida no Laboratório Didático de Física*. Porto Alegre: IFUFRGS, Programa da Pós-Graduação em Ensino de Física, 2005.
- SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A Insustentabilidade da Proposta Indutivista de “Descobrir a Lei a Partir dos Resultados Experimentais”. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.19, n. especial, p. 7-27, 2002. Disponível em: < <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/19-especial/index.html> >. Acesso em: 10 ago. 2008.
- SILVEIRA, F. L. Notas Sobre Algumas Estatísticas Utilizadas na Síntese de Resultados Experimentais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.9, n.1, p. 27-37, 1992. Disponível em: < <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/09-1/index.html> >. Acesso em: 08 ago. 2008.
- VEIT, E. A. et al. *Novas Tecnologias no Ensino de Física*. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/index.html> > Acesso em: 02 jul. 2008.
- ARREDONDAMENTO. In.: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. 2008a. Disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Arredondamento> >. Acesso em: 02 jul. 2008.
- METODO dos Mínimos Quadrados. In.: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. 2008b. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_dos_m%C3%ADnimos_quadrados >. Acesso em: 11 ago. 2008.

APÊNDICE B – GUIAS DE ATIVIDADES

Neste apêndice apresentamos os **guias de atividades (GA)**, composto de um conjunto de guias para atividades experimentais, reais ou virtuais, a serem exploradas com estudantes de nível médio, envolvendo medidas manuais, exercícios sobre ordens de grandeza, notação científica, Algarismos significativos e erros, bem como simulações, vídeos, manuseio de sensores, uma introdução ao estudo de circuitos elétricos e à aquisição automática de dados, além da investigação das relações entre grandezas físicas observadas em um mesmo fenômeno físico. Estes guias de atividades (GA) foram desenvolvidos e testados em sala de aula neste trabalho, com alunos de Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS. A versão aqui apresentada resultou de significativas e necessárias alterações da primeira versão aplicada aos alunos e de pequenas alterações de ajuste da segunda versão após a sua aplicação.

Uma visão geral dos guias de atividades é apresentada no Quadro 1, onde consta, na coluna 1, o código que adotamos para identificar o guia correspondente e, na coluna 3, o número da página onde inicia este guia de atividade.

Quadro 1: Código de identificação e número da página do guia de atividade proposto.

Código	Guia de atividade	Página
GA1	Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?.....	209
GA2	O que é grande? O que é pequeno?.....	214
GA3	Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando “ligado”?.....	221
GA4	Como tu determinarias esta grandeza física?.....	226
GA5	Quais as medidas biológicas mais comuns do teu corpo?.....	229
GA6	Com quantos decimais devemos expressar a medida?.....	235
GA7	Como funcionam os sensores elétricos?.....	241
GA8	Para que servem e como funcionam os transdutores?.....	247
GA9	Como fazer o computador ler os dados fornecidos pelos transdutores?.....	253
GA10	Como importar os dados obtidos automaticamente com o programa Aqdados?.....	260
GA11	Como medir a velocidade do som na sala de aula?.....	267
GA12	Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas Físicas de um mesmo fenômeno?(I).....	275
GA13	Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas Físicas de um mesmo fenômeno?(II).....	285
Texto final entregue aos alunos		291
Referências		293

GUIA DE ATIVIDADES N.º 1

Nome dos alunos:

.....

..... Data: 18/03/2008

Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?
Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?

Introdução

Com o rápido desenvolvimento tecnológico, cada vez mais os cientistas precisam obter informações mais confiáveis e precisas das propriedades físicas dos fenômenos por eles observados.

O processo de obtenção de informações sobre as propriedades da natureza, através das grandezas físicas, é chamado de **medição**. Ou seja, **medição** é a operação pela qual associamos números às propriedades físicas dos corpos e da natureza. Com estas informações do Universo, o homem avança na sua descrição e entendimento de como ele funciona e evolui.

Experimento 1: *Em quem acreditar? Qual a medida mais confiável?*

Material necessário: 1 haste plástica.

Procedimentos sugeridos

P1. Cada um dos colegas do teu grupo deve medir o **comprimento da mesa** do laboratório de dois modos, registrando as “medidas” obtidas na **Tabela 1**.

- primeiro, utilizando a **mão** como **padrão de medida de comprimento** e o **comprimento do palmo** como **unidade de medida de comprimento** (inclua também frações de palmo);
- segundo, utilizando a **haste plástica** como **padrão de medida de comprimento** e o **comprimento da haste** como **unidade de medida de comprimento** (idem, com frações).

Tabela 1: Medidas obtidas.

Colega do grupo	Medida com padrão corpóreo (palmo)	Medida com unidades instrumentais (haste)
Colega 1:		
Colega 2:		
Colega 3:		

P2. *Através dos registros efetuados, discute com o teu grupo e responde as questões.*

G1) Na determinação do **comprimento** da mesa utilizamos o **comprimento** de uma haste plástica, isto é, adotamos como unidade uma grandeza física de **mesma espécie**. Teria sido possível utilizar a **massa** desta haste para medir o **comprimento** da mesa? Tenta justificar!

G2) Quantas vezes o comprimento da mesa é maior do que o comprimento da haste plástica? Como tu registras esta informação quantitativa?

G3) Onde as diferenças entre os comprimentos medidos foram maiores, no uso do palmo ou no uso da haste como padrão de medida? Por que isto aconteceu?

G4) Usar o comprimento do pé ou do braço (medidas corpóreas) diminuiria estas diferenças? Por quê?

G5) Compara as medidas obtidas pelo teu grupo e pelos outros grupos, com o uso da haste.

- No teu grupo, todas as medidas foram **exatamente** iguais? Comenta.
- Comparada com as medidas dos outros grupos, todas foram iguais? Comenta.

P3) *Analisando os dados registrados na tabela e as respostas apresentadas no teu grupo, discute com todos os colegas da sala e registra as conclusões e respostas aceitas para as questões que seguem.*

T1) É possível afirmar com certeza que a medida obtida pelo Colega 2 é a mais confiável? Comenta.

T2) As medidas realizadas com a haste são mais confiáveis do que as com o palmo? Por quê?

T3) Que característica(s) o padrão que contém uma unidade de medida deve apresentar?

Experimento 2: “Chute” ou medida? Eis a questão!

Material necessário: 1 régua 30 cm, 1 régua 1,0 m, 1 trena metálica 3,0 m(ou 5,0 m).

Procedimentos sugeridos

P1. Sem o uso de qualquer instrumento de medida, faça uma **estimativa** (“chute com responsabilidade”) das **medidas dos objetos** listados na **Tabela 2**, registrando estas estimativas no local apropriado.

Tabela 2: Estimativas e medidas.

Medição do objeto	Estimativa (“chute”)	Medida (medição)	Instrumento de medida	Diferença: (Est. – Med.)	Diferença Percentual
Largura do caderno					
Comprimento da sala					
Diâmetro do lápis					
Largura do quadro-negro					

P2. Agora, após “chutar tanto”, determina as **medidas** solicitadas para cada objeto citado, utilizando o **instrumento de medida** mais adequado para cada medição. Registra a **medida** obtida e o **instrumento de medida** utilizado.

P3. Completado as medidas, determina a **diferença** entre o **valor estimado** e o **valor medido** para cada objeto, comentando no grupo e respondendo as seguintes questões.

G1) Onde a diferença entre o valor estimado e medido foi maior? Por que isto aconteceu?

G2) Compara as tuas medidas com as medidas dos demais grupos. Todas foram exatamente iguais? Por que isto aconteceu?

P4. Calcula, agora, a **diferença percentual** (= $(\text{diferença} \times 100) / \text{medida} \%$) de cada uma das “medidas” e registra.

G1) Em qual delas a diferença percentual foi maior? Por que será?

G2) O que tu achas que é mais significativo para um cientista nestes dados, a diferença simples (**absoluta**) ou a diferença percentual (**relativa**)? Por quê?

P5. *Analizando os dados registrados na Tabela 2 e as respostas apresentadas no teu grupo, discuta com todos os colegas da sala e registra as conclusões e respostas aceitas para as questões T1 a T5.*

T1) Como os **antigos** (gregos, egípcios, índios, ...) mediam distâncias e comprimentos?

T2) **Estimar** e **medir** são processos utilizados pelos leigos e pelos cientistas na obtenção de grandezas associadas às propriedades dos corpos. Tenta descrever uma vantagem e uma desvantagem no uso de cada uma delas.

- *Estimar* → Vantagem:

→ Desvantagem:

- *Medir* → Vantagem:

→ Desvantagem:

T3) Uma **diferença** de apenas **1 cm** numa medida qualquer de comprimento é significativa? Pode-se sempre desprezá-la? Explique!

T4) Uma diferença percentual de 10 % seria aceitável na medida do comprimento de um trem ou de um edifício? E de um prego ou de um canudinho de refrigerante? Por quê?

T5) Qual seria o melhor **instrumento de medida** a ser utilizado para determinar a **espessura de uma folha de papel**? Sem ele, como procederias esta medição “aqui e agora”?

GUIA DE ATIVIDADES N.º 2

Nome dos alunos:

.....

..... Data: 25/03/2008

O que é grande? O que é pequeno?
O que é grande? O que é pequeno?

Introdução

Nestas **atividades virtuais** tu poderás observar, de uma maneira simples e interessante, o largo espectro de **medidas de comprimento e de distância**, algumas muito comuns em nosso cotidiano, outras, muito além dos nossos limites de visão, algumas possíveis com microscópios, outras com telescópios, outras realmente impossíveis...

A primeira atividade virtual envolverá **ordens de grandeza** de comprimentos, a segunda (ou a terceira) atividade envolverá **distâncias de observação** do endereço de um terráqueo especial, tu.

Experimento 1: Do macro ao micro: O que é ordem de grandeza?

Material necessário: 1 microcomputador com acesso à Internet.

Procedimentos sugeridos

P1. Aciona o Internet Explorer para entrar no endereço

<<http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>>.

Para facilitar esta tarefa, este endereço também se encontra entre os endereços favoritos do Navegador, sob o título **Molecular Expressions Science** (Molecular Expressions, 2008).

P2. Para poderes controlar a animação, clica no botão **“MANUAL”**, existente logo abaixo dela (aparecerá **“AUTO”** no local). Veja a **Figura 1**. Seleciona **Increase** para **umentar a região do espaço observado (tamanho)** e **Decrease** para **diminuir** esta região. Faça um **“test-drive”**.

Secret Worlds: The Universe Within

View the Milky Way at 10 million light years from the Earth. Then move through space towards the Earth in successive orders of magnitude until you reach a tall oak tree just outside the buildings of the National High Magnetic Field Laboratory in Tallahassee, Florida. After that, begin to move from the actual size of a leaf into a microscopic world that reveals leaf cell walls, the cell nucleus, chromatin, DNA and finally, into the subatomic universe of electrons and protons.

10 million light years away from the Milky Way.

0²³ meters 1.0 s 10 million light years

AUTO Delay Increase Decrease

Once the tutorial has completely downloaded, a set of the arrows will appear that allow the user to increase or decrease the view magnitude in Manual mode. Click on the Auto button to return to the Automatic mode.

ATTENTION!
Secret Worlds: The Universe Within is now available as a Windows screen saver that operates in the same manner as the tutorial. Purchase the software now at the Molecular Expressions Store.

Figura 1: Página de Abertura “Molecular Expressions”.

P3. Movendo-se através dos “quadros” desta animação, seleciona a **Foto do Objeto**, indicado na **Tabela 1**. Preencha os itens **Ordem de Grandeza** e **Tamanho do Objeto** para cada uma das **Fotos** indicadas.

Tabela 1: Ordem de Grandeza e Tamanho do Objeto.

	Foto do Objeto	Ordem de Grandeza	Tamanho do Objeto (Medida decimal em metros)
01	<i>Via Láctea (nossa galáxia)</i>		
02	<i>Sistema Solar (nosso Sistema)</i>		
03	<i>Órbita da Lua ao redor da Terra</i>		
04	<i>Terra (planeta dos terráqueos)</i>		
05	<i>Uma folha de carvalho (oak)</i>		
06	<i>Núcleo da célula de uma folha</i>		
07	<i>Núcleo do átomo de Carbono</i>		

P4. Tomando como exemplos os registros efetuados na **Tabela 1**, preencha as colunas **Ordem de Grandeza** e **Medida decimal** para cada uma das medidas apresentadas na **Tabela 2**.

Tabela 2: Ordem de Grandeza e Medida Decimal.

	Tamanho ou Extensão Considerado	Notação Científica	Ordem de Grandeza	Medida decimal (m)
01	<i>Distância à estrela mais próxima (Próxima de Centauri)</i>	$4,0 \times 10^{16}$ m		
02	<i>Distância média da Terra ao Sol</i>	$1,5 \times 10^{11}$ m		
03	<i>Comprimento da Avenida Bento Gonçalves</i>	$1,0 \times 10^4$ m		
04	<i>Espessura média da folha de papel A4 75g/m²</i>	$1,0 \times 10^{-4}$ m		
05	<i>Raio da órbita do elétron, no átomo de hidrogênio</i>	$5,3 \times 10^{-11}$ m		

Experimento 2: Onde tu estás terráqueo?

Material necessário: 1 microcomputador com acesso à Internet.

Procedimentos sugeridos

- ATENÇÃO:**
- Caso no teu computador esteja instalado o **Google Earth** (c/Windows XP®), passa direto para o **Experimento 3**.
 - Caso contrário, realiza os passos que seguem.

P1. *Aciona o navegador para entrar no endereço <<http://maps.google.com/>>. Para facilitar esta tarefa, este endereço também se encontra entre os endereços favoritos do Navegador, sob o título **Google Maps** (Google Maps, 2008)...*

P2. *Para poderes **movimentar a imagem** do mapa em **todas as direções**, utiliza as teclas de direção no canto superior esquerdo da **Figura 2** (semelhante a um joystick) da página do Google Maps, ou movimenta o mapa com o mouse (botão esquerdo). Faça um **“test-drive”**.*

P3. *Para te **aproximares** ou te **afastares** de um local escolhido, utiliza a **régua de rolagem vertical**, no lado esquerdo da **Figura 2**. Faça um **“test-drive”**.*



Figura 2: Página de Abertura “Google Maps”.

P4. Para te **aproximares** de um local conhecido no “mapa”, você pode clicar duas vezes sobre este local e aguardar, enquanto o Google Maps faz a aproximação. Faça um “**test-drive**”.

P5. Para ter **uma vista de satélite** do local conhecido, clica no canto superior direito do mapa, em **Satélite**; para ter **uma vista do mapa**, clica em **Mapa**; para ter uma vista do terreno, clica **Terreno**. Faça um “**test-drive**”.

P6. Para encontrares um local escolhido, no item **Pesquisar no Mapa**, coloca o endereço deste local, conforme exemplo (ou nome mais conhecido) e clica em **Pesquisar no Mapa**. Faça um “**test-drive**”.

P7. Vamos agora “**experimentar**” o programa. Esta é uma tarefa para o teu grupo de trabalho.

G1) Localiza, primeiro, a **UFRGS – VALE**, onde apareça todo o seu “**Anel Viário**”. Determine, aproximadamente, o **maior diâmetro do “Anel Viário deste campus**”. Registra a medida obtida na **Tabela 3**.

G2) Localiza, agora, o **Colégio de Aplicação da UFRGS**, onde apareça todo o local por ele ocupado. Determina, aproximadamente, o **comprimento e a largura** do local ocupado pelo Colégio (do terreno). Registra estas medidas obtidas na **Tabela**.

G3) Localiza, finalmente, o prédio onde ocorrem tuas aulas (**prédio A**). Determina, aproximadamente, o **comprimento e a largura do prédio A**. Registra a medida obtida na **Tabela 3**.

Tabela 3: Algumas medidas da UFRGS – VALE.

	Algumas medidas da UFRGS	
1	Diâmetro do “Anel Viário” da UFRGS-VALE.	
2	Comprimento do terreno ocupado pelo Colégio de Aplicação.	
3	Largura do terreno ocupado pelo Colégio de Aplicação.	
4	Comprimento do prédio A do Colégio de Aplicação.	
5	Largura do prédio A do Colégio de Aplicação.	

P8. Para guardar esta imagem final, do Colégio de Aplicação, digita a tecla “**PrtSc**”, capturando a sua imagem. Minimiza, agora, o programa “**Google Maps**” e abra o programa “**Paint do Windows**”.

Clica em **“Editar”** e depois em **“Colar”**. Clica **“Salvar”** esta imagem num disquete, para imprimir depois, com o nome **Colégio_de_Aplicação**.

P9. Em grande grupo, confronta os resultados, comentando e registrando as dificuldades encontradas.

Experimento 3: Onde tu estás, terráqueo?

Material necessário: 1 microcomputador com o programa Google Earth.

Procedimentos sugeridos

P1. Aciona o programa do **Google Earth** (Google Earth, 2008). Existe um ícone específico para ele na sua **área de trabalho** (Iniciar o Google Earth.).

P2. Para poderes **movimentar a imagem** da Terra em **todas as direções**, utiliza as teclas de direção no canto superior direito da **Figura 4** (semelhante a um joystick) da página do Google Earth, ou movimenta o mapa com o mouse (botão esquerdo). Faça um **“test-drive”**.

P3. Para te **aproximares** ou te **afastares** de um local escolhido, utiliza a **régua de rolagem vertical**, no lado esquerdo da **Figura 4**. Faça um **“test-drive”**.

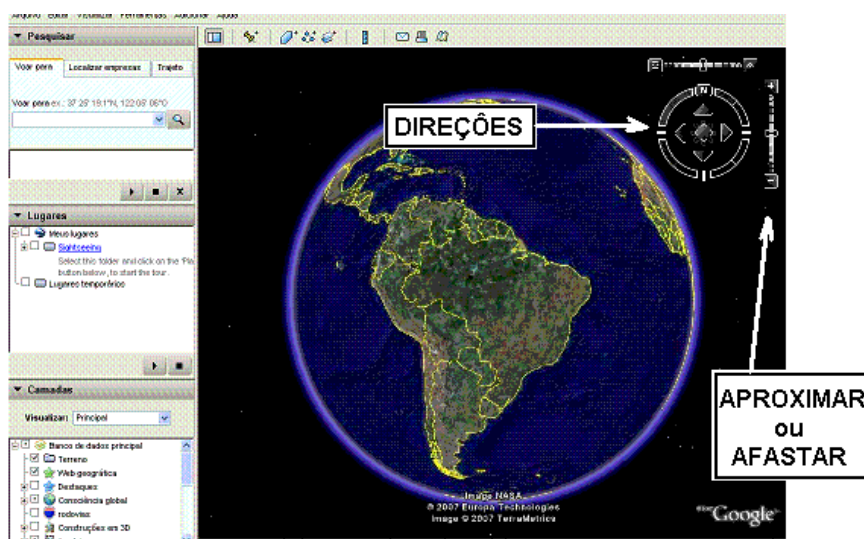


Figura 4: Página de Abertura “Google Earth”.

P4. Para te **aproximares** de um local conhecido na Terra, tu podes clicar duas vezes sobre este local e aguardar, enquanto o Google Earth faz a aproximação. Faça um **“test-drive”**.

P5. Para tu encontrares um local escolhido, no item **Voar para** , coloca o endereço deste local , conforme exemplo (ou nome mais conhecido) e clica no ícone ao lado(Lente).. Faça um “**test-drive**”.

P6. Para determinares a **distância horizontal entre dois pontos do globo**, tu deves acionar a **régua** existente no menu gráfico (topo desta página). “Calibra a régua para metros”. Faça um “**test drive**”.

P7. Vamos agora “**experimentar**” o programa **Google Earth**. Esta é uma tarefa para o teu grupo de trabalho.

G1) Localiza, primeiro, a **cidade de Porto Alegre - RS**. Depois o campus da **UFRGS – VALE**.

G2) Localiza agora o “**Anel Viário**” do campus UFRGS - Vale. Determina, aproximadamente, o **maior diâmetro** do “Anel Viário deste campus”. Registra a medida obtida na **Tabela 4**.

G3) Localiza, agora, o **Colégio de Aplicação da UFRGS**, de modo que apareça todo o local por ele ocupado. Determina, aproximadamente, o **comprimento e a largura** do local ocupado pelo Colégio (do terreno). Registra estas medidas obtidas na **Tabela 4**.

G4) Localiza, finalmente, o prédio onde ocorrem tuas aulas (**prédio A**). Determina, aproximadamente, o **comprimento e a largura do prédio A**. Registra a medida obtida na **Tabela 4**.

Tabela 4: Algumas medidas da UFRGS – VALE.

	Algumas medidas da UFRGS	Medida Obtida
1	Diâmetro do “Anel Viário” da UFRGS-VALE	
2	Comprimento do terreno ocupado pelo Colégio de Aplicação.	
3	Largura do terreno ocupado pelo Colégio de Aplicação.	
4	Comprimento do prédio A do Colégio de Aplicação.	
5	Largura do prédio A do Colégio de Aplicação.	

P8. Para guardar esta imagem final, do Colégio de Aplicação, clica em **Arquivo Salvar/Salvar Imagem**, em **Meus documentos**, com o nome **Colégio_de_Aplicação**.

P9. Em grande grupo, confrontar os resultados, comentando e registrando as dificuldades encontradas.

GUIA DE ATIVIDADES N.º 3

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 08/04/2008

Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando "ligadão"?

Introdução

Enquanto nas atividades anteriores tratamos estimativas e medições no espaço, medindo comprimentos microscópicos e macroscópicos da natureza (do átomo ao universo), muitos "invisíveis" aos olhos humanos, por serem muito grandes ou muito pequenos, nesta atividade faremos estimativas e observações envolvendo eventos em intervalos de tempo, desde muito pequenos, com filmagens em *slow-motion*, até muito grandes, com filmagens em *quick-motion*, alguns invisíveis à nossa percepção.

Experimento 1: *Tu realmente percebes o tempo passar?*

Material necessário: 1 cronómetro

Procedimentos sugeridos

P1. Sem o uso de relógios ou cronómetros, faz mentalmente a tua estimativa para os **intervalos de tempo** listado na **Tabela 1** e regista os valores no local apropriado. Solicita a ajuda de um colega para a cronometragem, do início e do fim de cada estimativa. A técnica de cronometragem é por tua conta.

Tabela 1: Estimativas e medidas.

Estimativa do Intervalo de tempo	Medida cronometrada do tempo estimado: (Med)	Diferença: (Est-Med)	Percentual (%) da diferença: $100 \times (\text{Est-Med}) / \text{Med}$
6 segundos			
25 segundos			
2 minutos			

P2. Completadas as medidas, determina a **diferença** entre o tempo estimado e o tempo medido para cada um dos intervalos indicados. Registre no local apropriado.

P3. Calcula, agora, o **percentual da diferença (%)** de cada uma das medidas e regista. Discuta e responde as seguintes questões no teu grupo:

G1) Compara as tuas estimativas com as estimativas de teus colegas de grupo. Elas foram iguais? Como explicas as diferenças?

G2) Em qual das estimativas a diferença percentual foi maior? Por que será que assim aconteceu?

G3) Se fosse usada cada pulsação do teu coração como unidade de medida dos tempos indicados, os resultados (“estimativas”) seriam melhores ou piores? Tenta explicar.

Experimento 2: *Tu consegues “ver” tudo o que acontece?*

Material necessário: 1 microcomputador com acesso à Internet.

Procedimentos sugeridos

P1. *Aciona um navegador da Internet para acessar a página de cada um dos endereços listados na Tabela 2. Para facilitar esta tarefa, estes endereços também se encontram numa cópia eletrônica deste GUIA DE ATIVIDADES (N.º 3), num disquete colocado em teu microcomputador.*

P2. *Para cada um dos vídeos acessados nestas páginas, **descreva**, brevemente, o evento ou fenômeno observado, **determina a (1) Duração do vídeo** (aparece logo abaixo dele), e **faça uma estimativa da (2) Duração do evento** nele envolvido. Registra estes intervalos de tempo na Tabela 2.*

Tabela 2: Endereços dos vídeos e comentários.

1	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=al71C08VUc0&mode=related&search=	
	Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:
2	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=XngQJzAmVm8&mode=related&search=	
	Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:
3	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=CJ-AX1G0SmY&mode=related&search=	
	Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:

4	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=uDJ3sor2oQ0&mode=related&search=
Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:
5	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=t4z1C9JT3dl&mode=related&search=
Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:
6	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=d26AhcKeEbE&mode=related&search=
Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:
7	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=d_urLWPrONI&feature=related
Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:
8	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=_cl0aw87LqA&mode=related&search=
Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:

9	Endereço: http://www.youtube.com/watch?v=pZgkaJDaz2A&NR=1	
	Breve descrição:	(1) Duração do vídeo: (2) Duração do evento:

P3. Após assistires aos vídeos selecionados, responde no teu grupo:

G1. A determinação mental, subjetiva de intervalos de tempo funciona? Onde ela falha?

G2. Em que condições tu não percebes o tempo passar? Por que isto acontece?

G3. Tu sabes que um filme é composto de fotos estáticas, portanto o movimento filmado fica registrado de forma descontínua. Por que não percebemos as discontinuidades, ao contrário, achamos que a movimentação é contínua?

G4. Tu saberias dizer quantos quadros por segundo:

- a) passam num projetor cinematográfico comum?
- b) passam na filmadora que consegue filmar uma bala em movimento?
- c) passam na filmadora que consegue filmar o desabrochar de uma flor?

T1. Discuta, em grande grupo, os resultados até aqui obtidos.

GUIA DE ATIVIDADES N.º 4

Nome dos alunos:

.....

.....

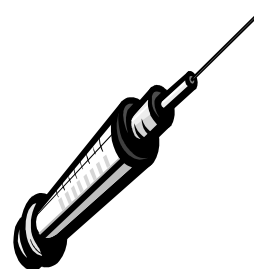
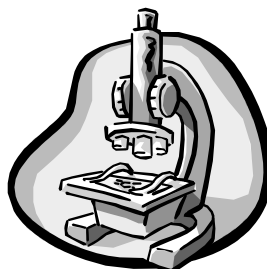
Data: 22/04/2008

Como tu determinarias esta grandeza física ?
Como tu determinarias esta grandeza física ?

Introdução

Nas atividades anteriores, tratamos da estimativa e da medição de comprimentos e de intervalos de tempo comuns e incomuns ao nosso cotidiano. Abrangemos um largo espectro de ordens de grandeza, indo do mundo microscópico ao mundo macroscópico, percorrendo muito níveis “invisíveis” à percepção humana. Nesta atividade experimental tu poderás “botar a mão na massa”, de uma maneira simples e prática, fazendo diversas medições de grandezas físicas de objetos comuns no nosso cotidiano. Trata-se de desafios que, com a garra do teu grupo, certamente serão superados.

Bom trabalho! Vamos “sujar” as mãos!



Experimento 1: “Com a mão na massa!”

Material necessário: vários instrumentos e objetos.

Procedimentos sugeridos

P1. Utilizando a balança de pratos do laboratório, determina a massa de:

a) uma bolinha de gude. $m_b =$ _____

b) um seixo de mármore. $m_s =$ _____

c) um grão de arroz. $m_a =$ _____

P2. Utilizando uma folha de papel milimetrada, determina:

a) a área da face de uma moeda antiga. $A_m =$ _____

b) a área do couro cabelo da cabeça de um dos colegas. $A_c =$ _____

c) a área superficial de uma bolinha de “gude”. $A_b =$ _____

P3. Utilizando uma seringa, um copo becker e uma proveta, todas graduadas, determina:

a) o volume de um seixo de mármore. $V_s =$ _____

b) o volume de uma barra de giz. $V_b =$ _____

c) o volume de uma gota d’água. $V_g =$ _____

Experimento 2: “Queimando neurônios!”

Procedimento sugerido:

P1. *Utilizando a tua “massa cinzenta”, comenta com teu grupo e responde:*

G1) Tu conseguirias determinar a massa do Morro Santana, usando a balança de “braço” como a do laboratório? Como tu determinarias esta medida “massuda”, mandando o morro Santana fazer “regime”, “dieta”?

G2) Como os cientistas “medem” ou “avaliam” a massa da Terra, da Lua ou do Sol? Eles recorrem aos “universitários do AMAPÁ”, aos melhores “para normais” da Índia ou ao astrólogo da Zero Hora? Como eles medem tais massas enormes?

G3) Como podemos determinar o número aproximado de fios de cabelo da cabeça do colega escolhida anteriormente? Tente, mas não “funda as raízes dos cabelos”! Qual o número aproximado de fios de cabelos da cabeça do colega? 10^2 ? 10^6 ? 10^{20} ?

G4) **Para derrubar!** Quantos fósforos caberiam, bem ajustados, na sala do laboratório de Física, a sala 107?

P2. *Proponha uma medição “fora do normal”, que seja realmente desafiadora?*

GUIA DE ATIVIDADES N.º 05

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 29/04/2008

Quais as medidas biológicas
mais comuns do teu corpo?

Introdução

Nas atividades anteriores, tratamos da medição de grandezas físicas associadas a eventos e propriedades do universo que nos rodeia, para melhor descrevê-lo e entendê-lo.

Na última atividade, chegamos até o corpo humano, onde estimamos a ordem de grandeza do número de fios de cabelo existentes no couro cabeludo da cabeça de alguns colegas. Esta atividade deu origem a diversos questionamentos sobre outras medidas que poderíamos associar ao nosso corpo, como pressão arterial, volume de ar inspirado e expirado, pressão máxima do ar produzida pelo pulmão, e outras importantes para a nossa vida.

Nesta atividade, então, vamos dar prioridade ao nosso corpo. Vamos nos conhecer um pouco melhor, fazendo algumas medições de grandezas físicas associadas a ele, importantes na determinação e verificação da integridade física e biológica dele, necessárias para estabelecer o nosso “estado de saúde”. Além disso, podemos caracterizar um pouco melhor, física e biologicamente, o nosso grupo de colegas da turma 100.

Experimento 1: “Qual é a temperatura basal média do teu grupo?”

Material necessário: termómetro digital ou clínico de mercúrio (32 a 45 °C)

Procedimentos sugeridos

P1. Passa um algodão umedecido com álcool, na haste do termómetro digital ou clínico, para desinfetá-lo.

P2. Aciona o termómetro (tecla branca) e coloca-o sob a tua axila nua (**Figura 1**). Aguarda dois minutos, se for um termómetro clínico, ou aguarda até ouvir um “bip longo” (sinal) e, só então, retira o termómetro e regista a tua **temperatura basal** (isto é, temperatura do teu corpo parado, não executando grandes esforços) na **Tabela 1**.

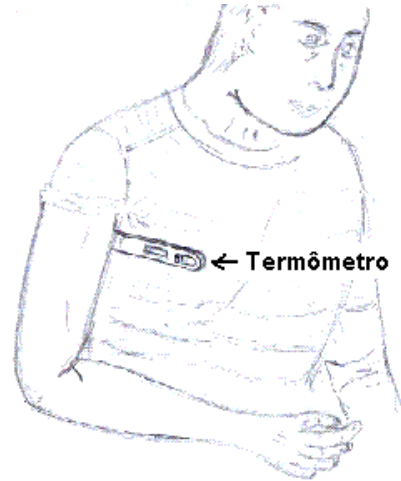


Figura 1: Termómetro na axila nua.

P3. Todos os colegas deverão realizar estes procedimentos.

Tabela 1: Medidas de temperaturas.

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Temperatura Média (°C)
Temperatura basal (°C)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	

P4. Completada as medições, calcula e regista na **Tabela 1**, a **média das temperaturas basais** de teus colegas.

P5. Com base nestes registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.

G1) Vamos considerar que a temperatura basal de um dos colegas seja de 35,5 °C, ou, talvez, de 36,5 °C. Ele estaria doente? Ou com hipotermia ou com febre? Tente justificar.

G2) Há algum problema em usar os termómetros comuns de laboratório, para determinar a tua temperatura basal? Qual é?

Experimento 2: “Qual é a pressão máxima produzida pelo teu pulmão?”

Material necessário: mangueira de látex (0,5 m) e manômetro de mercúrio me “U” (0-30 cmHg),

Procedimentos sugeridos

P1. Passa, agora, um algodão umedecido com álcool na extremidade da mangueira de látex, que está fixa no manômetro de mercúrio em “U”, sem derrubá-lo.

P2. Sopra, lentamente, a extremidade da mangueira do manômetro, até atingir a pressão máxima pulmonar. Veja a **Figura 2**. Pressiona a mangueira, com os dedos, para evitar que esta pressão diminua.



Figura 2: Manômetro com mangueira.

P3. Registra, **na Tabela 2**, a **pressão pulmonar máxima** (em cm Hg), que é igual à medida, em cm, do desnível (h) estabelecido entre as duas colunas de mercúrio .

P4. Todos os colegas deverão realizar estes procedimentos.

Tabela 2: Medidas de pressão pulmonar.

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Pressão máxima pulmonar média (cm Hg)
Pressão pulmonar máxima (cm Hg)							

P5. Completada as medições, calcula e registra na **Tabela 2**, a **média da pressão pulmonar máxima** de teus colegas.

P6. Com base nestes registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.

G1) Qual a pressão pulmonar média de teu grupo? Algum dos colegas tem uma pressão pulmonar muito maior do que a média? Tenta explicar!

G2) Uma pessoa que fuma regularmente teria pressão pulmonar máxima maior, igual ou menor do que esta média? Por quê?

Experimento 3: “Qual é a tua pressão arterial máxima e mínima?”.

Material necessário: monitor digital de pressão arterial (0 –30 cmHg),

Procedimentos sugeridos

P1. Introduza, no teu braço esquerdo, a braçadeira do Monitor de Pressão Arterial, ajustando-a de modo que a marca (ϕ) coincida com a tua artéria principal. Veja a **Figura 3**.

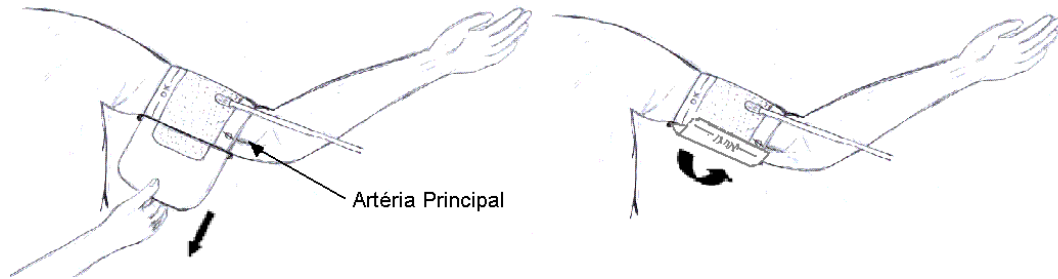


Figura 3: Posição da braçadeira.

P2. Pressiona a **tecla** (\odot) do Monitor de Pressão Arterial e espera que ele emita o sinal para iniciar as bombeadas de ar.

P3. Após o monitor ter **emitido três bips**, autorizando o início da medição, bombeia o ar até que o monitor **emita três bips novamente** (a aproximadamente 180 mm Hg). Permaneça imóvel e deixa o monitor de pressão arterial trabalhar sozinho, até realizar as medições necessárias. Será emitido um bip no final da medição.

P4. Após a emissão do bip final, leia e registra os dados apresentados no visor do Monitor de Pressão Arterial, ou seja, a **Pressão Sistólica (pressão máxima)**, a **Pressão Diastólica** (pressão mínima) e a frequência cardíaca (Número de **Batimentos cardíacos por minuto**), na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Medidas de pressão arterial e batimentos

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Valores médios
Pressão Sistólica (cm Hg)							
Pressão Diastólica (cm Hg)							
Frequência cardíaca (batimentos por minuto)							

Observação: A **pressão sistólica** é a pressão arterial máxima exercida pelas paredes das artérias, durante a sístole cardíaca (compressão), e, a **pressão diastólica** é a pressão arterial mínima exercida pelas paredes das artérias durante a diástole cardíaca (distensão).

P5. Através dos registros efetuados, comenta e discute com teus colegas, respondendo às questões que seguem.

G1) Quando a pressão na braçadeira é maior do que a pressão sistólica, passa sangue na tua artéria principal do braço? Você sente o pulsar da artéria?

G2) Até qual pressão você sente o pulsar da artéria dentro da braçadeira? O que ela indica?

G3) Caso fosse aberto um grande furo em nossa artéria principal, qual seria a altura que jorraria o “líquido” existente dentro dela, se este líquido fosse, em vez de sangue:

A) Mercúrio líquido?

B) Água pura?

G4) Muitas vezes em acidentes, são perfuradas veias jugulares (com sangue venoso), entrando ar nestas veias, sendo que as vítimas acabam morrendo por embolia gasosa do pulmão. Sabe-se que a pressão venosa não oscila com as contrações do coração, mas como isto é possível?

G5) Quantas vezes em um dia o teu coração bate (pulsa)?

Experimento 4: “Qual é o máximo volume de ar que tu expiras?”

Material necessário: garrafão *pet* (5 ℓ), saco plástico (10-15 ℓ), e uma mangueirinha.

Procedimentos sugeridos

P1. *Inspira o máximo de ar possível, calma e profundamente, enchendo bem os teus pulmões de ar.*

P2. *Logo depois, expire, calma e lentamente, todo o ar dos teus pulmões, através da mangueirinha do espirômetro “artesanal” (± 5 ℓ), sem deixar vaziar e evitando que o “nível” do espirômetro “trave”. Veja a **Figura 4**. Registra este volume de ar expirado, indicado pelo espirômetro, na **Tabela 4**.*

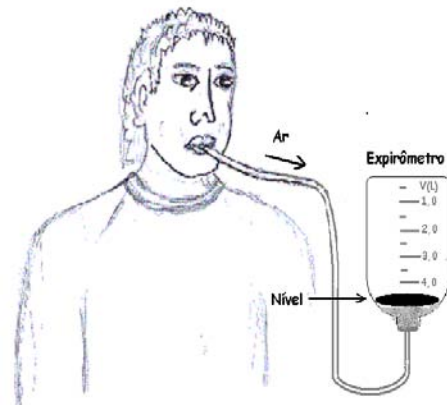


Figura 4: Volume de ar expirado.

P3. *Todos os colegas deverão realizar estes procedimentos.*

Tabela 4 - Medidas de volume de ar expirado.

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Volume de ar expirado médio V_m (ℓ)
Volume de ar expirado máximo (ℓ)							

P4. *Completada as medições, calcula e registra na Tabela 4, a média do volume de ar expirado pelos teus colegas.*

P5. *Com base nestes registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.*

G1) Qual o volume de ar expirado, em média, por um colega do teu grupo, em cada respiração? O teu volume de ar expirado é maior, igual ou menor do que esta média? Como você explica?

G2) Uma pessoa que fuma, teria volume de ar expirado maior, menor ou igual ao volume médio de ar expirado pelo teu grupo? Explique.

G3) Quantos litros de ar, aproximadamente, tu respiras por dia? E por ano? E durante a vida?

GUIA DE ATIVIDADES N.º 6

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 06/05/2008

Com quantos decimais devemos expressar a medida?
Com quantos decimais devemos expressar a medida?

Introdução

Na atividade anterior, tratamos de medições de grandezas físicas associadas ao nosso corpo, importantes na determinação e caracterização física e biológica dele, indicadoras do nosso “estado de saúde”.

Nesta atividade, desviaremos um pouco o assunto da pura mensuração de grandezas, colocando em foco a importância da quantidade de algarismos decimais (precisão) que compõem a expressão de uma medida, isto é, a expressão dos algarismos significativos desta medida, não visando apenas uma melhoria do processo de medição, mas o respeito à precisão do instrumento e do método de medição utilizado.

Experimento 1: Qual é o teu “tempo de reação”?

Material necessário: 1 régua de plástico de 30 cm

Procedimentos sugeridos

P1. Para realizar este experimento, formar duplas entre colegas do teu grupo. A dupla será composta, por definição, por um aluno A e um aluno B.

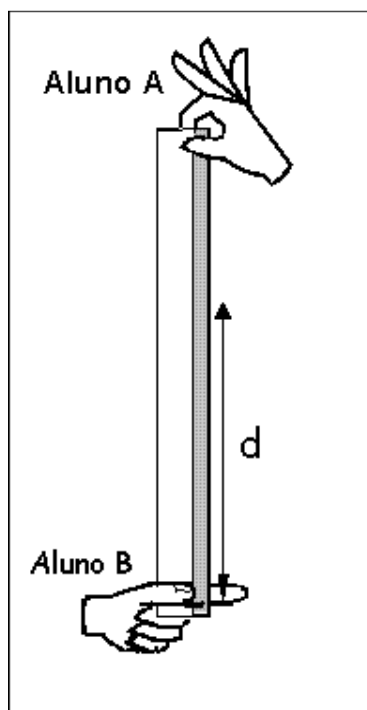


Figura 1: Régua vertical.

P2. Com o dedo indicador e o polegar, o aluno A deve pegar a régua na marca dos 30 cm e, o aluno B, deve se preparar para pegar a régua, na altura da marca do 0 cm. O aluno B não deve encostar-se na régua. Veja a **Figura 1**.

P3. O aluno B deverá tentar pegar a régua imediatamente após o aluno A soltá-la. A soltura da régua não deve ser precedida de qualquer aviso prévio, pois quanto mais imprevisto for o início da queda, mais confiável será a medida obtida.

P4. Registra a distância d percorrida pela régua nesta queda, na Tabela 1, em metros (m). A distância d é igual à marcada na régua, no local onde o aluno B pegou a régua, solta pelo aluno A.

P5. Repita o procedimento anterior três vezes para cada integrante do teu grupo (d_1 , d_2 e d_3). Registra na **Tabela 1**.

Tabela 1: Alturas das quedas e tempos de reação.

Medição realizada:	d_1	d_2	d_3	d_m (m)	Tempo de reação T(s):
Colega 1: _____					
Colega 2: _____					
Colega 3: _____					

P6. *Completadas as medições, calcula e regista na **Tabela 1**, a média aritmética das distâncias percorridas pela régua (d_m) para cada um dos colegas.*

P7. *Lembrando que a equação do movimento para um corpo em queda livre, é dada por $d = d_0 + v_0 \cdot t + g \cdot t^2 / 2$, com $g \cong 10 \text{ m/s}^2$, obtenha a relação para a distância percorrida pela régua em função do tempo de queda.*

P8. *Determina, a partir da relação obtida no passo anterior, o tempo de queda da régua, em segundos, para cada um dos colegas. Este será o tempo de reação (médio) para cada um dos colegas. Registra os resultados dos tempos de reação na **Tabela 1**.*

P9. *Com base nos resultados obtidos, discute e responde às seguintes questões no teu grupo:*

G1) Qual dos colegas apresentou o menor tempo de reação? E o maior tempo de reação?

G2) Seria possível diminuir este tempo de reação? Como?

G3) Este tempo de reação provoca erros em medições realizadas por uma pessoa usando um cronómetro. Estes erros ocorrem na dezena dos segundos, nos segundos, nos décimos de segundo, nos centésimos de segundos, ou....?

G4) Então, tem algum sentido físico, em termos de precisão de medidas, um juiz esportivo usar um cronómetro com centésimos ou milésimos de segundo? Por quê?

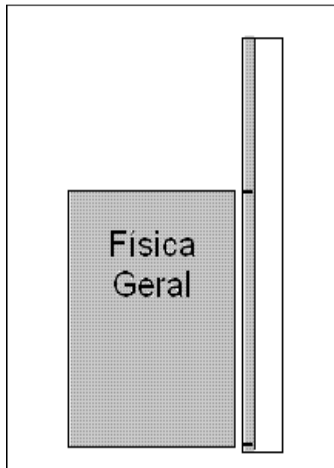
G5) Na medição do tempo de queda de uma caixa, cronometrado por um dos teus colegas, o último algarismo significativo desta medida seria na ordem dos segundos, dos décimos, dos centésimos ou dos milionésimos de segundo? Por quê?

G6) Qual dos colegas tu escolheria para ser juiz “cronometrista”, numa corrida de 100 m rasos? Por quê?

Experimento 2: *Existe alguma relação entre a precisão de uma medida e o número de algarismos significativos que ela têm?*

Material necessário: 1 régua de 3 dm (precisão em decímetros)
1 régua de 30 cm (precisão em centímetros)
1 régua de 300 mm (precisão em milímetros)

Procedimentos sugeridos



P1. Utilize a régua decimetrada para determinar a altura do livro colocado em tua mesa, expressando esta medida com todos os algarismos possíveis (são os algarismos significativos desta medida). Três colegas devem realizar esta medida. Registra na **Tabela 2**.

P2. Repita o procedimento anterior, utilizando a régua centimetrada. Registra na **Tabela 2**.

P3. Repita o procedimento anterior, utilizando a régua milimetrada.

Figura 2: Altura do livro. Registra na **Tabela 2**.

Tabela 2: Precisão x Algarismos significativos.

Tipo de régua (precisão)	Colega 1: _____	Colega 2: _____	Colega 3: _____	Média Aritmética
Decimetrada (dm)				dm
Centimetrada (cm)				cm
Milimetrada (mm)				mm

P4. Completadas as medições, calcula a média aritmética das alturas do livro, uma em cada uma das escalas. Registra na última coluna da **Tabela 2**.

P5. Completado os cálculos, comenta e responde às questões no teu grupo:

G1) Nas três medições realizadas, foram medidas grandezas físicas diferentes? Mas como as medidas são “diferentes”?

G2) Comparando as alturas do livro obtidas com as três réguas com escalas diferentes, qual é o número de algarismos significativos na medida realizada em decímetros? Em centímetros? E em milímetros?

G3) Qual das três medidas é mais precisa? Tenta explicar!

G4) A precisão do instrumento utilizado na medição influencia na confiabilidade da medida? Como?

G5) Tu achas adequado medir a distância, de uma cidade à outra, com o mesmo instrumento e com a mesma precisão daquele utilizado para medir a altura de um livro? Por quê?

G6) Todos aceitam que uma medida de tempo, com um cronômetro com escala em segundos, é muito mais precisa do que a mesma medida, com um relógio de parede que apresente só o ponteiro das horas. Tenta explicar porque, então, expressamos nossa idade em anos.

G7) A Figura 3 apresenta um circuito simples com um amperímetro conectado em série a uma bateria e a uma lâmpada. O ponteiro indica a leitura deste amperímetro, que pode medir de 0,0 A até 0,6 A. A intensidade da corrente elétrica, indicada no amperímetro, corretamente expressa em algarismos significativos, será:

- a) 0,4 A. b) 0,44 A. c) 0,47 A. d) 0,475 A. e) 0,470 A. f) 0,5 A.

Justifique.

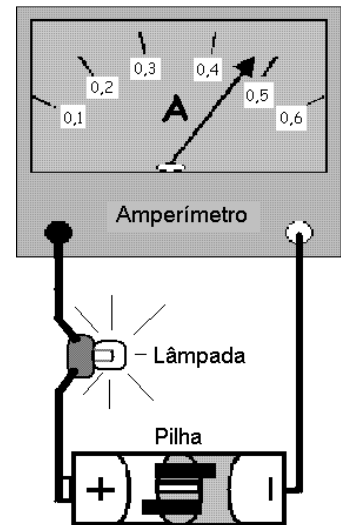


Figura 3: Circuito simples.

G8) A medida da distância entre duas cidades, quando expressa em algarismos significativos, é igual a 51,72 km.

- a) Qual é o número de algarismos significativos desta medida? Qual é o duvidoso?
- b) Qual a precisão do instrumento utilizado na medição desta distância (menor divisão da escala do instrumento de medida)?

Colégio de Aplicação da UFRGS – Enriquecimento Curricular – Prof. César – Turmas 100/2008

GUIA DE ATIVIDADES N.º 7

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 13/05/2008

Como funcionam os sensores elétricos?

Introdução

Nas atividades anteriores, tratamos de medições manuais de grandezas físicas associadas a fenômenos da natureza, importantes na descrição e caracterização de suas propriedades físicas, onde o executor principal do processo era o pesquisador (neste caso, tu).

Nesta atividade, vamos iniciar o estudo da aquisição de dados através do microcomputador, instrumento muito utilizado nas diversas áreas do conhecimento humano, pela sua rapidez, sua capacidade de armazenar e processar dados, no nosso caso, medidas. Para isto, necessitamos abordar alguns conceitos de eletricidade, importantes para o entendimento e funcionamento deste processo de aquisição de dados.

Experimento 1: Como fazer uma lâmpada “acender” (ligar)?

Material necessário: 1 lâmpada c/suporte, 2 pilhas grandes de 1,5 V, 1 suporte duplo p/pilhas grandes, 3 ligações com garras, 1 interruptor (chave tipo campainha).

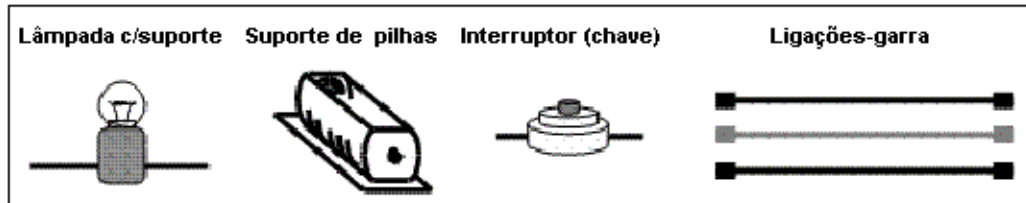


Figura 1: Elementos do circuito.

Procedimentos sugeridos

P1. *Monta um circuito, de tal modo que a lâmpada acenda ao pressionarmos o botão do interruptor. Deves utilizar todo o material fornecido.*

P2. *Desenha, no quadro ao lado, um esquema gráfico que represente este circuito. Nele, devem aparecer a lâmpada, as pilhas com o suporte, o interruptor e as ligações-garra. Observa a **Figura 1**.*



P3. *Inverte os terminais da lâmpada no circuito e vê o que acontece com o “brilho” dela.*

P4. *Com base em tuas observações e registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.*

G1) Por que a lâmpada acende (passa a brilhar) após a ligação com as pilhas? Qual é a tensão ou “voltagem” nela aplicada pelas pilhas?

G2) Qual é a função das pilhas (geradores) neste circuito? Sem elas, a lâmpada acenderia? E se fosse utilizada apenas uma pilha, que mudanças teríamos?

G3) A inversão dos terminais da lâmpada no circuito produz alguma modificação no seu brilho?

Experimento 2: Como fazer o brilho da lâmpada “variável”?

Material necessário: 1 lâmpada c/suporte, 2 pilhas grandes, 1 suporte duplo p/pilhas grandes
2 ligações com garras e uma resistência (de fogão elétrico ou de chuveiro).

Procedimentos sugeridos

P1. Monta, novamente, o circuito do **Experimento 1**, de tal modo que a lâmpada permaneça acesa, sem utilizar, agora, o interruptor.

P2. Abra a ligação num dos terminais da lâmpada e liga os extremos da resistência de fio entre estes pontos. Veja a Figura 2.

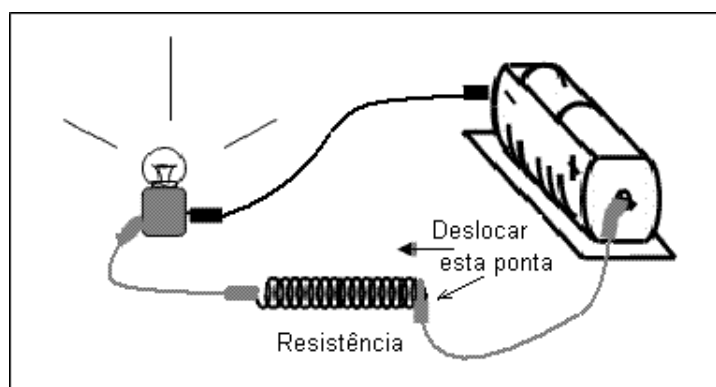


Figura 2: Circuito com uma resistência variável.

P3. Vá deslocando uma garra de tal forma que o pedaço da resistência entre as duas garras diminua de tamanho. Observa o que acontece com a intensidade do brilho da lâmpada.

P4. Com base em tuas observações, comenta e responde com teus colegas às questões.

G1) O que aconteceu com a intensidade do brilho da lâmpada quando diminuimos a extensão do fio da resistência entre as duas garras? Por que isto aconteceu? O que aconteceu com a corrente elétrica estabelecida no circuito?

G2) Se, em vez de diminuirmos, aumentássemos a extensão do fio da resistência entre as duas garras, o que aconteceria com o brilho da lâmpada e com a corrente elétrica no circuito?

Experimento 3: *Como fazer um LED “acender” (ligar)?*

Material necessário: 1 LED c/resistor, 2 pilhas grandes de 1,5 V, 1 suporte duplo p/pilhas grandes
2 ligações-garra.

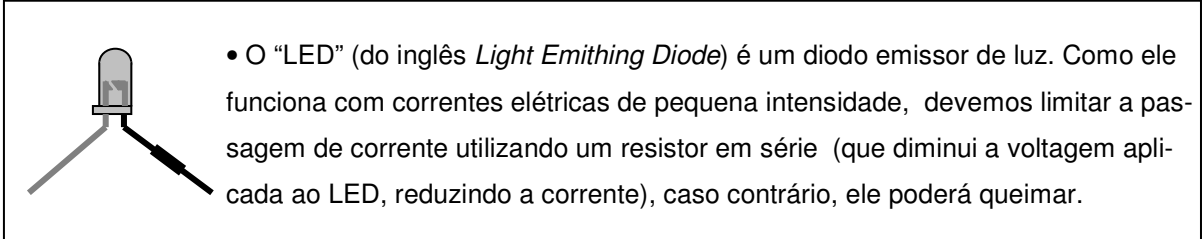


Figura 3: O LED e características.

Procedimentos sugeridos

P1. *Monta um circuito, de tal modo que o LED permaneça aceso. Veja a Figura 3!*

P2. *Inverta os terminais do LED e veja o que acontece com o seu brilho.*

P3. *Com base nestas observações, comenta e responde com teus colegas às questões.*

G1) Por que o LED acende (passa a brilhar) após a ligação com as pilhas?

G2) Uma resistência elétrica é ligada ao LED. Para que ela serve mesmo?

G3) Invertendo os terminais do LED neste circuito, percebes alguma (s) modificação (ões) no seu comportamento? Qual (is)? Ocorreu o mesmo com a lâmpada?

G4) Diz-se que um dispositivo eletrônico é *polarizado* se ele permite a passagem de corrente em um único sentido e por isto deve ser ligado apenas de uma das duas formas possíveis no circuito. Quem é *polarizado**, o LED ou a lâmpada?

G5) Uma lâmpada ou um LED pode ser considerado como sendo um *transdutor*, ou seja, um dispositivo que converte um tipo de energia em outro tipo de energia. Neste caso, quais são os tipos de energia envolvidas nesta transformação?

Experimento 4: Como medir diretamente a resistência elétrica?

Material necessário: 1 multímetro (tipo MASTECH 830B), 1 resistência de fio e 1 resistência comercial.

Procedimentos sugeridos

P1. Coloca o multímetro na posição de ohmímetro, na escala de 2000Ω . Veja a **Figura 4**.

Obs.: O ohm (Ω) é a unidade de resistência elétrica usada no S.I. A unidade 1Ω (1 ohm) indica que é preciso aplicar uma tensão elétrica de 1 V (1 volt) para produzir uma corrente elétrica de 1 A (ampère).

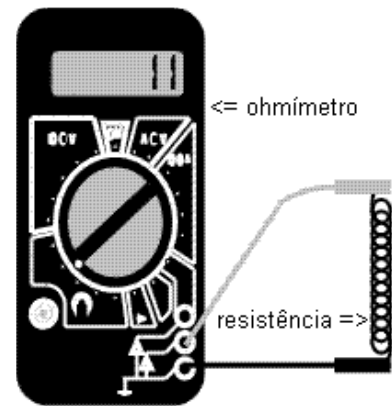


Figura 4: Ligação ohmímetro.

P2. Fixa as extremidades da resistência de fio nos dois terminais-garra do ohmímetro, conforme a **Figura 4**. Anote o valor da sua resistência elétrica (R_F), indicada no visor do multímetro.

$$R_F = \dots\dots\dots \Omega.$$

P3. Repita o procedimento anterior, medindo e anotando o valor da resistência elétrica (R_C) do resistor comercial (ele tem anéis coloridos). $R_C = \dots\dots\dots \Omega$.

P4. Responde ainda: Qual é o significado da indicação que aparece no visor (quando ela acontece) como o representado na **Figura 4**?

Experimento 5: Como “controlar” a direção do leme de um navio?

Material necessário: 1 multímetro (tipo MASTECH 830B), 1 potenciômetro (resistência variável) e 1 navio c/leme.

Introdução

Muitos barcos, barcaças e chatas que transportam areia e farelos no estuário Guaíba, com propulsão própria, tem o leme abaixo do seu casco e muito distante da sala de comando, onde o piloto dirige e controla esta embarcação. Mesmo assim, a cada momento e sem poder olhar diretamente para o leme, ele sabe a sua orientação, isto é, **o ângulo (θ) entre a direção do eixo do barco e a direção do leme**. Veja a **Figura 5**.

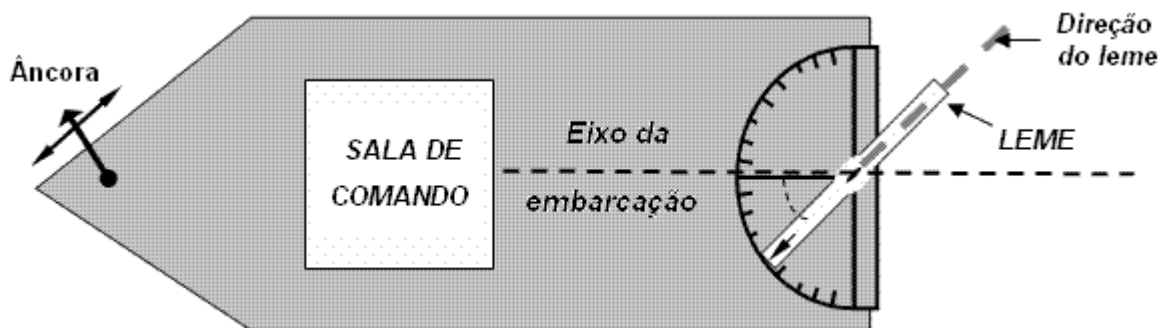


Figura 5: Esquema navio x leme de navegação.

DESAFIO!

Como seria possível, usando o multímetro, determinar o ângulo que o leme faz com o eixo do navio, a partir da resistência elétrica medida? Tente fazer!



Figura 6: Protótipo do barco.

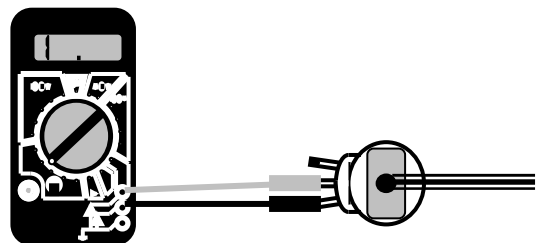


Figura 7: Multímetro x potenciômetro

Procedimentos sugeridos – Por tua conta!

Colégio de Aplicação da UFRGS – Enriquecimento Curricular – Prof. César – Turmas 100/2008

GUIA DE ATIVIDADES N.º 8

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 27/05/2008

Para que servem e como funcionam os transdutores?
Para que servem e como funcionam os transdutores?

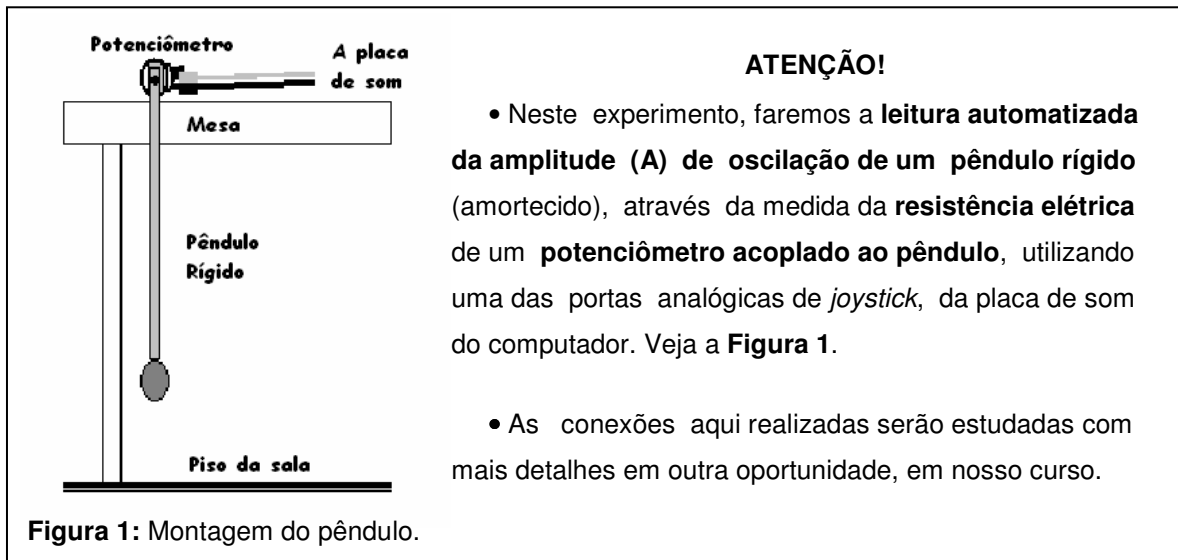
Introdução

Na atividade anterior, tratamos de alguns conceitos e aplicações de eletricidade, envolvendo medições manuais da resistência elétrica de elementos de um circuito (uma medida associada à oposição à passagem de corrente elétrica). Estes conceitos e aplicações específicas são necessários para a descrição do comportamento de alguns *transdutores elétricos*, também chamados de sensores, pois são muito utilizados em microcomputadores e circuitos digitais para aquisição de dados, realizando medições mais precisas e, muitas vezes, quase impossíveis de serem realizadas manualmente.

Nesta atividade, vamos observar e conhecer como alguns **transdutores (sensores)** funcionam e algumas de suas características. **Os transdutores são dispositivos capazes de transformar em sinais elétricos determinadas variações de propriedades existentes na natureza, e vice-versa.** São exemplos de *transdutores*: o *foto transistor*, que pode detectar variações da intensidade da luz; o *potenciômetro*, que pode detectar deslocamentos lineares e angulares; o *termistor*, que pode detectar variações de temperatura e outros, como os *alto-falantes*, que transformam sinais elétricos em sinais sonoros em nossos aparelhos de rádio, TV, telefone, MP3,...

Experimento 1: Como medir a amplitude de oscilação de um pêndulo rígido usando um potenciômetro?

Material necessário: 1 microcomputador c/Açdados 2.0, 1 potenciômetro c/suporte, 1 haste c/massa fixa, 1 conector DB15 (ligação p/a entrada analógica de joystick)



Procedimentos sugeridos

P1. Conectar o conector DB15, preparado para leituras analógicas (contínuas), à entrada de joystick do microcomputador. Veja a **Figura 2**.

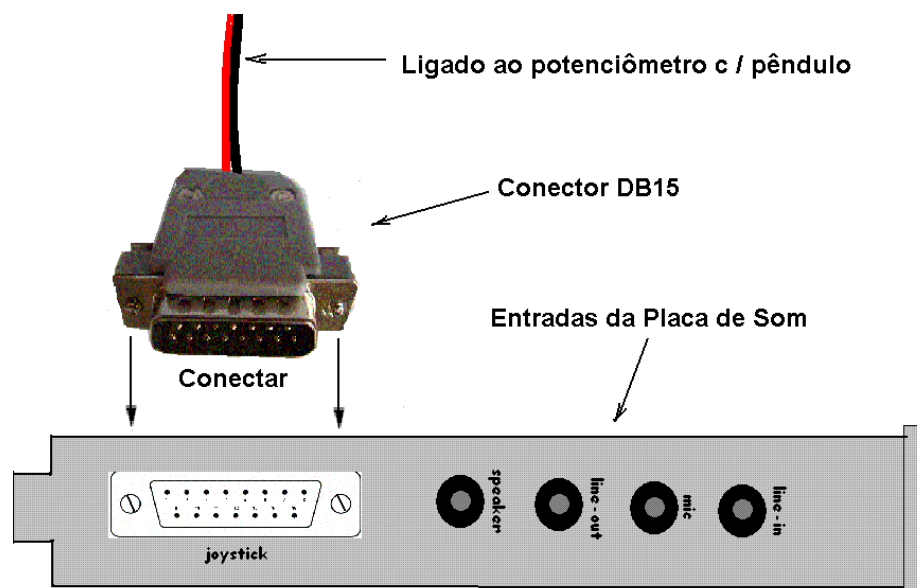


Figura 2: Conector DB15 e entrada da placa de som do microcomputador.

P2. *Aciona, agora, o programa **Aqdados 2.0**(Araújo, 2007). Ele fará a medição da resistência elétrica do potenciômetro ligado aos terminais (vermelho e preto) do conector DB15.*

Obs.: *Existe um ícone específico para o programa **Aqdados 2.0** na área de trabalho do seu microcomputador. A **Figura 3** apresenta a tela do Aqdados 2.0 no microcomputador.*

P3. *Para poderes ler a **resistência elétrica do transdutor**, no Aqdados 2.0, em primeiro lugar, **selecione a entrada Analógica 1** deste programa. O Aqdados 2.0 começará a escrever os **Valores das medidas de resistência elétrica** numa escala arbitrária. Veja a **Figura 3**.*

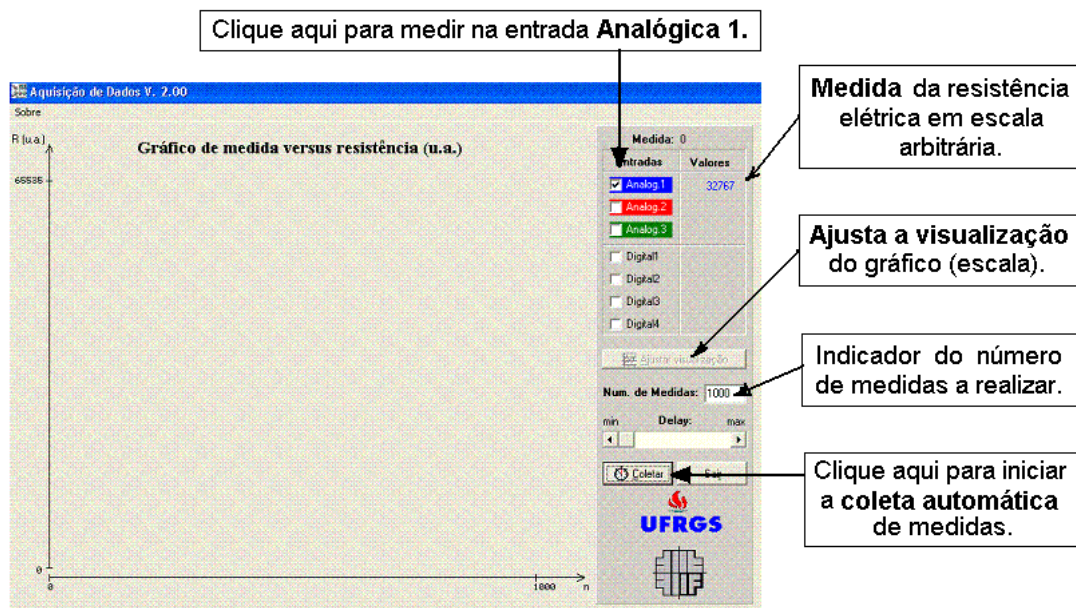


Figura 3: Visualização e utilização do **Aqdados 2.0** no microcomputador.

P4. *Desloca o pêndulo de sua posição inicial, clica **Coletar** e solta o pêndulo. O gráfico da resistência elétrica (**R**), em unidades arbitrárias, em função do número da medida (**n**) vai sendo formado junto com as medidas coletadas pelo computador. No final, o programa **Aqdados** solicita a indicação do nome de um arquivo para salvar os dados, tipo **dados1**, e o local onde será ele gravado, tipo **Disquete A**. Veja a **Figura 4**.*

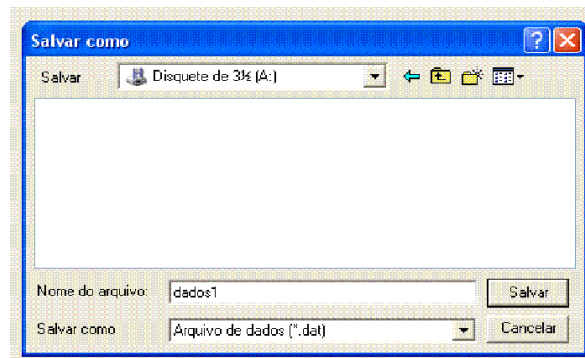


Figura 4: Tela **Salvar como** o arquivo com as **n** medidas.

P5. Para “calibrarmos” o potenciômetro, registra o valor da resistência elétrica indicada pelo programa Aqdados, para cada uma das posições do pêndulo indicados na **Figura 5**.

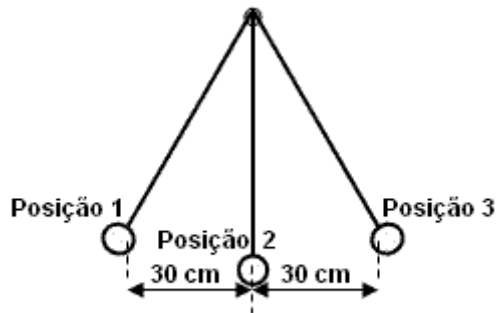


Figura 5: Posições do pêndulo.

Posição 1: R =.....

Posição 2: R =.....

Posição 3: R =.....

P6. Tu podes ver os dados coletados pelo microcomputador e manipular os seus valores, acionando a planilha Excel; em **Arquivo** selecione **Importar dados**, indicando no **Disquete A** o arquivo **dados1**. Se necessário peça ajuda ao professor nesta etapa!

P7. Com base em tuas observações e registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.

G1) Qual é a grandeza física que varia, no potenciômetro, quando o pêndulo é posto a oscilar?

G2) Para o pêndulo sem oscilação, na vertical, qual é o valor da resistência elétrica indicada para o potenciômetro?

G3) Para amplitudes máximas, $A = \pm 30$ cm, quais os valores da resistência elétrica do potenciômetro?

G4) As grandezas que **variam de forma contínua** são chamadas de **analógicas**. As grandezas que **variam de forma discreta (descontínuas)** são chamadas de **digitais**. A resistência elétrica do potenciômetro é uma grandeza analógica ou digital?

Experimento 2: Como funcionam os transdutores?

Material necessário: 1 multímetro, 1 chave (campainha), 1 chave (reset), 1 potenciômetro, 1 fototransistor, 1 reed-switch, 1 LDR (light dependent resistor), 1 termistor NTC (negative temperature coefficient) e 1 microfone (eletreto).

ATENÇÃO!

Neste experimento, faremos várias **leituras manuais da resistência elétrica apresentada por alguns transdutores**, com ou sem excitação externa, para melhor entender o seu comportamento eletroeletrônico. Para isto, usaremos apenas o multímetro digital (função ohmímetro).

Procedimentos sugeridos

P1. Coloca o multímetro na posição de ohmímetro, na escala de **2000 Ω** . Veja a **Figura 5**.

P2. Fixe as extremidades de cada um dos transdutores apresentados na **Tabela 1**, sempre registrando as suas resistências elétricas nos locais apropriados, primeiro **sem excitação**, e depois, **com excitação externa**.

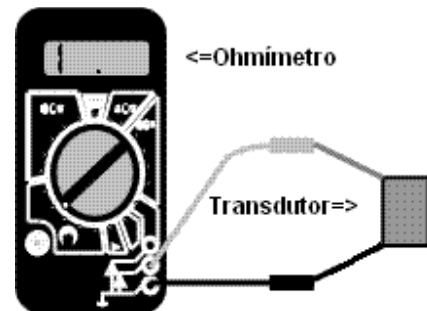


Figura 5: Ligação transdutor/ohmímetro.

Tabela 1: Transdutores com e sem excitação externa.

Transdutor	Aspecto	Símbolo	Excitação (tipo)	Resistência elétrica $R(\Omega)$ (sem excitação)	Resistência elétrica $R(\Omega)$ (com excitação)
Chave campainha			Pressionar o botão		
Chave reset			Pressionar o botão		
Potenciômetro			Girar o eixo		
LDR (fotorresistor)			Incidir luz / cobrir		
Foto transistor			Incidir luz / cobrir		
Reed-switch			Aproximar um ímã		
Termistor NTC			Esquentar / resfriar		
Microfone			Falar/apitar		

P3. Com base em tuas observações e registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.

G1) Qual foi a grandeza física que variou, na maioria dos transdutores (sensores), quando excitados externamente?

G2) Qual é a grandeza física (excitação) capaz de fazer variar a resistência elétrica do fototransistor? Dê um exemplo de aplicação para o fototransistor.

G3) Qual é a grandeza física capaz de fazer variar a resistência elétrica do termistor? Dê um exemplo de aplicação para o termistor.

G4) As grandezas que **variam de forma contínua** são chamadas de **analógicas**. Quais dos transdutores apresentaram este comportamento?

G5) As grandezas que apenas assumem **valores discretos** (descontínuos) são chamadas **digitais**. Quais destes transdutores apresentaram este comportamento?

G6) Seria possível utilizar diretamente um termistor ligado a um ohmímetro, para determinar a temperatura de um corpo? O que deveríamos fazer?

GUIA DE ATIVIDADES N.º 09

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 03/06/2008

Como fazer o computador "ler" os dados fornecidos pelos transdutores?
Como fazer o computador "ler" os dados fornecidos pelos transdutores?

Introdução

Na atividade anterior, analisamos o funcionamento e algumas aplicações dos transdutores (sensores) mais comuns encontrados no mercado, descrevendo as suas características e realizando algumas **medições manuais** das resistências elétricas apresentadas com ou sem excitação externa.

Nesta atividade, vamos aprofundar o estudo dos **transdutores** verificando como estes dispositivos devem ser conectados ao microcomputador, quais os cuidados e qual o tipo de "leitura" que o computador poderá realizar através deles (digital ou analógica).

Experimento 1: Como fazer o computador “ler” analogicamente a resistência elétrica de um transdutor?

Material necessário: 1 microcomputador, 1 chave campainha, 1 chave reset, 1 potenciômetro, 1 LDR, 1 foto transistor, 1 termistor NTC, 1 microfone, 1 conector DB15 (entrada de joystick)

Atenção!

Neste experimento faremos a **leitura analógica automatizada** da resistência elétrica apresentada por alguns transdutores, com ou sem excitação externa, **utilizando a entrada de joystick do computador** existente em sua placa de som.

Procedimentos sugeridos

P1. Ligar o conector DB15, preparado para leituras analógicas, à entrada de joystick do microcomputador.

ATENÇÃO!

Para leituras analógicas, usando o programa **Aqdados 2.0**, os pinos 1 e 6 do conector **BD15** devem estar **ligados entre si** (em curto-circuito) e os terminais para conexão ao sensor devem estar ligados assim: **vermelho no pino 1 (+ 5V)** e **preto no pino 3 (sinal)**, conforme a **Figura 1**.

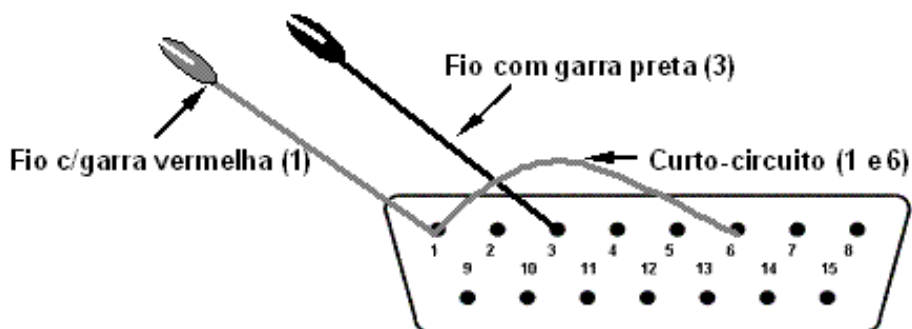


Figura 1: Ligação analógica no DB15

P2. Aciona agora o programa **Aqdados 2.0**. Existe um ícone específico para o programa **Aqdados 2.0** na **área de trabalho** do teu microcomputador.

P3. Aciona também a entrada **Analogica 1**. O programa Aqdados irá determinar a **resistência elétrica**, em unidades arbitrárias (u.a.), dos transdutores que forem ligados nos terminais vermelho e preto do conector DB15. A **Figura 2** apresenta a tela do Aqdados.

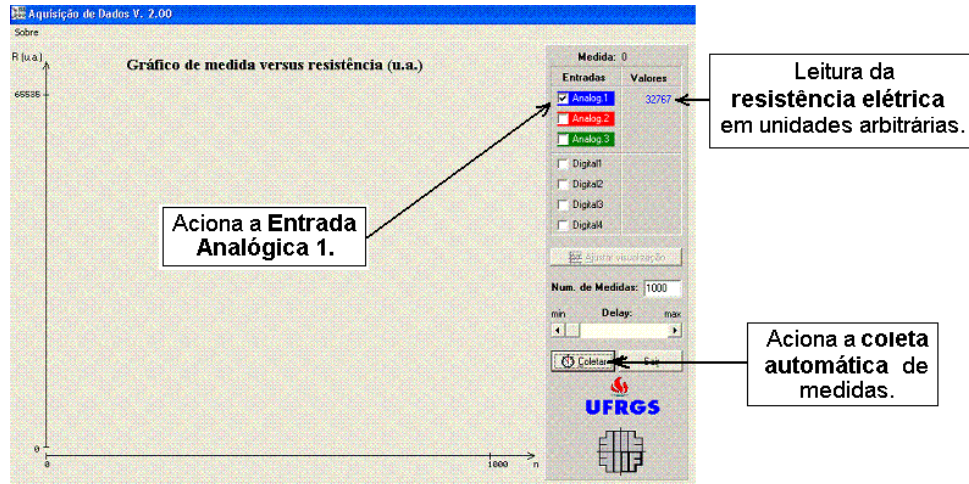


Figura 2: Visualização do Aqdados no microcomputador/Entrada Analógica.

P4. Conecta as extremidades de cada um dos transdutores apresentados na **Tabela 1** nos dois terminais-garra que derivam do conector DB15, sempre registrando a resistência elétrica apresentada para eles, primeiro, **sem excitação**, e depois, **com excitação externa**.

Tabela 1: Transdutores com e sem excitação externa/porta Analógica

Transdutor	Aspecto	Símbolo	Excitação (tipo)	Resistência Elétrica (escala arbitrária) sem excitação	Resistência Elétrica (escala arbitrária) com excitação
Chave campainha			Pressionar o botão		
Chave reset			Pressionar o botão		
Potenciômetro			Girar o eixo		
LDR (fotorresistor)			Incidir luz (lanterna)		
Foto transistor			Incidir luz (lanterna)		
Reed-switch			Aproximar um ímã		
Termistor NTC			Esquentar / Resfriar		
Microfone			Falar/apitar		

P5. *Completada as medições, vamos **testar a coleta automatizada de dados** do programa **Aqdados2.0**. Para isto, conecta o potenciômetro (transdutor) aos terminais do conector DB15, girando lentamente o seu eixo, várias vezes, para um lado e para outro, enquanto executas o procedimento a seguir.*

P6. *Para coletar os dados, indica primeiro o **Número de Medidas** a serem coletadas, e depois, clica em **Coletar**. Para cada medida n ($= 1, 2, \dots, N$), o computador faz a leitura da **resistência elétrica** (R) em unidades arbitrárias (u.a.) e, instantaneamente, coloca um ponto no gráfico R (u.a.) versus n . Por isto costuma-se dizer que o computador traça o gráfico em tempo real.*

P7. *No final o programa **Aqdados 2.0** solicita o nome de um arquivo para salvar os dados, tipo **dados1**, e o local onde será gravado, tipo **Disquete A**.*

Experimento 2: Como fazer o computador “ler” o estado digital de um transdutor?

Material necessário: 1 microcomputador, 1 chave campainha, 1 chave reset, 1 potenciômetro, 1 LDR, 1 fototransistor, 1 termistor NTC, 1 microfone, 1 conector DB15 (entrada de joystick)

Atenção!

Neste experimento faremos a **leitura digital automatizada** dos estados lógicos apresentados pelo transdutor, **0** ou **1**, neste caso, com ou sem excitação externa. O **estado lógico 0** (nível baixo) corresponde à resistência elétrica igual a **zero** entre os terminais do conector DB15 (eles estão encostados, ou seja, em curto-circuito).

O **estado lógico 1** (nível alto) corresponde à resistência infinita entre os terminais do conector DB15 (eles estão desencostados, ou seja, em aberto).

Procedimentos sugeridos

P1. *Ligar o conector DB15, preparado para leituras digitais, à entrada de joystick do microcomputador.*

ATENÇÃO!

Para leituras digitais, usando o programa Aqdados 2.0, os pinos 1, 3 e 6 devem estar ligados (em curto-circuito) e os terminais para conexão devem estar ligados: vermelho no pino 2 (sinal) e preto no pino 4 (terra = 0 V), conforme a **Figura 2**.

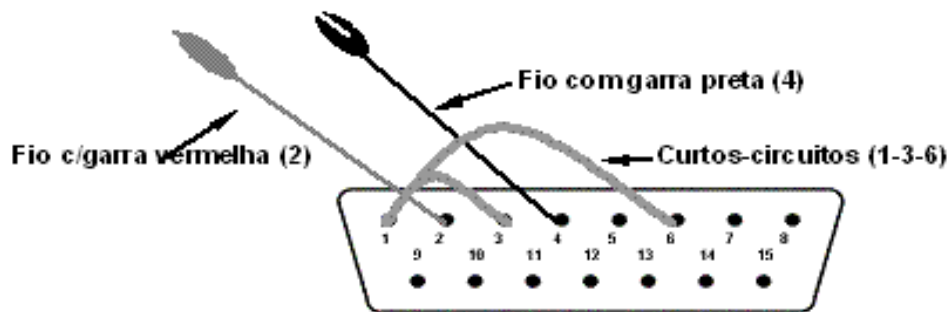


Figura 2: Ligação digital no DB15

P2. Aciona novamente o programa **Aqdados 2.0**. Aciona também a entrada **Digital 1**. O programa Aqdados irá determinar o **estado lógico (0 ou 1)** dos transdutores que forem ligados aos terminais vermelho e preto do conector DB15. A **Figura 3** apresenta a tela do Aqdados no microcomputador, para leitura digital.

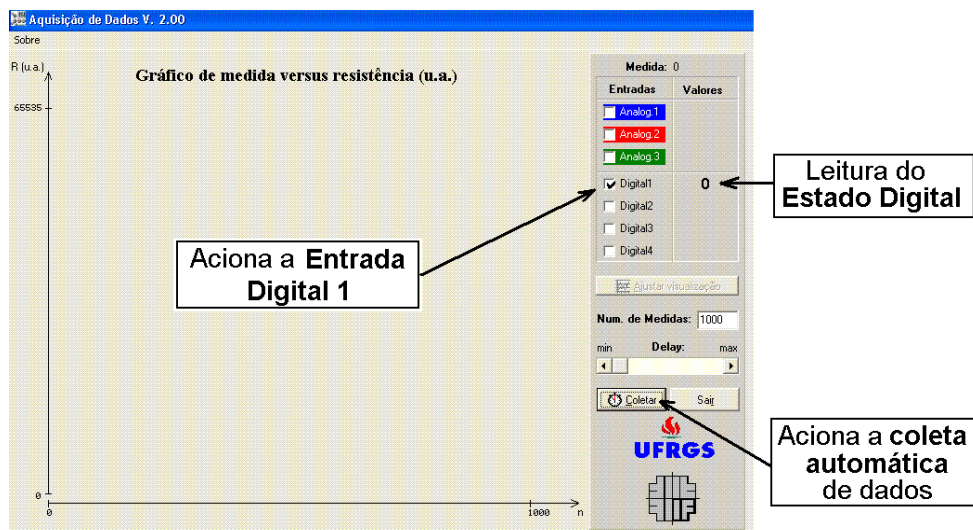


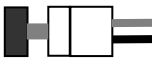





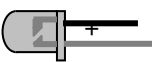
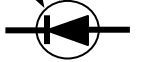

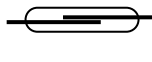


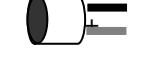



Figura 3: Visualização do Aqdados no microcomputador/Entrada Digital.

P3. Para determinar o **estado digital do transdutor** em um momento qualquer, clique na entrada **Digital 1** e o microcomputador começará apresentar, ao lado, os estados digitais do transdutor. Para testar o funcionamento, encoste e desencoste as garras dos terminais.

P4. Conecta as extremidades de cada um dos transdutores, apresentados na **Tabela 2**, nos terminais-garra que derivam do conector DB15, sempre registrando o **estado digital** apresentado, primeiro, **sem excitação**, e depois, **com excitação externa**.

Tabela 2: Transdutores com e sem excitação externa/porta Digital

Transdutor	Aspecto	Símbolo	Excitação (tipo)	Estado Digital sem excitação	Estado Digital com excitação
Chave campainha			Pressionar Botão		
Chave reset			Pressionar Botão		
Potenciômetro			Girar o eixo		
LDR (fotorresistor)			Incidir luz (lanterna)		
Foto transistor			Incidir luz (lanterna)		
Reed-switch			Aproximar um ímã		
Termistor NTC			Esquentar / Resfriar		
Microfone			Falar/apitar		

P5. Colete os dados e guarde os resultados em um arquivo com nome diferente do nome atribuído ao arquivo da atividade anterior. Mais adiante vamos aprender a abrir estes dados numa planilha (tipo Excel) e construir os gráficos relacionados às medidas obtidas.

P6. Com base em tuas observações e registros, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.

G1) Quais dos transdutores testados são mais apropriados para leituras digitais de dados? Justifique.

G2) Escolha um dos transdutores indicados para leituras digitais na questão anterior, exemplificando uma aplicação prática.

G3) Quais dos transdutores testados são mais apropriados para leituras analógicas de dados? Justifique.

G4) Escolha um dos transdutores indicados para leituras digitais e proponha uma aplicação prática para ele.

GUIA DE ATIVIDADES N.º 10

Nome dos alunos:

.....

..... Data: 10/06/2008

Como importar dados obtidos automaticamente no programa Aqdados?
Como importar dados obtidos automaticamente no programa Aqdados?

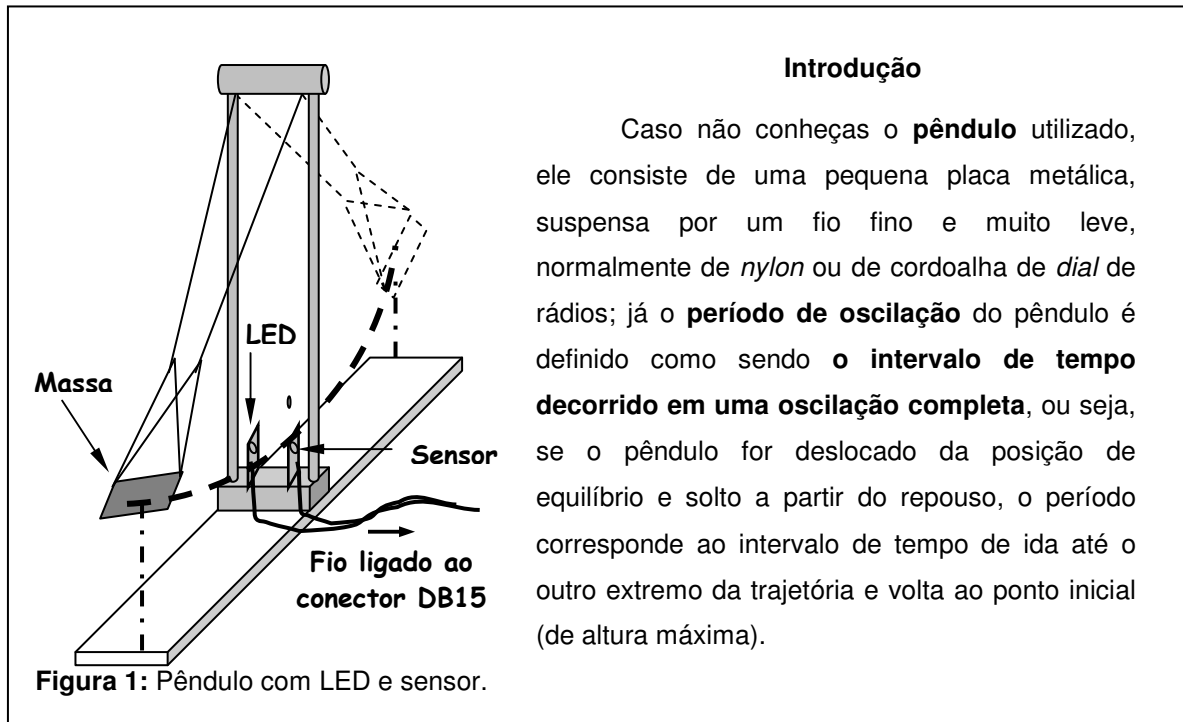
Introdução

Nas atividades anteriores observamos o comportamento elétrico/eletrônico de alguns tipos de transdutores, utilizados como sensores na medição automatizada de grandezas físicas. Testamos o seu comportamento com e sem excitação, primeiro com um multímetro e depois com as portas de entrada **Digital 1** e **Analógica 1** existentes no conector de *joystick* da placa de som de um microcomputador. Chegamos até a exemplificar a coleta de dados da amplitude de um pêndulo rígido acoplado a um potenciômetro, com a Entrada Analógica 1 do programa Aqdados.

Nesta atividade vamos utilizar a Entrada Digital 1 do programa Aqdados para determinar intervalos de tempo, envolvendo a oscilação do pêndulo e a sua velocidade média no trecho mais rápido de seu trajeto de oscilação (menor altura do solo). Para a leitura e processamento dos dados usaremos a planilha Excel, para importando as medidas obtidas automaticamente.

Experimento: *Como medir o período e a velocidade do pêndulo?*

Material necessário: 1 microcomputador c/Aqdados e planilha Excel, 1 pêndulo c/LED e foto transistor soldados ao conector DB15 (ligação p/a entrada digital de joystick)



Procedimentos sugeridos

P1. Inserir o conector DB15, preparado para leituras digitais (discretas), à entrada de joystick do microcomputador. Veja a **Figura 2**.

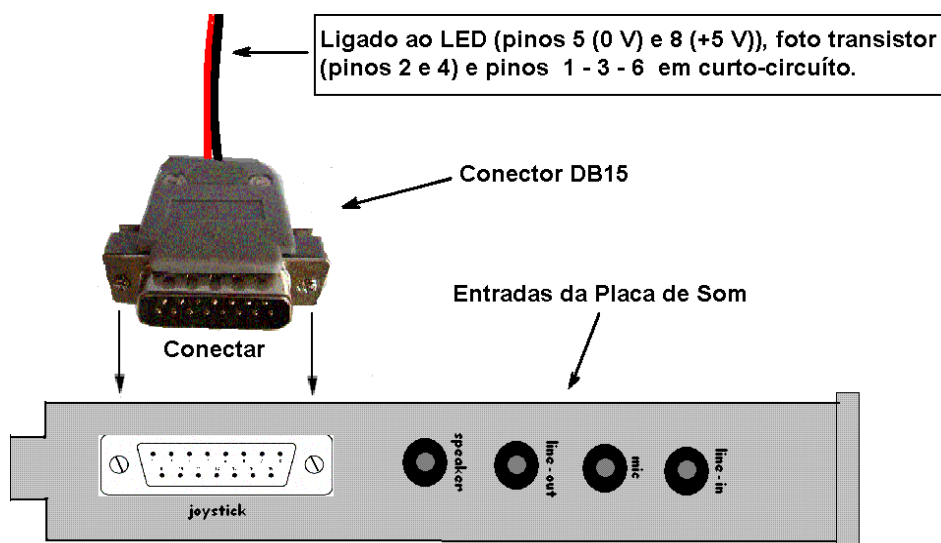


Figura 2: Conector DB15 e entrada da placa de som do microcomputador.

P2. Aciona, agora, o programa **Aqdados 2.0**. Aciona também a **Entrada Digital 1**. O programa **Aqdados** irá determinar o **estado (0 ou 1) da Entrada Digital 1**, ligada ao foto transistor através do conector DB15, usando sempre um mesmo intervalo de tempo (Δt) entre a coleta de duas medidas sucessivas. Seleciona **1000 medidas**. A **Figura 3** apresenta a tela do **Aqdados**.

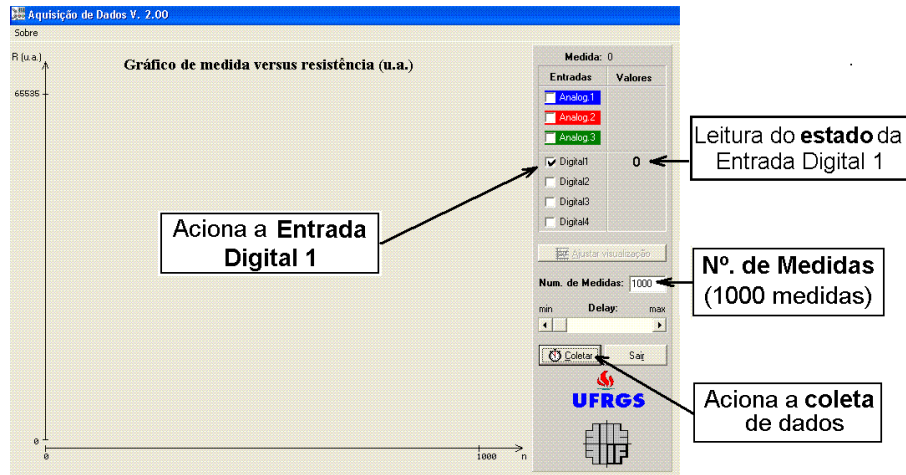


Figura 3: Visualização do **Aqdados** no microcomputador/Entrada Digital.

ATENÇÃO!

Cada vez que o pêndulo interromper o fluxo luminoso estabelecido entre o LED e o foto transistor, o **estado da Entrada Digital 1** passa de **1** para **0**. Teste!

P3. Coloca o pêndulo a oscilar e use o programa **Aqdados** para fazer **1000** medidas do **Estado da Porta Digital 1**.

P4. Completada as medições, indica o nome do **arquivo** para salvar os dados (tipo **dados1**) e o **local** onde ele será salvo (tipo **C:/Meus Documentos/GrupoEC**), conforme a **Figura 4**. Clica **Salvar** e saia do programa **Aqdados**, clicando **Sair**.

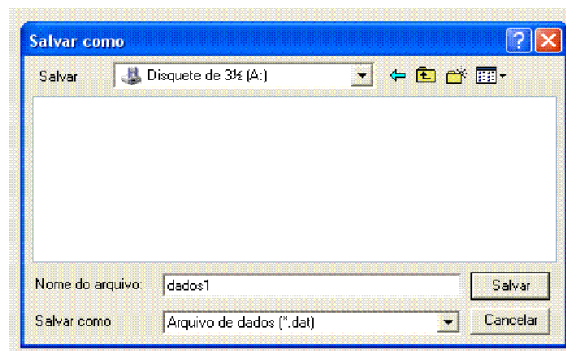


Figura 4: Tela de opção **Salvar como**.

P5. Para poderes “manipular” os dados coletados pelo programa Aqdados, no microcomputador, **aciona a planilha Excel**; em **Arquivo** seleciona **Abrir**, indicando, **C:/Meus Documentos/GrupoEC**. Seleciona em **Todos os Arquivos**, o arquivo **dados1**. Veja a **Figura 5**.

=====>Se necessário, peça ajuda ao professor nesta etapa! <=====

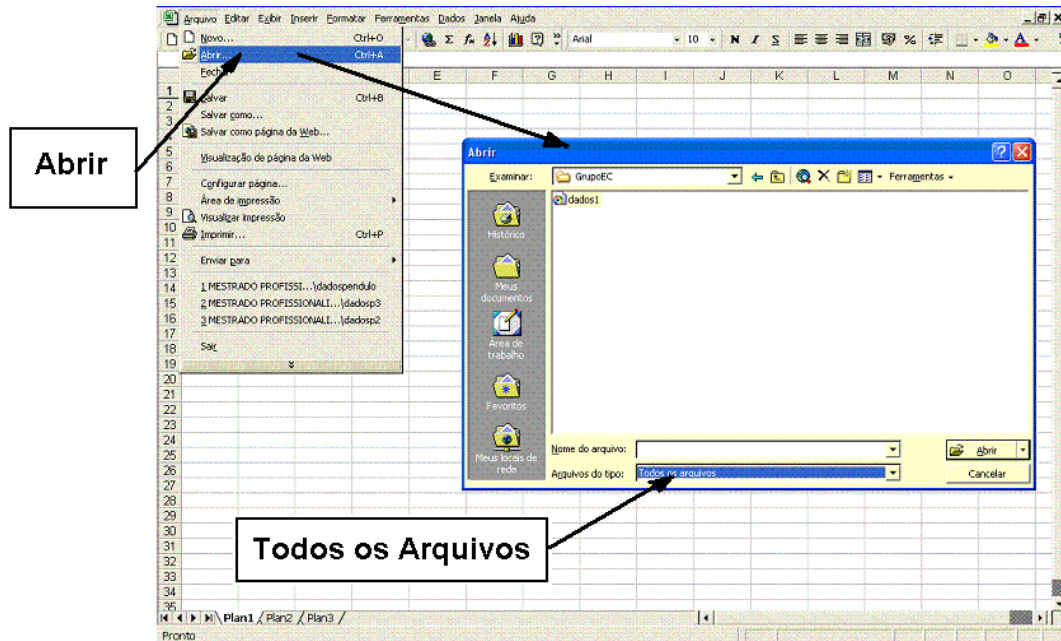


Figura 5: Tela de abertura Excel (Arquivo/Abrir)

P6. Clica, novamente, **Abrir** na nova janela aberta, e aparecerá outra janela **Assistente de importação**, como mostra a **Figura 6**. Clica, nesta janela, **Avançar**, **Avançar**, **Avançar** e **Concluir**, para que a planilha Excel complete a importação de dados e abra a sua planilha.

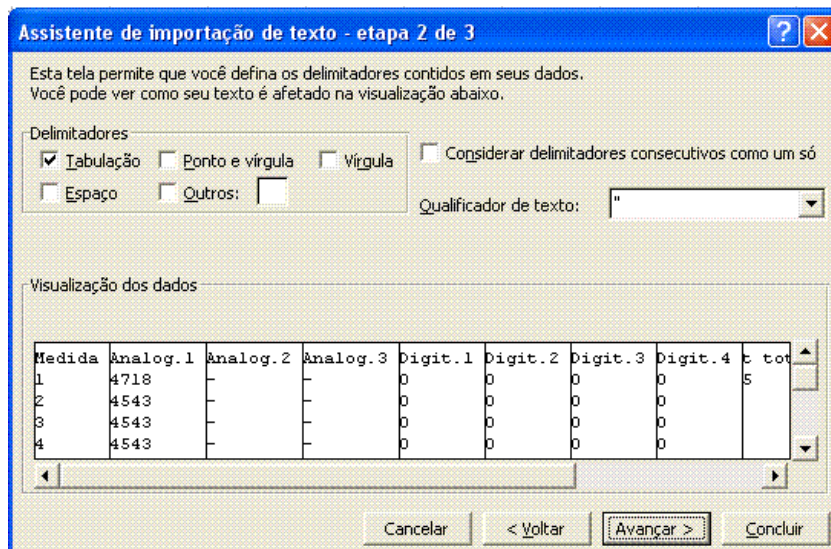


Figura 6: Janela Assistente de importação.

P7. Aberta a planilha Excel, como na **Figura 7**, observa primeiro a **coluna E** da planilha (**Digit.1**), onde estão indicados os **estados (0 ou 1)** da **Entrada Digital 1**. Depois, observa que na **coluna A** da planilha (**Medida**) estão indicados os **números das medidas** realizadas. Observa, finalmente, que na **coluna J** está indicado o **intervalo de tempo (Delta t(s))** decorrido entre duas medidas consecutivas. Registra abaixo este intervalo de tempo, pois ele será útil para determinar o período de oscilação do pêndulo:

$$\text{Delta } t(s) = \dots\dots\dots \text{ s.}$$

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Medida	Analog.1	Analog.2	Analog.3	Digit.1	Digit.2	Digit.3	Digit.4	t total (s)	Delta t (s)	
2	1	-	-	-	1	0	0	0	16	0,016	
3	2	-	-	-	1	0	0	0			
4	3	-	-	-	1	0	0	0			
5	4	-	-	-	1	0	0	0			
6	5	-	-	-	1	0	0	0			
7	6	-	-	-	0	0	0	0			
8	7	-	-	-	0	0	0	0			
9	8	-	-	-	0	0	0	0			
10	9	-	-	-	0	0	0	0			

Figura 7: Janela da Planilha Excel/Entradas Digitais.

P8. Analisando a **coluna E (Digit.1)**, determina e registra na **Tabela 1**, o número de medidas realizadas em cada uma das cinco primeiras oscilações completas do pêndulo.

Tabela 1: Período de oscilação.

Oscilações completas	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta	Média (por oscilação)
Número de leituras n (medidas)						
Período da oscilação T (s)						Tm =

P9. Calcula o **período T(s)** de cada oscilação, sempre registrando na **Tabela 1**.

P10. Completa a tabela, determinando o **período médio de oscilação (Tm)** do pêndulo nesta medição.

P11. Analisando a **coluna E (Digit.1)**, determina e registra na **Tabela 2**, o número de medidas realizadas em cada uma das **cinco** primeiras vezes que o pêndulo interrompeu o fluxo luminoso estabelecido entre o LED e o fototransistor (passando na frente dele), alterando o **estado da Entrada Digital 1 de 1 para 0**.

Tabela 2: Velocidade máxima de oscilação.

Interrupções do fluxo luminoso	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta	Média (por passagem)
Número de leituras <i>n</i> (medidas)						
Intervalo de tempo de passagem Δt (s)						
Velocidade média de passagem (m/s) $V_m = \Delta d / \Delta t$						$V_m =$

P12. Meça o **comprimento** (horizontal) da **placa metálica** do pêndulo (Δd) e registra abaixo, pois esta medida te será útil para determinar a **velocidade média** de passagem do pêndulo em frente ao sensor:

$\Delta d = \dots\dots\dots m.$

P13. Calcula a **velocidade média de passagem do pêndulo** (V_m), para as cinco passagens pelo sensor e registra no local apropriado na **Tabela 2**.

P14. Com base nos resultados obtidos, discuta e responde as questões que seguem no teu grupo.

G1) Qual é o intervalo de tempo decorrido entre duas medidas sucessivas realizadas pelo programa Aqdados? É possível alterá-lo? Como?

G2) Qual é o tempo decorrido na coleta total de dados deste experimento, registrado no arquivo **dados1**? O algarismo duvidoso desta medida de tempo está na casa dos segundos, décimos de segundo, centésimos ou milésimos de segundo? Justifique.

G3) Quantas medições o programa Aqdados fez, em média, para cada oscilação completa do pêndulo?

G4) Na **Tabela 1**, qual a medida mais confiável para o **período do pêndulo T(s)**, a primeira, a segunda,..., ou a média aritmética delas (**T_m**). Como você explica?

G5) Quantas oscilações completas do pêndulo são necessárias para medir um intervalo de tempo de dois minutos?

G6) Como o programa Aqdados registrou, indiretamente, o tempo de passagem do pêndulo em frente do sensor óptico?

G7) Qual é a grandeza física que varia, no fototransistor, quando o pêndulo é posto a oscilar?

G8) A velocidade de translação do pêndulo em oscilação varia? Onde ela tem os seus valores máximo e mínimo e quais são os seus prováveis valores?

G9) O que acontece com a **amplitude de oscilação (A)** e com a **velocidade máxima do pêndulo (V)** em oscilação à medida que o tempo passa? Por que isto acontece?

GUIA DE ATIVIDADES N.º 11

Nome dos alunos:

.....

..... Data: 17/06/2008

Como medir a velocidade do som na sala de aula?

Introdução

Na atividade anterior realizamos a medida automatizada de intervalos de tempo associados à oscilação de um pêndulo, utilizando um LED como excitador e um foto-transistor como sensor óptico. Determinamos o período de oscilação e a velocidade aproximada atingida no ponto mais baixo de sua trajetória. O foto-transistor estava conectado a uma porta digital do conector de *joystick* do microcomputador. Também usamos o programa Aqdados 2.0 para a aquisição automática de medidas (dados) e a planilha Excel para ler e analisar as medidas já coletadas automaticamente.

Nesta atividade vamos realizar uma medição considerada impossível em uma sala de aula por um grande número de professores de Física de Ensino Médio e por leigos, especificamente vamos determinar a **velocidade de propagação** do som no ar. Para isto, vamos primeiro aprender a utilizar o programa **Goldwave v4.26 para Windows 95 e mais recentes** (*shareware*: liberado para teste durante 30 dias, podendo ser desinstalado e instalado por mais 30 dias (existem versões mais atuais)). Além disto, esta atividade visa ampliar um pouco os seus conhecimentos sobre as ondas sonoras.

Experimento: Qual é a velocidade do som no ar?

Material necessário: 1 microcomputador c/Goldwave, 1 circuito pré-montado c/dois microfones, 1 colher, 1 panela e 1 trena.

Procedimentos sugeridos

P1. Caso ainda não esteja pronto, monta o **circuito elétrico** que permitirá ao computador, através do programa **Goldwave v4.26** (Goldwave, 2008), captar em dois pontos distintos (estéreo) e registrar o sinal emitido por uma fonte sonora. A **Figura 1** mostra este circuito.

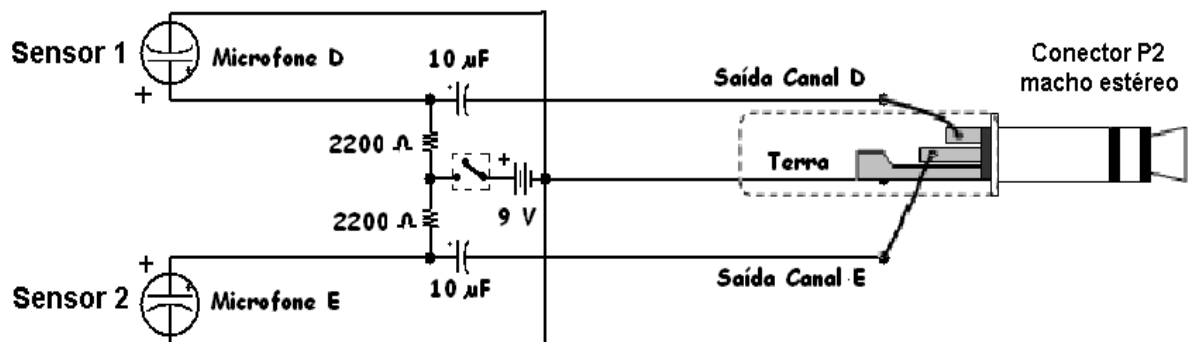


Figura 1: Circuito elétrico com microfones (eletretos).

P2. Conecta o **circuito elétrico** com os microfones (c/bateria 9,0 V já ligada) à **entrada "Line In"** da placa de som do microcomputador (o conector tem cor azul). Veja a **Figura 2**.

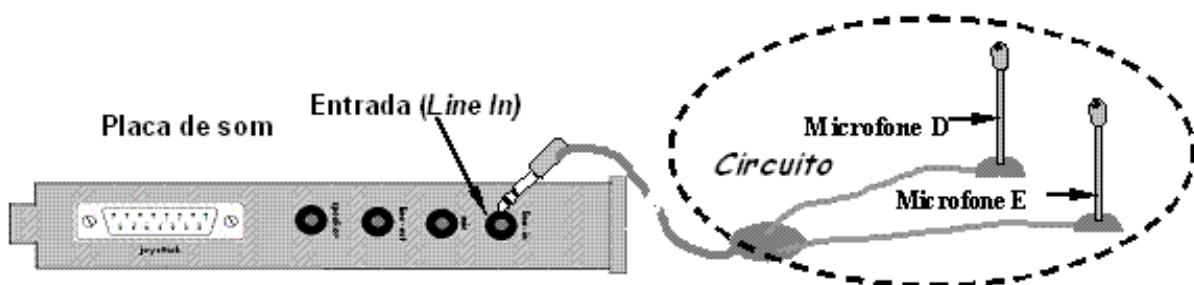


Figura 2: Entrada da placa de som e microfones.

P3. Aciona, agora, o programa **Goldwave v4.26**. Com ele, tu poderás gravar, analisar e decompor os sons por ele gravados, além de determinar intervalos de tempo entre partes selecionadas destes sons. Existe um ícone específico para ele na **área de trabalho** do seu microcomputador. A **Figura 3** apresenta a tela inicial do programa **Goldwave v4.26** no microcomputador.

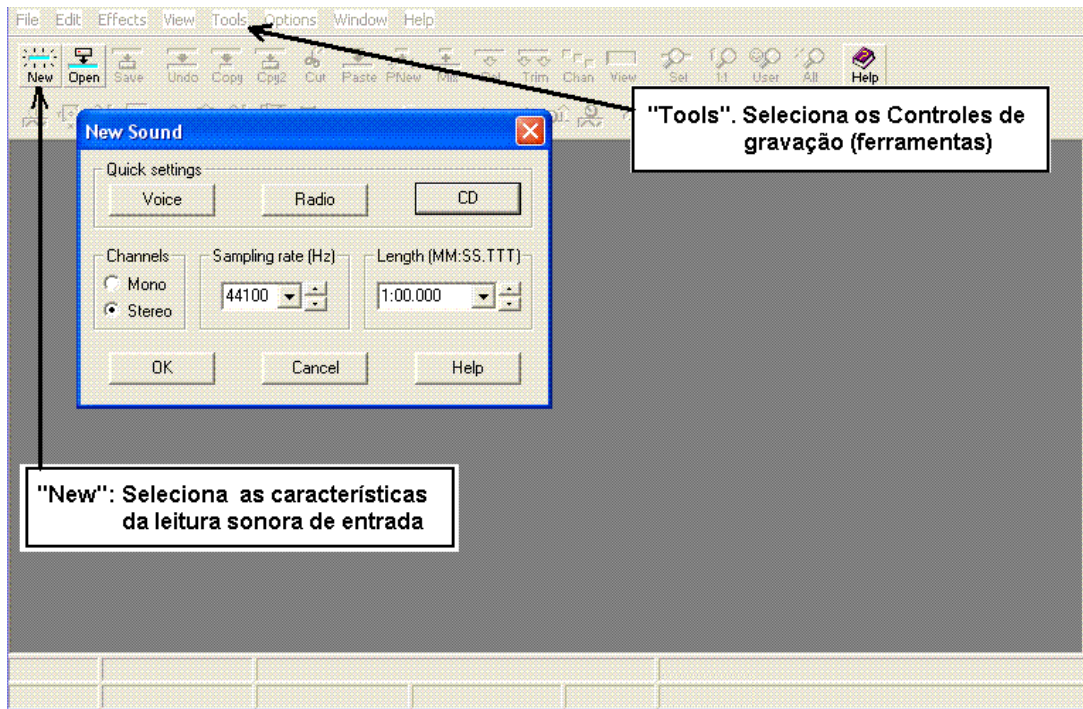


Figura 3: Visualização da tela do Goldwave.

P4. Na tela inicial do programa **Goldwave**, clica em **"New"** e aparecerá a janela **"New sound"**, onde debes seleccionar a função **"CD"**, o modo **"Stereo"**, a freqüência de leitura **"48000 Hz"** e o intervalo de tempo 1 min (**"1:00,000"**). Após a seleção realizada, clica **OK..**

P5. Na tela inicial do programa **Goldwave**, clica em **"Tolls"** e seleccione **"Device Controls"**, aparecendo então a sua janela, como mostra a **Figura 4**, no canto inferior esquerdo da tela.

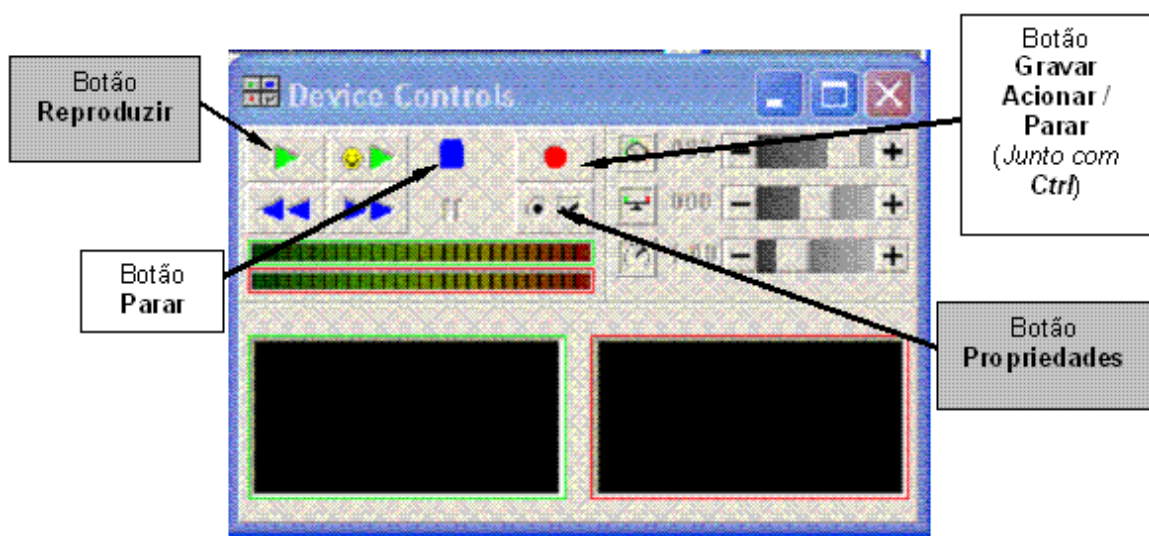


Figura 4: Janela *Device Controls* do Goldwave.

P6. Na janela “**Device Controls**”, clica o botão “**Propriedades**”, abrindo uma nova janela (Figura 5 à esquerda). Clica em “**Volume**” e selecione a conexão “**Entrada**” ou “**Line In**” (Figura 5 à direita).

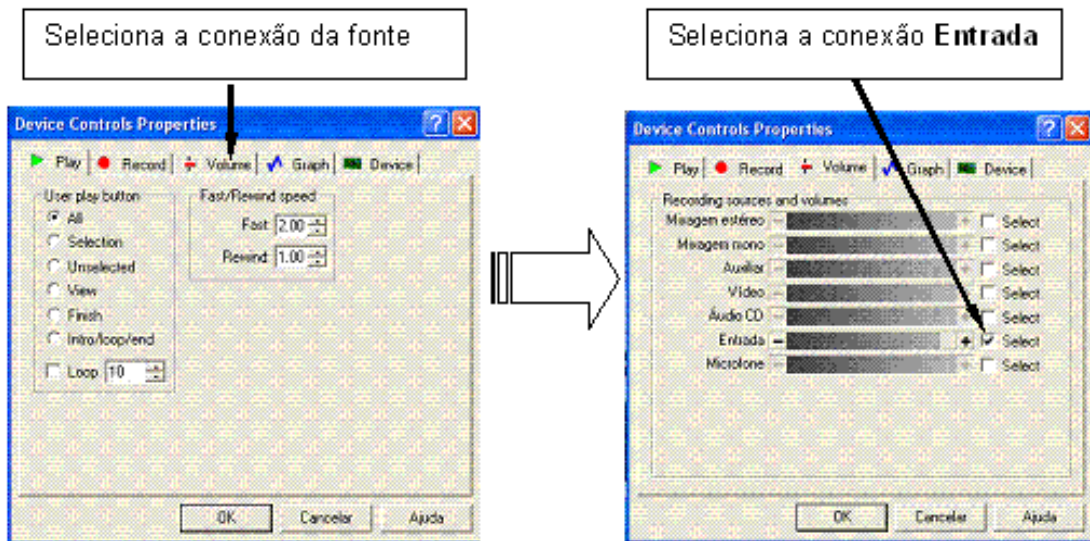




Figura 5: Device Controls Propriedades / Volume.

P7. Para gravar o som incidente nos microfones, mantendo pressionada a tecla “**Ctrl**”, clica **gravar** (), na janela “**Device Controls**”. Para encerrar a gravação, clica **parar** () na janela “**Device Controls**”. Aparecerá, então, na tela do **Goldwave**, uma janela com dois gráficos que representam a onda sonora incidente em cada um dos microfones, como mostra a **Figura 6**.

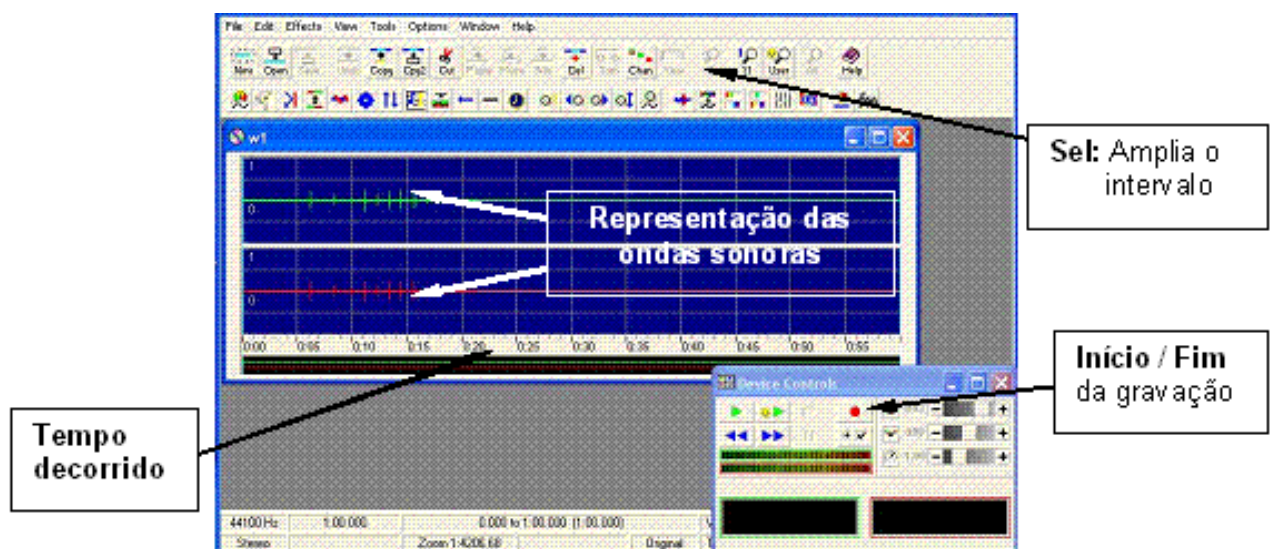


Figura 6: Gravação dos pacotes sonoros.

P8. Faça um teste, gravando e reproduzindo, em estéreo, a conversa entre dois colegas.

ATENÇÃO!

Até agora, nesta atividade, aprendemos a usar o programa *Goldwave* para a **aquisição automática de dados** “sonoros” (procedimentos P1 a P8).

Vamos agora iniciar a **etapa mais importante desta atividade**, determinando, através do programa *Goldwave*, o **intervalo de tempo (Δt)** decorrido para o som percorrer a **distância (d)** entre dois microfones, permitindo assim a determinação da sua **velocidade de propagação (v)**, através da análise do som incidente nos dois microfones. Vamos lá!

P9. Alinha os dois microfones com uma fonte sonora, como mostra a **Figura 7**. A fonte sonora deve produzir sons fortes para serem registrados nos dois microfones. Para isto, tu podes golpear, com uma colher ou haste metálica, uma panela ou lata metálica.

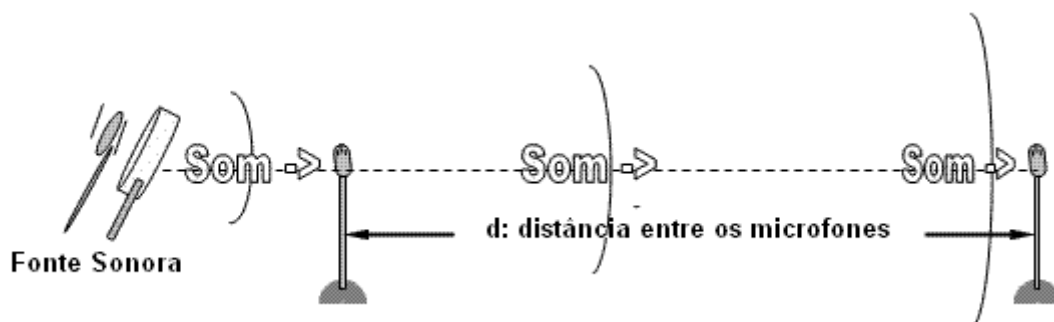




Figura 7: Fonte sonora e microfones alinhados.

P10. Inicia a gravação (**Ctrl + **) do programa **Goldwave**, gravando o som produzido por, no mínimo, **cinco golpes** na panela ou lata metálica. Encerre a gravação (****) e **responde:**

G1) A distância percorrida pelo som, para atingir cada um dos microfones, a partir da fonte sonora, é a mesma? Qual a distância percorrida (d) pelo som entre os dois microfones?

G2) Como é possível verificar, no gráfico, os instantes em que os sons produzidos atingiram os microfones?

G3) O som produzido por um mesmo golpe, na panela ou lata, atinge os dois microfones ao mesmo tempo? Tu consegues observar isto nos gráficos? Por quê?

G4) O que tu precisas para determinar a velocidade do som entre os dois microfones?

P11. Para determinar o intervalo de tempo Δt decorrido para o som percorrer a distância d entre os dois microfones, seleciona e arrasta, com o botão esquerdo do **mouse**, o início de uma das batidas, e, com o botão esquerdo, o final dele. Amplia este intervalo clicando em **Sel.**

P12. Repita o procedimento anterior várias vezes, até conseguir visualizar o instante da chegada do som em cada um dos microfones. Veja a **Figura 8**.

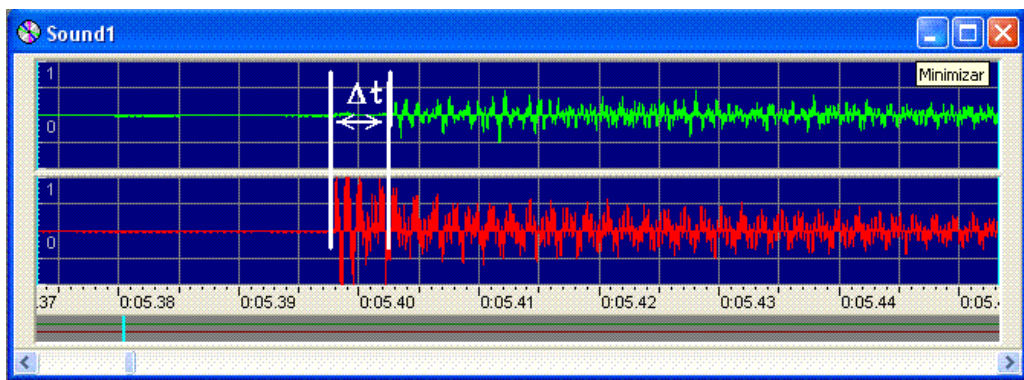


Figura 8: Defasagem da chegada dos sons.

P13. Determina, então, o **intervalo de tempo Δt** existente entre os inícios dos sons captados pelos dois microfones, registrando-o no espaço apropriado da **Tabela 1**.

P14. Repita estes procedimentos para mais quatro golpes na lata, sempre registrando estes intervalos de tempo (Δt) na **Tabela 1**.

Tabela 1: Valores obtidos experimentalmente.

Medidas	Intervalo de tempo Δt (s)	Velocidade V (m/s)
1ª		
2ª		
3ª		
4ª		
5ª		
Valor médio da velocidade do som no ar		$V_m =$

P15. Determina a velocidade do som para cada uma das medições realizadas e registra na **Tabela 1**.

P16. Calcula e regista na **Tabela 1** o valor médio (V_m) das velocidades de propagação do som, obtidas experimentalmente. **Este é o valor aproximado da velocidade do som no ar desta sala.**

P17. Aciona um **navegador** da Internet para acessar a página do endereço listado abaixo. Para facilitar esta tarefa, este endereço também se encontra em **Favoritos** no **navegador** da **Internet**.

http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/natureza_som.html

P18. **Através das observações e registros efetuados, comenta e discute com teus colegas, respondendo às questões que seguem.**

G1) Como o som consegue se propaga no ar?

G2) O que acontece com as partículas que compõem o ar quando o som passa? Elas se deslocam, acompanhando o som se propagando? Que tipo de movimento elas executam?

G3) A **Tabela 2** apresenta as velocidades de propagação de uma onda sonora, a uma mesma temperatura, em diversos meios de propagação. Responde as questões que seguem.

Tabela 2: Velocidade de propagação da luz em função do meio de propagação.

Meios de propagação (a 20° C)	Velocidades de propagação (m/s)	Velocidades de propagação (km/h)
Vácuo	NÃO HÁ SOM NO VÁCUO	NÃO HÁ SOM NO VÁCUO
Ar	340	1224
Água	1500	5400
Ferro	5100	18360

A) Por que os astronautas precisam de transmissores e receptores de ondas de rádio para conversar no espaço, mesmo estando muito próximos?

B) Onde o som se propaga com maior velocidade, no ar ou no ferro? Tenta explicar!

- C) Em filmes antigos do velho Oeste Norte-Americano, é comum vermos um índio com o ouvido colado no chão rochoso, para saber se há alguma tropa de soldados se aproximando. Por que o índio assim procedia? O som não se propagava no ar nesta época ou o índio é que era surdo?

G4) A **Tabela 3** apresenta as velocidades de propagação do som no ar, ao nível de mar, a diversas temperaturas. Responde as questões que seguem.

Tabela 3: Velocidade de propagação do som no ar em função da temperatura.

Temperatura do ar (ao nível do mar)	-10 °C	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
Velocidade de propagação (m/s)	325,25	331,5	337,5	343,5	349,5	355,5

- A) A velocidade do som no ar aumenta, diminui ou permanece inalterada, à medida que a temperatura do ar aumenta?
- B) Qual o aumento da velocidade de propagação do som no ar, quando a temperatura do ar aumenta em 10 °C? E em 100 °C?
- C) Com o aumento da temperatura, mantida a pressão constante, as moléculas de ar se agitam mais, mas mesmo assim a velocidade do som no ar aumenta? Como isto é possível?

G5) Ultra-sons são sons com freqüências acima de 20.000 Hz. Morcegos utilizam ultra-sons para se orientarem, já que pouco enxergam. Discuta com seu grupo a razão de não ouvirmos estes sons e como eles percebem obstáculos em seu vôo.

GUIA DE ATIVIDADES N.º 12

Nome dos alunos:

.....

.....

Data: 24/06/2008

Quais as principais relações que podem ser estabelecidas
entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno? (I)

Introdução

Nas atividades deste semestre, realizamos diversas medidas, manuais e automatizadas, de grandezas físicas presentes em eventos selecionados, concentrando a atenção no processo e unidades utilizadas, na sua expressão com algarismos significativos e sua ordem de grandeza, sua confiabilidade e incidência de diversos erros que sempre as acompanham.

Na atividade da aula passada, medimos a **velocidade de propagação do som no ar**, utilizando o programa **Goldwave v4.26**, medição esta considerada impossível em sala de aula, pela maioria dos professores de Física de Ensino Médio.

Nas atividades de hoje e da próxima aula, vamos priorizar a observação e a busca das relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas associadas a um mesmo evento, caracterizando estas relações gráfica e analiticamente, realizando previsões e extrapolações de novos resultados, muito importantes nas atividades da Física.

Atividade 1: Qual é a relação entre a elongação produzida numa mola e a intensidade da força a ela aplicada?

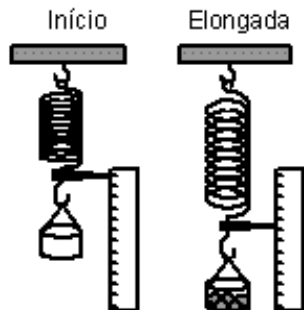


Figura 1: Mola suspensa.

Introdução

Uma mola helicoidal se deforma quando equilibra um corpo suspenso a ela. Quando isto acontece, a força responsável pela deformação tem o mesmo valor do peso do corpo suspenso.

Variando-se o peso do corpo suspenso, pode-se sujeitar a mola a forças deformadoras diferentes.

No início, a mola suportava apenas um recipiente leve. Depois, foram acrescentadas diversas bolinhas a este recipiente e medidas as elongações (deformações) produzidas pelas bolinhas sobre a mola, utilizando uma régua, como mostra a Figura 1.

Procedimentos sugeridos

P1. Analisa o peso das bolinhas (F) suspensas na mola e as elongações na mola (x) produzidas pelas bolinhas suspensas, que estão apresentadas na Tabela 1. Nestes registros, observa como cada uma das grandezas varia e como elas variam uma em relação à outra.

Tabela 1: Peso aplicado x elongação da mola.

NÚMERO DE BOLINHAS	1	2	3	4	5
Peso das bolinhas (F) (gf)	5	10	15	20	25
Elongação da mola (x) (cm)	3	6	9	12	15
Razão (F / x) (gf/cm)					

P2. Calcula a razão F / x sugerida na quarta linha da Tabela 1.

P3. Com base em tuas observações e registros na Tabela 1, comenta e responde com teus colegas às questões que seguem.

G1) O que acontece com a elongação da mola, quando é aumentado o peso das bolinhas suspensas (ou o número de bolinhas suspensas)?

G2) O que tu podes observar na razão calculada na quarta linha da Tabela 1? O que isto significa?

G3) Utilizando os dados registrados na **Tabela 1**, construa o **Gráfico 1** do **peso das bolinhas suspensas (F)** em função da **elongação da mola (x)**.

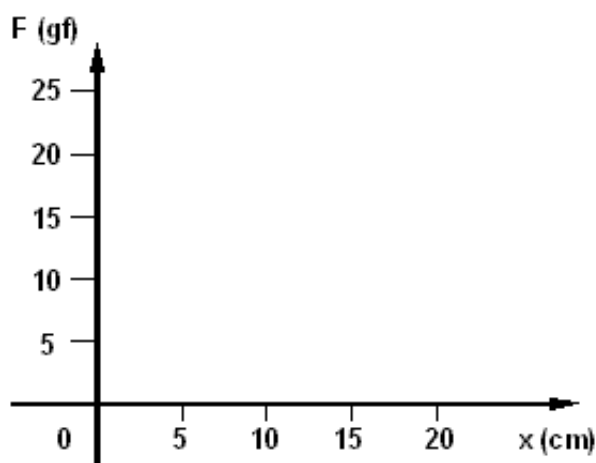


Gráfico 1: O peso das bolinhas suspensas em função da elongação da mola.

G4) Qual seria a elongação da mola para 10 bolinhas suspensas? E para meia bolinha?

G5) Neste caso, qual é, aproximadamente, a relação que pode ser estabelecida entre a **elongação da mola** e o **peso das bolinhas suspensas** nela? O que isto significa?

Atividade 2: Para amostras de uma mesma substância, as medidas de massa e de volume têm alguma relação?

Introdução



Figura 2: Instrumentos de medida.

Diversas amostras, de um mesmo tipo de **mármore** homogêneo, têm as suas **massas (m)** e os seus **volumes (V)** determinados utilizando-se os instrumentos de medida, respectivamente, uma balança de prato e um copo becker, como mostra a **Figura 2**.

Procedimentos sugeridos

P1. Analisa as massas (m) de cada uma das amostras de mármore e os seus respectivos volumes (V), que estão apresentados na **Tabela 2**. Nestes registos, observa como cada uma das grandezas varia e como elas variam uma em relação à outra.

Tabela 2: Massa e volume das amostras de mármore.

AMOSTRA DE MÁRMORE	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta
Massa da amostra (g)	26	39	53	76	98
Volume da amostra (V) (mℓ)	9	14	19	27	35
Razão (m / V) (g/mℓ)					

P2. Calcula a razão (m / V) sugerida na quarta linha da **Tabela 2**.

P3. Com base em tuas observações e registos na **Tabela 2**, comenta e responde com teus colegas às questões que seguem.

G1) O que acontece com a massa das amostras de mármore, quando o volume destas amostras aumenta?

G2) Utilizando os dados registrados na **Tabela 2**, construa o **Gráfico 2** da massa da amostra (m) de mármore em função do seu volume (V).

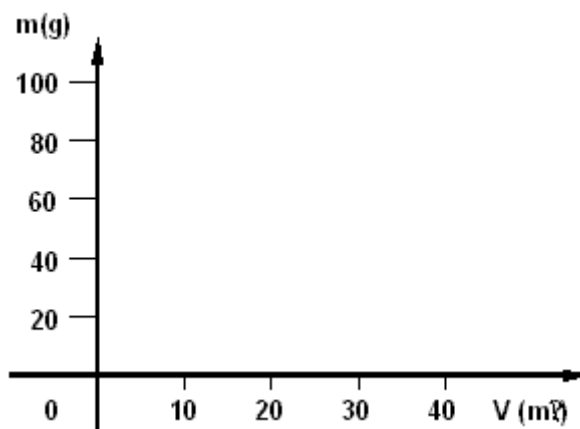


Gráfico 2: A massa da amostra de mármore em função do seu volume.

G3) O que tu podes observar na razão calculada quarta linha da **Tabela 2**? Qual o significado físico do valor encontrado?

G4) Qual seria a massa de uma amostra de mármore com um volume de 250 ml? E de 3 ml?

G5) Neste caso, qual é, aproximadamente a relação que pode ser estabelecida entre a **massa da amostra** e o seu **volume**? O que isto significa?

T1. Com base em tuas respostas e observações nestas duas primeiras atividades, comenta e regista **as características principais** da relação estabelecida entre as grandezas destes dois eventos, em termos de:

- classificação da relação estabelecida.
- propriedade estabelecida entre as suas medidas.
- forma do gráfico obtido.

ATENÇÃO: Caso você não consiga atender a solicitação anterior (T1), leia o quadro abaixo.

Grandezas diretamente proporcionais

Duas grandezas são **diretamente proporcionais** quando a **razão** de todos os valores da primeira grandeza pelos correspondentes valores da segunda grandeza resulta numa **constante**. Aumentando-se o valor da primeira (dobrando, triplicando, ...), o valor da segunda grandeza aumenta na mesma proporção (dobrando, triplicando, ...).

Atenção!

Registrando os pares de valores correspondentes destas duas grandezas, através de pontos, obtém-se um conjunto de pontos alinhados sobre uma mesma **reta**, que passa pela origem (0,0) do plano cartesiano.

Atividade 3: O período de oscilação do pêndulo depende de sua massa?

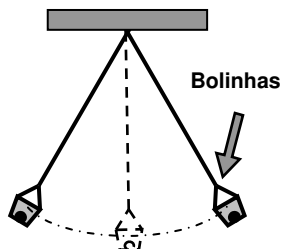


Figura 3: Pêndulo.

Introdução

Um pêndulo tem a sua massa alterada diversas vezes. Em cada uma destas vezes, foram medidos o período de oscilação do pêndulo e a sua massa, utilizando-se um cronômetro digital e uma balança de prato para isto. Veja a **Figura 3**.

Procedimentos sugeridos

P1. Analisa os períodos de oscilação (T) e as respectivas massas do pêndulo (m), que estão apresentados na **Tabela 3**.

Tabela 3: Período de oscilação do pêndulo em função de sua massa.

Número de bolinhas	Uma	Duas	Três	Quatro	Cinco
Massa do pêndulo m (g)	5	10	15	20	25
Período do Pêndulo T (s)	1,48	1,47	1,48	1,49	1,48

P2. Com base em tuas observações e registros da **Tabela 3**, comenta e responde com teus colegas às questões que seguem.

G1) O que aconteceu com o período de oscilação do pêndulo, quando foi aumentada a sua massa (bolinhas adicionadas)? Ele variou significativamente com a alteração de sua massa?

G2) Podemos afirmar que o período de oscilação do pêndulo depende diretamente de sua massa? Por quê?

G3) Colocando-se seis bolinhas no pêndulo, qual será o seu período? E dez bolinhas? Explique.

G4) Utilizando os dados registrados na **Tabela 3**, construa o **Gráfico 3** do **período de oscilação (T)** do pêndulo em função da sua **massa (m)**.

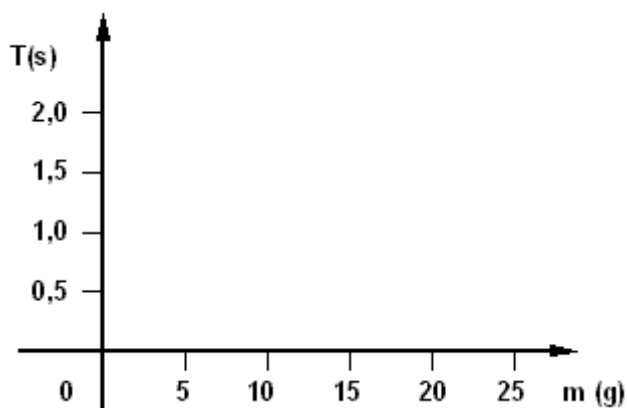


Gráfico 3: O período de oscilação do pêndulo em função de sua massa.

G5) Neste caso, qual a relação que pode ser estabelecida entre o **período de oscilação do pêndulo (T)** e a sua **massa (m)**? Ela é semelhante à relação estabelecida nas atividades 1 e 2? Por quê?

Atividade 4: *Qual é a relação que pode ser estabelecida entre o período de um pêndulo e o seu comprimento?*

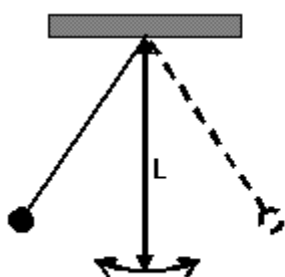


Figura 3: Pêndulo oscilando.

Introdução

Um pêndulo tem o seu comprimento alterado diversas vezes. Em cada uma destas vezes, foram medidos o período de oscilação do pêndulo (T) e o seu comprimento (L), utilizando um cronômetro digital e uma régua longa, respectivamente. O comprimento do fio é sempre bem maior que a dimensão da esfera presa à sua extremidade.

Veja a **Figura 3**.

Procedimentos sugeridos

P1. *Analisa os períodos de oscilação do pêndulo (T) e os seus respectivos comprimentos (L), que estão apresentadas na **Tabela 4**.*

Tabela 4: Período do pêndulo x comprimento do pêndulo.

MEDIÇÕES REALIZADAS	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Comprimento do pêndulo (L) (cm)	20	40	60	80	100
Período de oscilação (T) (s)	0,9	1,3	1,5	1,8	2,0
Razão (T / L) (s/cm)					

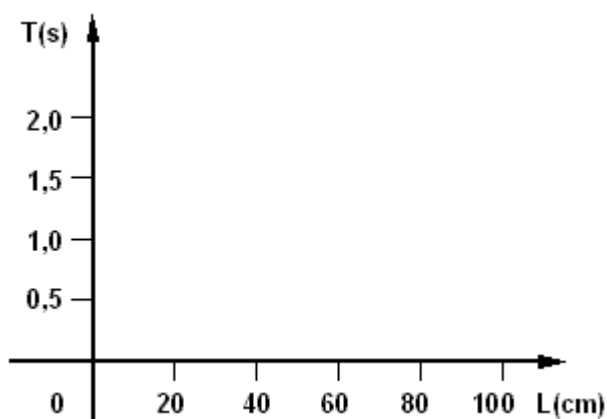
P2. Calcula a razão sugerida na quarta linha da **Tabela 4**.

P3. Com base em tuas observações e registros da **Tabela 4**, comenta e responde com teus colegas às questões que seguem.

G1) O que acontece com o período de oscilação do pêndulo (T), quando é aumentado o seu comprimento (L)?

G2) O que tu podes observar na razão calculada na quarta linha da **Tabela 4**? O que isto significa?

G3) Utilizando os dados registrados na **Tabela 4**, construa o **Gráfico 4** do período de oscilação do pêndulo (T) em função do seu comprimento (L).

**Gráfico 4:** O período de oscilação do pêndulo em função do seu comprimento.

G4) Qual deveria ser o comprimento do pêndulo para ter um período de oscilação de 6 segundos? Tu consegues prever o comprimento com precisão?

G5) Neste caso, é possível afirmar que o **período de oscilação do pêndulo** é **diretamente proporcional** ao seu **comprimento**? Por quê?

P4. Vamos então tentar outra relação, elevando **ao quadrado os períodos do pêndulo (T^2)**, obtendo os dados da terceira linha da **Tabela 5**.

Tabela 5: Período do pêndulo ao quadrado em função do seu comprimento.

MEDIÇÕES REALIZADAS	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Comprimento do pêndulo L(cm)	20	40	60	80	100
(Período de oscilação) ² T ² (s ²)	0,8	1,7	2,3	3,2	4,0
Razão T ² /L (s ² /cm)					

P5. Calcula a razão sugerida na quarta linha da **Tabela 5**.

P6. Com base em tuas observações e registros da **Tabela 5**, comenta e responde com teus colegas às questões que seguem.

G1) O que tu podes observar na razão calculada quarta linha da **Tabela 5**? O que isto pode significar?

G2) Utilizando os dados registrados na **Tabela 5**, construa o **Gráfico 5** do **quadrado do período de oscilação do pêndulo (T^2)** em função do **seu comprimento (L)**.

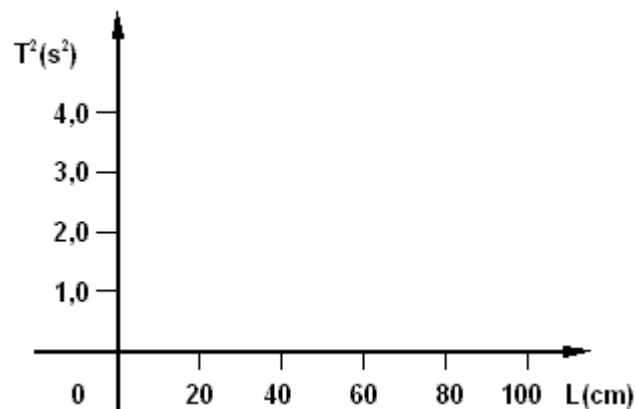


Gráfico 5: O quadrado do período de oscilação do pêndulo em função do seu comprimento.

G3) Neste caso, qual a relação que pode ser estabelecida entre o **quadrado do período de oscilação (T^2)** do pêndulo e o seu **comprimento (L)**? Por quê?

G4) Vamos novamente repetir o questionamento **G4** do procedimento **P3**, ou seja, qual deveria ser o comprimento do pêndulo para ter um período de oscilação de 6 segundos?

GUIA DE ATIVIDADES N.º 13

Nome dos alunos:

.....

..... Data: 01/07/2008

Quais as principais relações que podem ser estabelecidas
entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno? (II)

Introdução

Na atividade anterior realizamos medidas em eventos com grandezas físicas que se relacionavam mantendo uma proporção direta entre seus valores, como ocorre na determinação da massa específica de substâncias puras, medindo-se manualmente a massa e o volume de diferentes amostras diferentes.

Nesta atividade vamos realizar medições manuais virtuais de grandezas físicas, cujos valores se relacionam de maneira diferente da anteriormente estudada. Para isto serão utilizadas as observações de imagens formadas, primeiro entre dois espelhos planos, num *applet*²⁵ de Física, depois em uma câmara escura.

²⁵ Fu-Kwun Hwang /National Taiwan Normal University / Virtual Physics Laboratory(Hwang, 2008)

Atividade 1: É possível determinar o número de imagens formadas entre dois espelhos planos, conhecendo-se apenas o ângulo entre eles?

Procedimentos sugeridos

P1. Aciona um **navegador** da Internet para acessar a página do endereço abaixo citado. Para facilitar esta tarefa, este endereço também se encontra em **Favoritos** no **navegador** da Internet.

<http://www.if.ufrgs.br/fis183/applets/image.html>

P2. Aberta a página, nela aparecem dois espelhos planos, em corte transversal, formando um ângulo de 120° entre seus planos, um pirulito laranja com palito azul (objeto) colocado entre eles, e as imagens do pirulito refletidas, como mostra a **Figura 1**.

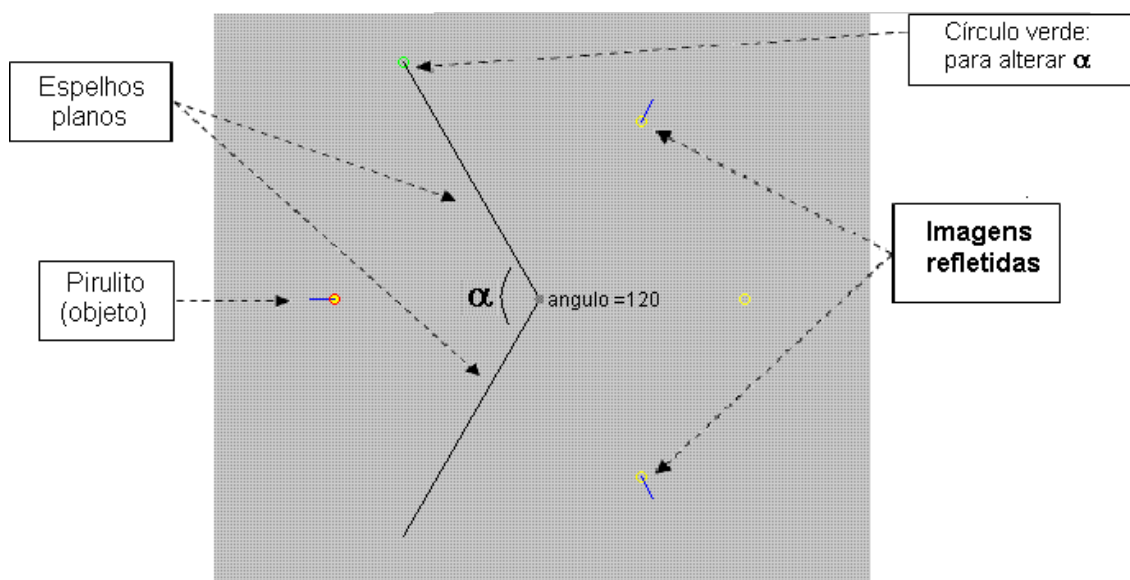


Figura 1: Página “Múltipla reflexão em dois espelhos planos.”

P3. Observa, determina e registra o número de pirulitos vistos (N) (objeto + imagens) para os diversos ângulos (α) indicados na **Tabela 1**. **Obs.:** Para alterar o ângulo entre os planos dos dois espelhos, clica no círculo verde existente no extremo esquerdo do espelho superior.

Tabela 1: Número de pirulitos vistos entre os dois espelhos planos.

ÂNGULO ENTRE OS ESPELHOS (α)	120°	90°	60°	45°	30°
Número de pirulitos vistos (N)					
Produto ($N \times \alpha$)					

P4. *Observa como as imagens estão dispostas e posicionadas, em relação ao “ponto” de cruzamento dos dois espelhos. Compara as distâncias entre estas imagens e o ponto de cruzamento citado (d).*

P5. *Observa o que acontece com o tamanho e com o número de imagens vistas quando afastamos ou aproximamos o objeto do ponto de cruzamento dos planos dos espelhos.*

P6. *Repita os procedimentos anteriores, de **P3** a **P5**, para os ângulos de 90° , 60° , 45° e 30° , sempre registrando o **N** na **Tabela 1**, para o ângulo (α) correspondente.*

P7. *Através dos registros efetuados, comenta e discute com teus colegas, respondendo às questões que seguem.*

G1) Como as imagens e o pirulito estão dispostos e posicionados, em relação ao ponto de cruzamento entre os planos dos dois espelhos planos?

G2) A distância (d) entre cada imagem e o ponto de cruzamento dos planos dos dois espelhos é maior, igual ou menor do que a distância do pirulito (objeto) ao ponto citado?

G3) O número de imagens observadas aumenta, diminui ou permanece igual quando se diminui o ângulo determinado entre os planos dos dois espelhos?

G4) Construa o **Gráfico 1** do **N** em função do **ângulo (α)** determinado entre os planos dos dois espelhos.

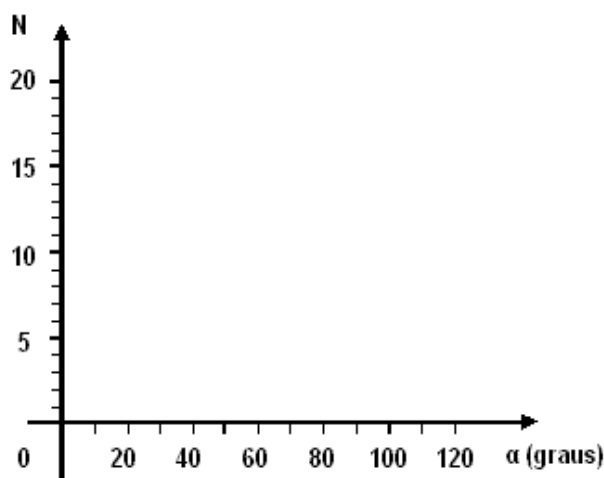


Gráfico 1: O **N** em função do **ângulo (α)** entre os dois espelhos.

G5) Se o **N** fosse igual a 10, quais seriam então:

a) o número de imagens do pirulito vistas (n) ?

b) o ângulo α entre os planos dos dois espelhos?

G6) Se o ângulo determinado entre os planos dos dois espelhos fosse de 72° , qual seria então o número de pirulitos vistos? E o número de imagens do pirulito?

G7) Caso não tenhas ainda calculado o **Produto ($N \times \alpha$)** da **Tabela 1**, calcula agora. O que você observa com estes produtos, para cada uma das observações?

G8) A partir dos resultados obtidos até agora, qual a relação que poderia ser estabelecida entre as grandezas N e o ângulo (α) determinado entre os planos dos dois espelhos. Ela é semelhante a observada na aula anterior? Por quê?

G9) Se o ângulo α determinado entre os planos dos dois espelhos fosse igual a 180° , com os espelhos lado a lado, qual seria o número de imagens formadas? Por quê?

G10) Se o ângulo α determinado entre os planos dos espelhos fosse nulo ($\alpha = 0^\circ$), com os espelhos frente a frente e paralelos, qual seria o número de imagens formada? Como justificarias esta resposta?

Atividade 2: É possível determinar a altura da imagem formada em uma câmara escura, conhecendo-se a distância entre o objeto e o orifício da câmara?

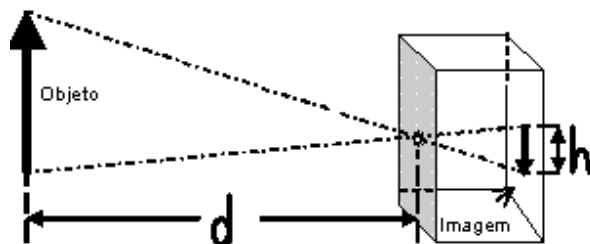


Figura 2: Imagem numa câmara escura.

Introdução

Quando uma seta luminosa (\uparrow) é colocada em frente ao orifício de uma câmara escura há a formação de uma imagem invertida da seta, dentro desta câmara, sobre a parede do fundo. Veja a Figura 2.

Observa-se que alterando a distância (d) da seta luminosa ao orifício da câmara, também é alterado a altura (h) da sua imagem.

Procedimentos sugeridos

P1. Analisa as distâncias da seta luminosa (d) ao orifício e as respectivas alturas das imagens (h) formadas na câmara escura, que estão apresentadas na **Tabela 2**. Nestes registros, observa como cada uma das grandezas varia e como elas variam uma em relação à outra.

Tabela 2: Altura da imagem em função da distância do objeto ao orifício de uma câmara escura

Distância do objeto ao orifício (d) (cm)	200	100	80	50	20
Altura da imagem observada (h) (cm)	3,0	6,0	7,5	12,0	30,0
Produto ($h \times d$) (cm^2)					

P2. Calcula o produto ($h \times d$) sugerido na terceira linha da **Tabela 2**.

P3. Com base em tuas observações e registros da **Tabela 2**, comenta e responde com teus colegas às questões abaixo.

G1) O que acontece com a altura da imagem projetada na tela, quando aumentamos a distância da seta luminosa ao orifício da câmara escura?

G2) O que tu podes observar no produto calculado terceira linha da **Tabela 2**? O que isto significa?

G3) Utilizando os dados registrados na **Tabela 2**, construa o **Gráfico 2** da altura da imagem (h) projetada na tela em função da distância da seta luminosa (d) ao orifício da câmara escura.

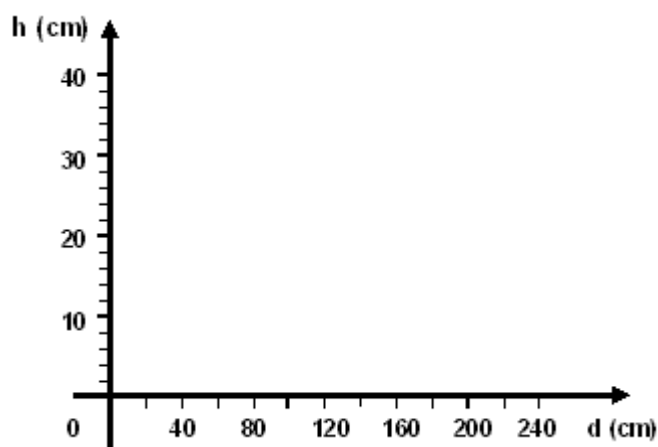


Gráfico 2: A altura da imagem (h) em função da distância da seta luminosa (d).

G4) Qual seria a altura da imagem projetada na câmara escura quando a seta luminosa se encontrar a 30 cm do orifício? E a 500 cm?

G5) Neste caso, qual a relação que poderia ser estabelecida entre a **altura da imagem** (h) projetada e a **distância do objeto** (d) ao orifício da câmara escura? Como ela poderia ser expressa de forma reduzida?

T1. Com base em tuas respostas e observações nestas duas atividades, comenta e registra **as características principais** da relação que pode ser estabelecida entre as grandezas destes dois eventos, em termos de:

- Classificação da relação estabelecida.
- Propriedade estabelecida entre as suas medidas.
- Forma do gráfico obtido.

ATENÇÃO: Caso você não consiga atender a solicitação anterior (T1), antes leia o quadro que segue:

Grandezas inversamente proporcionais

Duas grandezas são ***inversamente proporcionais*** quando o **produto** de um dos valores da primeira grandeza pelo correspondente valor da segunda grandeza resulta numa constante. Aumentando-se o valor da primeira (dobrando, triplicando, ...), o valor da segunda grandeza reduz na mesma proporção (metade, um terço

Atenção!

Registrando os pares de valores correspondentes destas duas grandezas, através de pontos, obtém-se um conjunto de pontos sobre uma mesma **curva**, assíntota aos dois eixos, chamada de **hipérbole**.

$A \propto 1/B$

Texto final entregue aos alunos

Colégio de Aplicação da UFRGS – Enriquecimento Curricular – Prof. César – Turmas 100

“QUE MEDIDA É ESTA?”

Estamos encerrando mais um semestre letivo, onde aprendemos e vivenciamos muitas coisas novas. Na disciplina “QUE MEDIDA É ESTA?”, do Enriquecimento Curricular do Colégio de Aplicação não foi diferente, onde lançamos um breve olhar sobre as medidas em Física, tão importantes na descrição e caracterização do Universo que nos rodeia.

Nas primeiras aulas, enfocamos o processo da **medição**, ou seja, a operação pela qual associamos números às propriedades físicas dos corpos e da natureza, é de importância fundamental para diversas ciências, ditas exatas, como a Física, retomando os principais **padrões e unidades de medida**. Verificamos que para medir, realizamos comparações com padrões, que devem ser definidos por uma comunidade científica, que contenham as unidades de medida. Enfatizamos que não tem sentido algum expressarmos uma medida física sem indicarmos a sua unidade, muito comum nas atividades de Física no Ensino Médio. Verificamos também que a medição é um processo falível, pois sempre ocorrerão **erros**, por imprecisão dos instrumentos, do processo e por outras causas não bem delimitadas. Também trabalhamos na observação dos largos espectros de medidas de **distância** e de **tempo**, indo muito além dos nossos limites de percepção, onde o conhecimento da **ordem de grandeza** das medidas obtidas se faz necessário para estimar os resultados obtidos, que extrapolam a nossa percepção. Também realizamos medições de grandezas físicas associadas ao corpo humano, como a pressão arterial e temperatura corporal, importantes na determinação e caracterização do estado de hígidez ou saúde do nosso corpo.

Dando seqüência, iniciamos um breve estudo sobre circuitos elétricos, introduzindo alguns conceitos e aplicações, envolvendo medições manuais da resistência elétrica de alguns elementos de um circuito. Logo após, iniciamos a análise do funcionamento e de algumas aplicações dos **transdutores** mais comuns encontrados no mercado. Realizamos **medições manuais**, com o multímetro, e **automatizadas**, com o programa Aqdados, das resistências elétricas dos sensores e suas variações com ou sem excitação externa.

Aprendemos a conectar os sensores ao microcomputador, com os devidos cuidados, e os tipos de “leitura” que o computador pode realizar através deles, ou seja, digital ou analógica. Depois, finalmente, utilizamos os sensores na medição automatizada de grandezas físicas, como velocidade de propagação do som e período de oscilação e velocidade de um pêndulo.

Nas atividades finais de nosso curso, procuramos mostrar as relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas selecionadas, sempre associadas a diversos eventos, caracterizando estas relações gráfica e analiticamente, realizando previsões e extrapolações de novos resultados, muito importantes nas atividades da Física.

Esperamos que todos, com a realização das atividades propostas, tenham aprimorado a compreensão de conceitos de física e de medição, das definições associadas e das relações matemáticas entre grandezas físicas selecionadas para estudo, bem como tenham adquirido noções sobre os métodos de obtenção de dados e suas análises, suas imprecisões, suas representações através do uso de tabelas e de gráficos, desenvolvendo habilidades e competências requeridas no uso de recursos tecnológicos atuais, sem contar o desenvolvimento de uma pré-disposição positiva para atividades experimentais mais exatas e formalizadas.

Caso encontrem dificuldades em Física, no terceiro ano do Ensino Médio, continuaremos disponíveis e teremos prazer em ajudá-los no que for possível.



***Boas Férias
e um feliz retorno
em Agosto!***

Professor César Augusto Steffens

2008



***Feliz Natal
e um
próspero ano novo!***

Professor César Augusto Steffens

2007

REFERÊNCIAS

ARAUJO, I.S. *Aqdados*. Disponível em:

<<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/software/Aqdados20.zip>>. Acesso em: 27 mar. 2007. *Software* para leitura das entradas da porta de jogos.

HWANG, F.K.. Multiple Reflections from two plane mirrors. *NTNU JAVA - Virtual Physics Laboratory - Optics*. Disponível em: < <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=373.0> >. Acesso em: 25 maio 2008.

GOLDWAVE INC. *Goldwave 4.2*. Disponível em: <<http://www.goldwave.com>>. Acesso em: 27 mar. 2008. *Software* para análise de sons.

GOOGLE Maps. Disponível em: <<http://maps.google.com/>>. Acesso em 7 mar. 2008. *Software on-line* de localização geográfica mundial.

GOOGLE Earth. Disponível em: <<http://baixaki.ig.com.br/download/Google-Earth.htm>> Acesso em 7 mar. 2008. *Software* de localização geográfica mundial.

MOLECULAR EXPRESSIONSTM *Science, Optics and You*. Disponível em:

<<http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>> Acesso em 7 mar. 2008. *Software* visual que relaciona a medida de um objeto com a sua ordem de grandeza.

APÊNDICE C – DETALHES DE USO DO MATERIAL DE ALGUNS GUIAS DE ATIVIDADES

Neste apêndice apresentamos alguns detalhes adicionais para a confecção e uso do material de alguns guias de atividades desenvolvidos e testados em sala de aula, com alunos de Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS.

O Quadro 1 apresenta os guias de atividades sobre os quais apresentamos um detalhamento maior neste apêndice, constando na coluna 1, o código que adotamos para identificar o guia correspondente e, na coluna 3, o número da página onde inicia os detalhes sobre este guia de atividade.

Quadro 1: Código, nome do guia de atividade e o correspondente número da página.

Código	Guia de atividade	Página
GA9	Como fazer o computador “ler” os dados fornecidos pelos transdutores?	297
GA10	Como importar os dados obtidos automaticamente com o programa Aqdados?	300
GA11	Como medir a velocidade do som na sala de aula?	301
GA13	Quais são as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno?” (II)	303

GA9: “Como fazer o microcomputador ler os dados fornecidos pelos transdutores?”

Experimento 1: *Como fazer o computador ler analógicamente a resistência elétrica de um transdutor?*

Nesta atividade os alunos utilizam o conector DB15 “macho” para conectar os transdutores (sensores) ao computador, para realização de leituras da resistência elétrica destes, em unidades arbitrárias. Neste caso, o transdutor potenciômetro é utilizado como sensor de movimento (rotação). Para isto ser possível, primeiro foram montados quatro conjuntos com o conector DB15 “macho”, conectando e soldando um par de fios para ligação ao sensor e curto-circuitando os pinos 1 e 6, deste mesmo conector, através da soldagem de um fio entre eles, para que o programa Aqdados possa realizar as leituras analógicas. A Figura 1 apresenta o esquema de uma “Ligação Analógica”, realizada com fios soldados entre os terminais do conector DB15 “fêmea”.

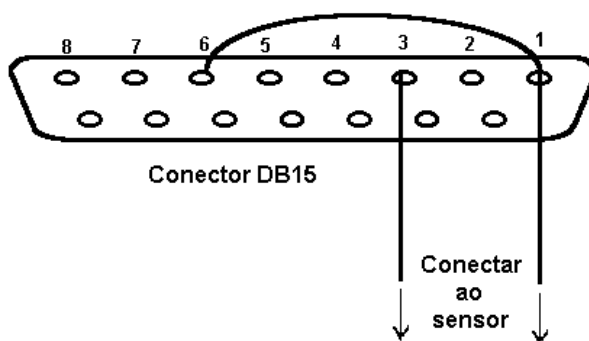


Figura 1: Esquema da “Ligação Analógica” no conector DB15 “fêmea”.

Os conjuntos com o conector DB15 “macho” foram previamente montados, com os conectores em aberto (sem as tampas de proteção), para que os alunos pudessem identificar as ligações, sem realizar as soldagens, evitando que eles se machucassem ou desviassem a atenção do foco da atividade, perdendo tempo desnecessário ao objetivo desta atividade. A Figura 2 apresenta o conjunto citado acima, para leituras analógicas através do conector DB15.

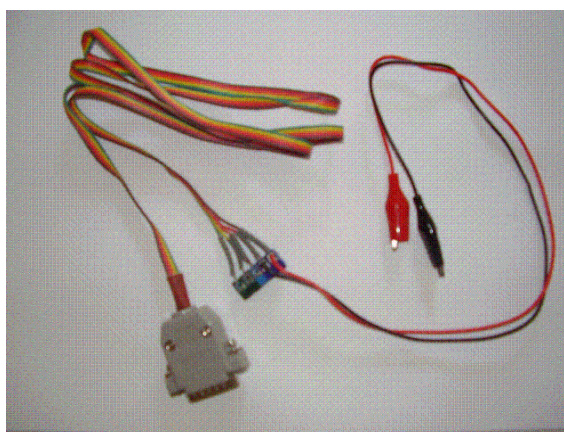


Figura 2: Conjunto utilizado para leituras analógicas, no conector DB15.

É bom lembrar que o conector DB15 ainda é utilizado para conexão na entrada de *joystick* da placa de som dos microcomputadores, sendo gradativamente substituídos pelas conexões “USB”, mais atuais.

Após lerem os procedimentos iniciais do experimento 1, no guia de atividades GA9, os alunos observaram o esquema e confirmaram as ligações dos pinos 1 e 3 e, o curto circuito entre os pinos 1 e 6 do conector DB15, para leitura analógica. Depois, os alunos ligaram o conector DB15 na entrada de *joystick* da placa de som do microcomputador, acionaram o programa Aqdados a partir do ícone existente e selecionaram para leitura analógica de dados a entrada Analógica 1. A execução destes procedimentos é tranqüila e precisa, pois os alunos já os haviam realizado na testagem do pêndulo em atividade anterior. Depois, eles acionam o programa Aqdados e selecionam a entrada Analógica 1 deste programa, aparecendo ao lado, em unidades arbitrárias, a resistência elétrica apresentada pelo transdutor, lida pelo microcomputador. Neste momento, o professor deve solicitar a atenção dos alunos para o “0” (zero) que aparece quando nada está ligado aos pinos 1 e 3 do conector DB15. Com a indicação “0” da entrada Analógica 1, o professor mostra que nada estava ligado aos pinos 1 e 3 do conector DB15, sendo equivalente a medida de uma resistência elétrica infinita ($R = \infty$), sem passagem de corrente elétrica que, neste caso, era necessária para o microcomputador determinar a resistência elétrica. Veja a Figura 3.



Figura 3: Indicação da entrada **Analogica 1** para uma ligação em aberto.

Após este esclarecimento, os alunos conectam, um por um e cuidando a polaridade, todos os oito transdutores às ligações garra e registraram as medições automatizadas da resistência elétrica, em unidades arbitrárias, realizadas utilizando a entrada **Digital 1** do programa Aqdados.

Depois de completados os registros, os alunos conectaram novamente o potenciômetro, e, acionam a **Coleta de Dados**, começaram a girar o eixo do potenciômetro para um lado e para outro varias vezes, algumas vezes bem lentamente e outras rapidamente. Enquanto realizavam isto, observavam no microcomputador a construção, **em tempo real**, do gráfico da resistência elétrica arbitrada em função do número de medidas realizadas. Estas medidas podem ser salvas, em forma de tabela, num arquivo de dados, tipo **dados1**, num disquete. Em geral, todos os alunos se

espantaram e gostaram muito de ver a construção em tempo real do gráfico, alguns até tentaram construir um gráfico com um “desenho diferente na tela” diziam eles, movimentando aleatoriamente o eixo do potenciômetro.

Experimento 2: *Como fazer o computador “ler” o estado digital de um transdutor?*

Na segunda atividade, os alunos são orientados a obter e registrar em uma tabela as leituras digitais dos estados lógicos apresentados pelos diversos transdutores, com ou sem excitação externa. Os sensores são ligados à entrada de *joystick* da placa de som do microcomputador, através dos pinos 2 e 4 do conector DB15, acionando a entrada **Digital 1** do programa Aqdados para isto (modalidade “leituras digitais”). A Figura 4 apresenta o esquema de uma “Ligação Digital” realizada com fios entre os terminais do conector DB15 “fêmea”.

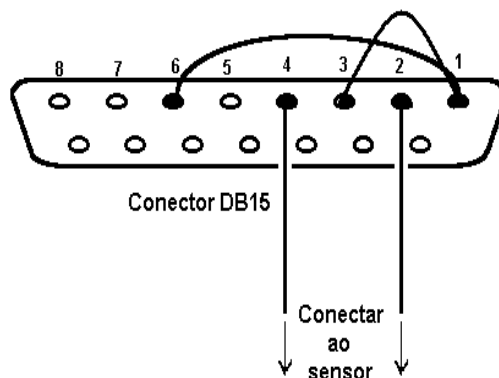


Figura 4: Esquema de uma “Ligação Digital” entre os terminais do conector DB15 “fêmea”.

A Figura 5 apresenta uma foto das soldagens de fios realizadas num conector DB15, para “leituras digitais”, através da entrada Digital 1 deste conector.

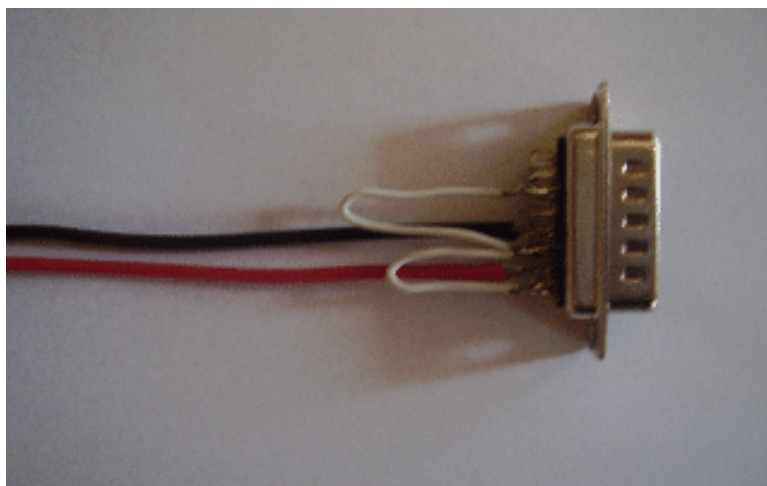


Figura 5: Foto de uma “ligação digital” no conector DB15.

O estado lógico (0 ou 1), indicado pela entrada Digital 1 do programa Aqdados, está também associado à resistência elétrica medida entre os terminais do conector DB15. O nível baixo (0) corresponde a uma resistência elétrica muito grande ou “infinita” (como uma ligação em aberto) e o nível alto (1) corresponde à resistência elétrica “nula” (como uma ligação em curto).

GA10: “Como importar os dados obtidos automaticamente com o programa Aqdados?”

Experimento: *Como medir o período e a velocidade do pêndulo?*

Nesta atividade os alunos determinam o período de oscilação de um pêndulo e a velocidade atingida pelo pêndulo no ponto mais baixo de sua trajetória semicircular. Para isto, foram montados quatro pêndulos com uma placa retangular suspensa por dois fios, onde existe um LED e um fototransistor, ligados a um conector DB15 “fêmea”, como mostra a Figura 6.

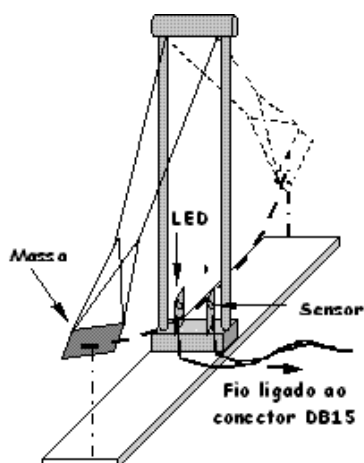


Figura 6: Pêndulo com uma placa retangular suspensa, fototransistor e LED.

As medidas automatizadas dos intervalos de tempo, necessários para a determinação da velocidade máxima e do período do pêndulo, são determinadas a partir da leitura do estado digital indicado na entrada Digital 1 do programa Aqdados, na modalidade “leitura digitais”, controladas pelo fototransistor iluminado ou não pelo LED

No início da atividade, os alunos primeiro se familiarizam (observam e manuseiam) com a montagem do pêndulo e do cabo que liga o LED e o fototransistor ao conector DB15, através dos pinos 2 e 4. Depois inserem o conector DB15 na entrada de *joystick* da placa de som do microcomputador e acionam o programa Aqdados. No programa Aqdados, os alunos selecionam a entrada **Digital 1** e indicam o número **1000** para o **Número de Medidas** a serem realizadas. Acionando a **Coleta de Dados** do programa Aqdados, os alunos colocam o pêndulo a oscilar, iniciando o processo de aquisição de dados. Após as 1000 medidas realizadas, salvam os dados, num arquivo chamado **dados2**, no disco rígido do microcomputador ou num disquete. Após

acionarem a planilha Excel, abrem a pasta **dados2**, importando os dados registrados pelo programa Aqdados para a planilha Excel, conforme exemplificado na Figura 7.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'dados2'. The data is organized as follows:

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Medida	Analog.1	Analog.2	Analog.3	Digit.1	Digit.2	Digit.3	Digit.4	t total (s)	Delta t (s)	
2	1 -	-	-	-	1	0	0	0	5	0,005	
3	2 -	-	-	-	1	0	0	0			
4	3 -	-	-	-	1	0	0	0			
5	4 -	-	-	-	1	0	0	0			
6	5 -	-	-	-	1	0	0	0			
7	6 -	-	-	-	1	0	0	0			
8	7 -	-	-	-	0	0	0	0			
9	8 -	-	-	-	0	0	0	0			
10	9 -	-	-	-	0	0	0	0			
11	10 -	-	-	-	0	0	0	0			
12	11 -	-	-	-	0	0	0	0			
13	12 -	-	-	-	0	0	0	0			
14	13 -	-	-	-	1	0	0	0			
15	14 -	-	-	-	1	0	0	0			
16	15 -	-	-	-	1	0	0	0			
17	16 -	-	-	-	1	0	0	0			
18	17 -	-	-	-	1	0	0	0			
19	18 -	-	-	-	1	0	0	0			
20	19 -	-	-	-	1	0	0	0			
21	20 -	-	-	-	1	0	0	0			
22	21 -	-	-	-	1	0	0	0			

Figura 7: Planilha Excel com os dados coletados com o Aqdados.

Da **coluna J** da planilha Excel, arquivo **dados1**, os alunos obtêm e registram o intervalo de tempo decorrido (**Delta t(s)**) entre duas medidas consecutivas realizadas pelo programa Aqdados. Após, na **coluna E** da planilha, realizam a contagem do número de medidas feitas em cada estado, associadas à interrupção (0) ou não (1) do feixe de luz que excita o fototransistor, determinando após, com grande precisão, o intervalo de tempo correspondente ao período de oscilação do pêndulo. Também determinam o intervalo de tempo de passagem da placa, correspondente à interrupção do fluxo luminoso, e o comprimento da placa do pêndulo, para calcularem a velocidade máxima atingida pelo pêndulo. No caso do exemplo da Figura 7, existem seis medidas indicando o estado “0”, logo, o intervalo de passagem da placa retangular é próximo a 0,03 s ($6 \times 0,005$ s).

GA11: “Como medir a velocidade do som na sala de aula?”

Experimento: Qual é a velocidade do som no ar?

Como a entrada “MIC” para microfones a eletreto, conectados em placas de som de microcomputadores, normalmente é “mono”, ou seja, para um único microfone, para gravações “estéreo”, ou seja, para dois microfones, o *software GoldWave* utiliza a entrada “line-in” ou “entrada” da placa de som dos microcomputadores, cujo sinal elétrico deve ser potencializado (reforçado) antes da placa de som, mas depois dos microfones a eletreto. Logo, para esta atividade, precisamos

montar um circuito potencializador para microfones a eletreto estéreo, cujo esquema foi obtido na Internet, como mostra a Figura 8.

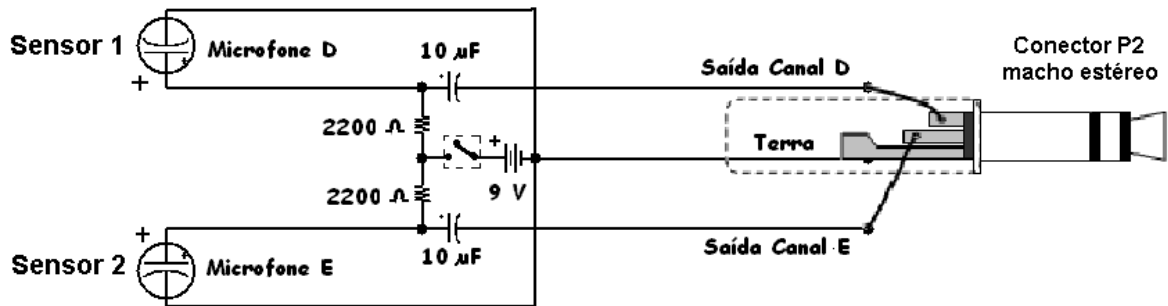


Figura 8: Esquema do circuito potencializador.

Para esta montagem, precisamos de uma ponte de terminais pequena, com 5 ou 6 terminais, duas cápsulas de microfones a eletreto, dois resistores de $2200\ \Omega$ (1/8 watt), dois capacitores eletrolíticos de $10\ \mu\text{F}$ (63 V), uma bateria alcalina de 9 V, um conector para a bateria de 9 V, um conector P2 “macho” e fios de ligação. A Figura 9 apresenta este circuito montado numa ponte de terminais.

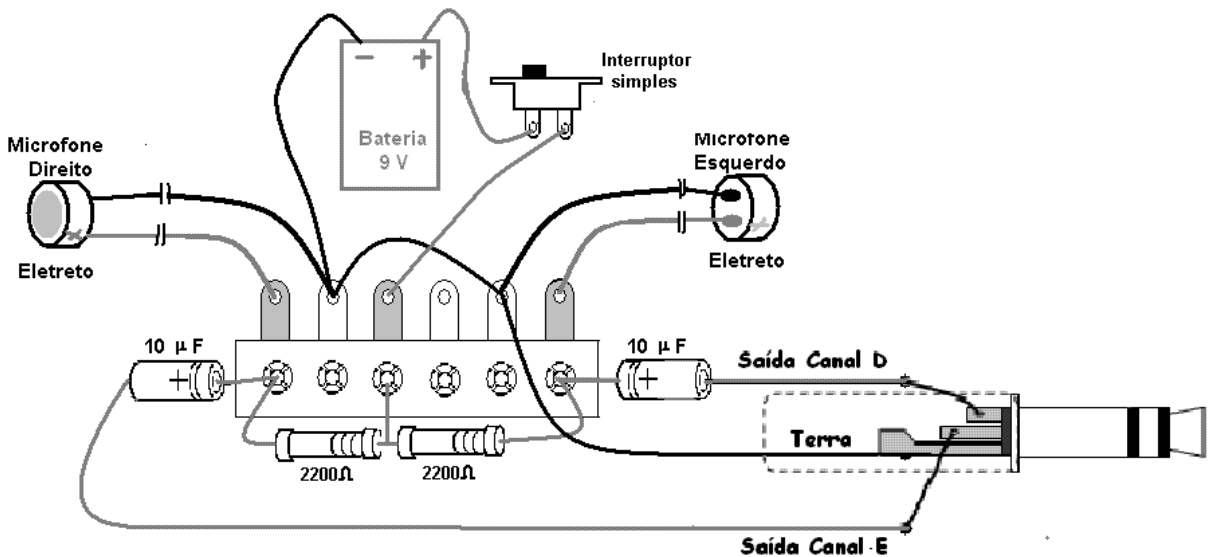


Figura 9: Circuito montado numa ponte de terminais.

Nesta atividade, após ter recebido o circuito reforçador já montado e lido a introdução do experimento no guia de atividades GA11, os alunos ligam o conector P2 macho estéreo, do circuito potencializador de microfones a eletreto, na “entrada” (*line-in*) da placa de som do microcomputador, normalmente de cor azul. Após isto, acionam o programa *Goldwave* a partir do ícone existente da área de trabalho do microcomputador.

Seguindo às orientações do guia GA11, os alunos personalizam o uso do programa *Goldwave* para esta atividade. Eles clicam em **New**, na tela principal do programa *Goldwave*, determinam o modo de gravação do som, selecionando lá a função “CD”, o modo “Stereo”, a

freqüência “48.000 Hz” e o intervalo de tempo de “1:00,000” min, clicando “OK” no final. Depois eles clicam em “Tools” (Ferramentas) e selecionam as propriedades de gravação, na janela aberta “Device Tools”, clicando primeiro o botão “Propriedades” e depois o botão “Volume”, onde eles clicam selecionando a conexão da placa de som “Entrada”, no seu máximo volume. Para encerrar a formatação personalizada de gravação, clicam em “OK”.

A Figura 10 mostra a tela de abertura do programa Goldwave, já personalizada para este experimento.

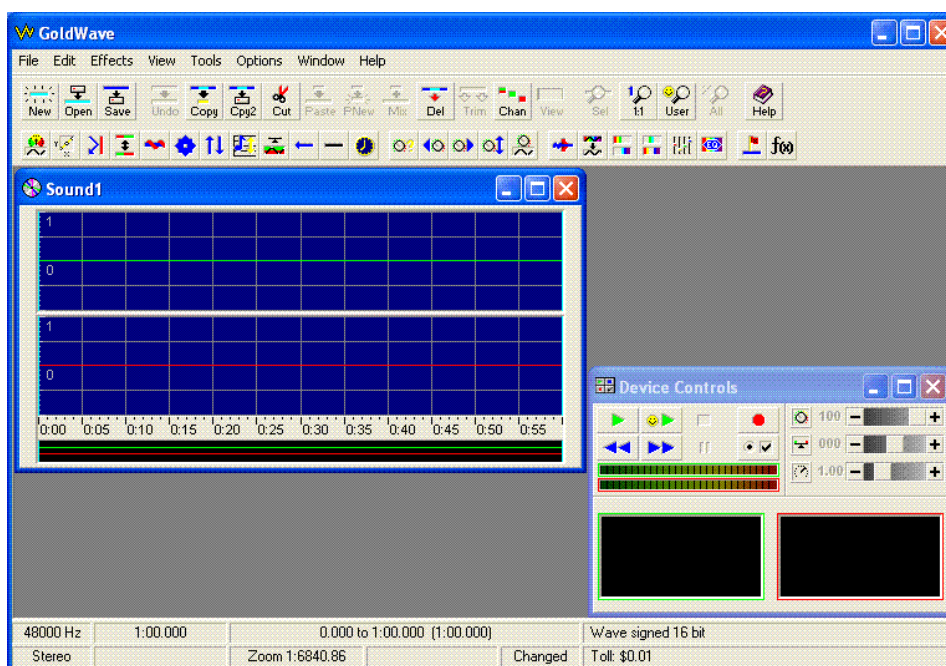


Figura 10: Tela personalizada do programa Goldwave.

A fim de testar o modo de gravação selecionado, os alunos gravam e reproduzem conversas e cantorias por eles gravadas, percebendo a modalidade estereofônica da gravação. Completado os ajustes de gravação, os alunos recebem o auxílio do professor sobre sempre que necessário, solucionando as dúvidas encontradas nos procedimentos do guia de atividades. É imprescindível o auxílio do professor na gravação dos sons produzidos nos grupos que não conseguiram gravar somente com as informações do guia de atividades.

GA13: *“Quais são as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno?” (II)*

Atividade 1: *É possível determinar o número de imagens formadas entre dois espelhos planos, conhecendo-se apenas o ângulo entre eles?*

Nesta atividade virtual os alunos acessam a página da Internet < <http://www.if.ufrgs.br/fis183/applets/image.html> > onde existe um *applet* de Física que simula a múltipla formação de imagens em dois espelhos planos. Eles são orientados a observar a forma e a disposição das imagens ao redor do vértice formado pela intersecção dos seus planos, além da contagem do número de pirulitos vistos em função do ângulo entre os dois espelhos. Alterando o ângulo entre os planos dos dois espelhos, os alunos contam o número de pirulitos vistos neste arranjo, incluindo o objeto e imagens, e observam como eles se dispõem em relação ao vértice determinado pelos planos dos dois espelhos planos.

Também é possível alterar a posição ou o tamanho do palito do pirulito colocado em frente aos espelhos planos. Para isto ser possível, clica e fixa o botão esquerdo do mouse num dos extremos do palito e arraste este extremo com o mouse, aumentando ou diminuindo o palito, alterando a posição deste extremo. O mesmo pode ser feito no outro extremo do palito, alterando a posição do mesmo em frente aos espelhos planos. A Figura 11 apresenta este arraste na tela que contém os espelhos planos e o pirulito colocado entre eles, simulando a múltipla reflexão.

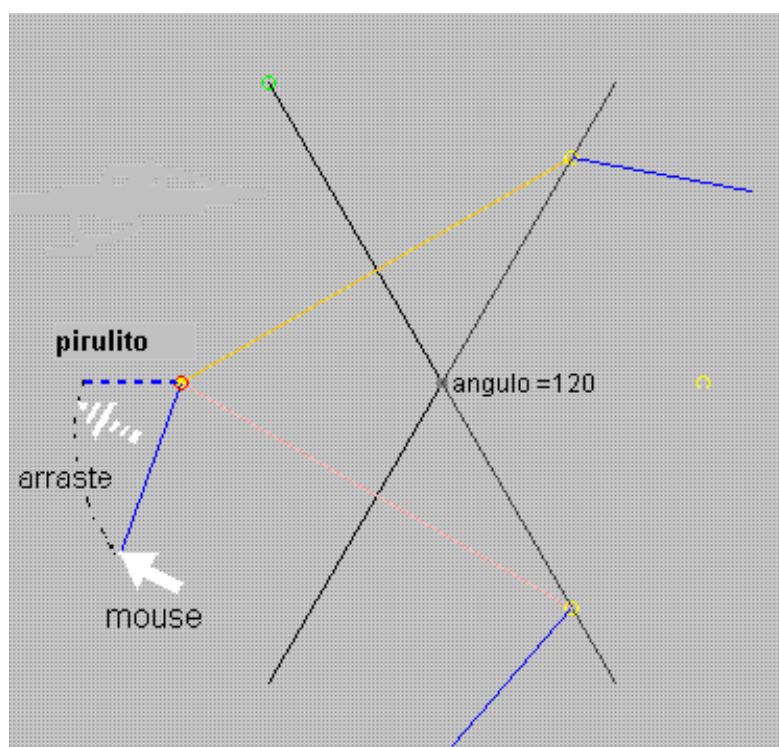


Figura 11: Arraste de um dos extremos do pirulito na tela do *applet*.

Além da alteração do tamanho ou da posição do pirulito, é possível produzir a simulação dos raios luminosos que partem de um ponto do pirulito e formam, através dos prolongamentos de suas trajetórias, as múltiplas imagens que aparecem atrás dos espelhos. Para isto acontecer, clica duas vezes com o botão esquerdo do mouse sobre a bala do pirulito, que iniciará a simulação. Na turma de 2008, após o período de aula, o professor mostrou esta possibilidade e os alunos gostaram muito. As Figuras 12 e 13 apresentam esta simulação na tela que contém os espelhos planos e o pirulito colocado entre eles, respectivamente, para ângulos de 90° e 72° .

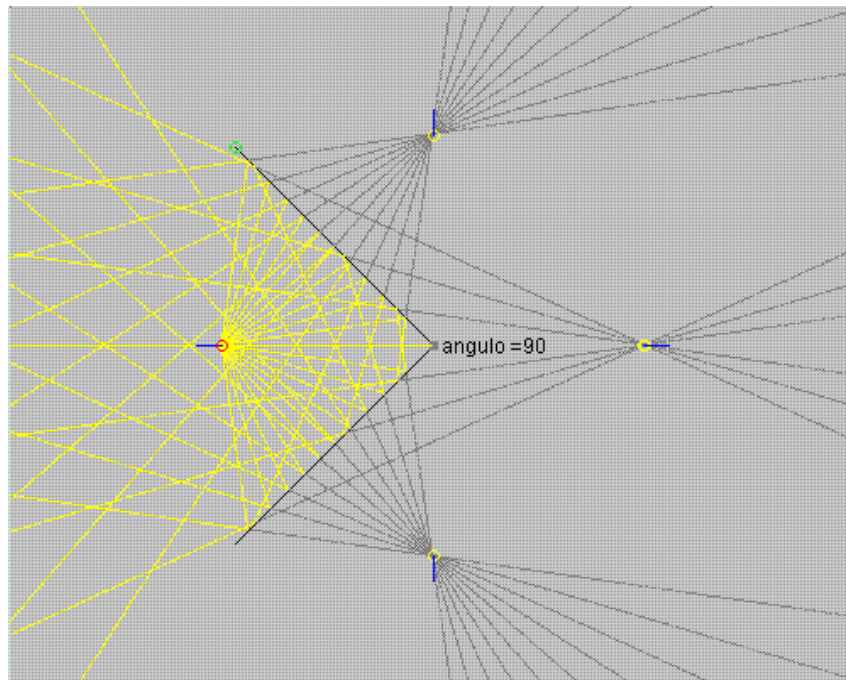


Figura 12: Simulação da emissão e reflexão dos raios luminosos nos dois espelhos planos a 90° .

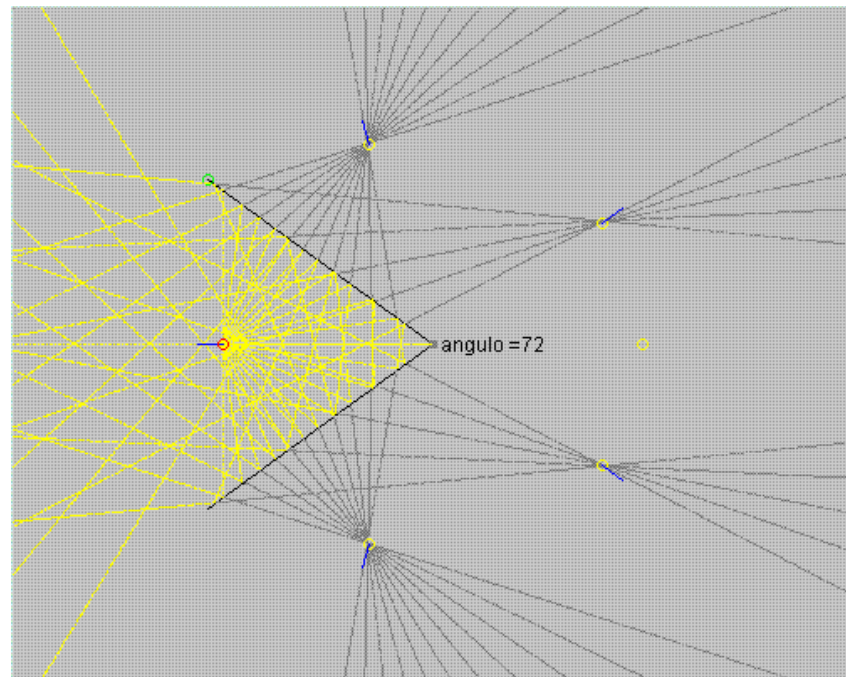


Figura 13: Simulação da emissão e reflexão dos raios luminosos nos dois espelhos planos a 72° .

Lembramos que a execução deste *applet* apresenta alguns problemas na formação de imagens para pequenos ângulos entre os planos dos dois espelhos, normalmente travando os computadores ou produzindo imagens a mais e mal localizadas, embora seja de fácil execução.

APÊNDICE D – REGISTRO DAS RESPOSTAS AOS GUIAS DE ATIVIDADES

Neste apêndice apresentamos o registro das respostas dadas às questões dos treze guias de atividades desenvolvidos e testados em sala de aula com alunos de Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS. No total, formaram-se naturalmente cinco grupos (4 duplas e 1 trio) de alunos, sendo dois grupos no período 2007/2, o **Grupo 1** (Alunos 1 e 2) e o **Grupo 2** (Alunos 3, 4 e 5), e três grupos no período 2008/1, o **Grupo 3** (Alunos 6 e 7), o **Grupo 4** (Alunos 8 e 9) e o **Grupo 5** (Alunos 10 e 11). Os números de 1 a 5 precedem as respostas dos grupos às questões formuladas.

Uma visão geral dos guias de atividades é apresentada na Quadro 1, onde consta, na coluna 1, o código que adotamos para identificar o guia correspondente e, na coluna 3, o número da página onde inicia este guia de atividade.

Quadro 1: Código de identificação e número da página do guia de atividade proposto.

Código	Guia de atividade	Página
GA1	Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos?.....	309
GA2	O que é grande? O que é pequeno?.....	313
GA3	Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando “ligadão”?.....	316
GA4	Como tu determinarias esta grandeza física?.....	320
GA5	Quais as medidas biológicas mais comuns do teu corpo?.....	322
GA6	Com quantos decimais devemos expressar a medida?.....	325
GA7	Como funcionam os sensores elétricos?.....	329
GA8	Para que servem e como funcionam os transdutores?.....	333
GA9	Como fazer o microcomputador ler os dados fornecidos pelos transdutores?...	335
GA10	Como importar dados obtidos automaticamente no programa Aqdados?.....	337
GA11	Como medir a velocidade do som na sala de aula?.....	340
GA12	Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas Físicas de um mesmo fenômeno?(I).....	343
GA13	Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas Físicas de um mesmo fenômeno?(II).....	349

GA1 - “Para que medir? É possível confiar apenas em nossos sentidos.”

Experimento 1:

Questão P1.

Colega do grupo	Medida corpórea (palmo)					Medida instrumental (haste)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Colega 1:	8,7	10,3	10,5	9,1	12	10,8	12,8	9,5	7,2	8,0
Colega 2:	12,0	11,6	9,5	9,7	12	10,8	12,8	9,5	7,1	8,6
Colega 3:	-	12,6	-	-	-	-	12,7	-	-	-

Questão P2G1.

1. Não, pois para medir o comprimento precisamos de um instrumento com a mesma grandeza.
2. Não, pois a grandeza deve ser igual, tem que ser comprimento e não a massa.
3. Não, porque comprimento se mede com comprimento, massa com massa. Não é a mesma grandeza.
4. Não, só pode medir comprimento com comprimento. Não misturar as coisas. A massa não interfere na medida feita.
5. Não, pois para medir o comprimento da mesa só se pode usar unidades de comprimento, e não outra, como a massa.

Questão P2G2.

1. 10,7 vezes maior do que a mesa. 10,7 hastes.
2. 12,8 hastes. Pois a grandeza física precisa de um padrão que seria a haste, um número que é 12,8 vezes a unidade da haste, pois nós medimos a mesa com ela.
3. 9,5 hastes.
4. 7,2 vezes, o comprimento da mesa é 7,2 vezes maior que o da haste plástica.
5. 8,6 vezes maior. 8,6 hastes.

Questão P2G3.

1. No uso do palmo, pois esta medida varia de pessoa para pessoa.
2. No palmo, porque cada um tem o seu tamanho de palmo.
3. As diferenças foram maiores no uso do palmo, pois o tamanho do palmo varia de acordo com o tamanho da mão.
4. As diferenças são maiores na unidade de medida do palmo pois a forma da mão e o comprimento são diferentes.
5. Na haste, pois houve algum erro na medição, ponto de referencial, não sei.

Questão P2G4.

1. Não, porque o meu braço ou pé é diferente do braço ou pé do meu colega. Cada um tem a sua medida.
2. Não, como na pergunta anterior, cada um tem um tamanho diferente de pé, mão ou braço.
3. Não porque as medidas corpóreas também variam de pessoa para pessoa, assim sendo, as medidas nunca serão as mesmas.
4. Não, pois continua os diferentes tamanhos de pé ou braço.
5. Aumentaria, pois há mais oscilações entre os tamanhos que possuímos, não tem um padrão, pois as medidas corpóreas são mais desiguais.

Questão P2G5.

1. *Sim, pois o comprimento em hastes foi o mesmo nas medidas de ambos.
Sim, porque o tamanho de uma mesma haste não muda.*
2. *Não, pois os tamanhos das hastes eram diferentes.
Não foram iguais, pois as hastes são de tamanhos diferentes.*
3. *No meu grupo as medidas foram iguais.
Não, as diferenças foram grandes, mesmo sendo usado uma haste de mesmo tamanho o jeito de se medir varia.*
4. *Não, foram quase iguais, pois foi usada a mesma haste mas as técnicas de medidas são diferentes com diferentes percepção.
Não, novamente cada um tem uma percepção diferente, além das hastes tem diferentes tamanhos.*
5. *Não, a diferença foi pequena, mas as medidas foram desiguais.
Não, foram maiores as diferenças, pois cada grupo tinha uma haste de tamanho diferente.*

Questão T1.

1. *Não, pois eu ou ele podem ter tido mais precisão na hora da medida.*
2. *Não, se nós pegássemos de todos os colegas e fizéssemos uma média ficaria bom para todos.
Nenhum sabe qual é a correta.*
3. *Não se pode confiar, pois é uma medida onde cada um vai dar valores diferentes e aproximados.
Mas não confiável.*
4. *Não, pois são maneiras diferentes de medir e também os tamanhos físicos diferentes, não podendo dizer que a sua medida está certa e os outros estão errados.*
5. *Não, pois as medidas foram diferentes. Os palmos não tem as mesmas medidas, não é padrão.*

Questão T2.

1. *Sim, pois a medida do nosso palmo pode variar, porque podemos dar palmos mais compridos ou mais curtos, já a haste não. É sempre a mesma.*
2. *Sim, porque ela não muda, só muda a forma de medir.*
3. *Sim, porque é uma medida “padrão”, não varia o tamanho de pessoa para pessoa, só varia a forma de se medir, o que diminui as diferenças de tamanho.*
4. *Sim, pois tem menos chance de se distorcer as medidas.*
5. *Talvez, pois a haste possui um tamanho determinado, e o tamanho das mãos são diferentes.*

Questão T3.

1. *O “instrumento” com padrão deve ser de material rígido, indeformável.*
2. *Deve apresentar um comprimento fixo e todos devem aceitar.*
3. *Deve ter uma estrutura rígida, para não sofrer alterações durante a medida.*
4. *Imutável, mais exata possível, e a utilização das mesmas técnicas de medida.*
5. *Que não deforme com facilidade na natureza; Que não dependa do nosso corpo.*

Experimento 2:

Questões P1, P2, P3 e P4.(2007/2)

Medição do Objeto	Estimativa (“chute”)			Medida (medição)			Instrumento de medida			Diferença: (Est.-Med.)			Diferença percentual		
	1	2	-	1	2	-	1	2	-	1	2	-	1	2	-
Largura do caderno (cm)	20	25	-	21	20	-	rég.	rég.	-	1	5	-	5,8	25	-
Comprimento da sala (m)	15	8	-	9,8	9,9	-	tre.	tre.	-	6,2	1,9	-	47	18	-
Diâmetro do lápis (cm)	0,5	0,5	-	0,5	0,5	-	rég.	rég.	-	0,0	1,0	-	0	0	-
Larg. do quadro-negro (m)	8,0	3,0	-	5,45	5,53	-	tre.	tre.	-	3,55	2,53	-	54	45	-

Questões P1, P2, P3 e P4.(2008/1)

Medição do Objeto	Estimativa ("chute")			Medida (medição)			Instrumento de medida			Diferença: (Est.-Med.)			Diferença percentual		
	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
L. do caderno (cm)	20	30	22	20	27,5	20	rég.	rég.	rég.	0	2,5	2	0	9	10
Comp. da sala (m)	13,5	12	10	9,8	9,8	9,8	tre.	tre.	tre.	3,7	2,2	20	38	22	2
Diâ. do lápis (mm)	5	10	5	7	6	6	rég.	rég.	rég.	2	4	1	28	67	16
L. do quadro-n. (m)	6	7	3	5,45	5,45	5,44	tre.	tre.	tre.	0,55	1,95	2,44	0	18	44

Questão P3G1.

1. No comprimento da sala, por causa do "erro óptico", pois ela é muito grande.
2. Na largura do quadro negro, porque não tínhamos a "noção" de largura.
3. No comprimento da sala a diferença foi maior, eu não tinha nenhuma noção, eu chutei mesmo.
4. A largura do caderno foi a maior diferença, isto aconteceu porque foi um chute.
5. Na largura do quadro negro, pois a "noção" de espaço era menor.

Questão P3G2.

1. Não, pois alguns não se posicionaram certo no mesmo lugar que eu.
2. Não, porque o uso do instrumento pode ter sido de outra maneira.
3. Não, as medidas foram bem parecidas, com diferenças de 1 mm, mas não exatamente as mesmas, porque os instrumentos de medida não eram os mesmos.
4. Não, pois na hora de medir ou puxa mais a trena ou a régua e dá valores diferentes.
5. Não, foram bem distintas, pois o ponto de vista e opinião de cada um variou muito.

Questão P4G3.

1. Na largura do quadro negro, também pelo "erro óptico".
2. A maior foi a do quadro-negro, porque a largura seria maior do que nós imaginamos.
3. Na sala o percentual foi maior.
4. No diâmetro do lápis foi maior, porque são medidas pequenas mas em comparação entre elas o percentual fica grande.
5. Foi na largura do quadro-negro, 44%. Pois foi maior a diferença entre a nossa opinião e a medida correta.

Questão P4G4.

1. Na diferença relativa, pois o que interessa é o que errei na medida do objeto.
2. Seria a diferença relativa, pois tem um significado maior.
3. Não responderam.
4. É o percentual, pois tudo depende do valor da medida e se for pequeno, se tu errar muito, o erro percentual vai ser grande.
5. A diferença percentual, pois ela se torna mais significativa pela proporcionalidade. O tamanho do erro nessa medição independe do tamanho do corpo medido.

Questão T1.

1. Com qualquer objeto que estava a seu alcance, ou até mesmo partes de seus corpos.
2. Pés, jardas, côvados,...
3. Não responderam.
4. A "vara", a mão, o pé, bastão, palmo, etc..
5. Usando uma unidade de medida repetidamente, como o braço, dedo, mão, etc."

Questão T2.

- | | |
|---|--|
| 1. • Estimar →Vantagem: <i>pouco tempo</i>
→Desvantagem: <i>pouco acerto</i> | • Medir→Vantagem: <i>mais acerto</i>
→Desvantagem: <i>leva tempo</i> |
| 2. • Estimar →Vantagem: <i>pouco tempo</i>
→Desvantagem: <i>pouco acerto</i> | • Medir→Vantagem: <i>mais acerto</i>
→Desvantagem: <i>deve ter sempre o "medidor" certo (instrumento)</i> |
| 3. <i>Não responderam.</i> | |
| 4. • Estimar →Vantagem: <i>mais rápido, ver a capacidade de dizer a medida.</i>
→Desvantagem: <i>imprecisão, é de errar muito mais facilmente.</i> | • Medir→Vantagem: <i>precisão, é de ter o valor quase exato de algo.</i>
→Desvantagem: <i>pode demorar, e não poder analisar e brincar de "chutar".</i> |
| 5. • Estimar →Vantagem: <i>praticidade.</i>
→Desvantagem: <i>a falta de exatidão.</i> | • Medir→Vantagem: <i>a precisão.</i>
→Desvantagem: <i>a demora e falta de praticidade.</i> |

Questão T3.

1. *Depende do tamanho do produto que se mede, na medida da FREEWAY é desprezível, mas se medir um dedo é um absurdo.*
2. *Não responderam.*
3. *Não responderam.*
4. *É relativo, mas não pode ser desprezível, pois a diferença percentual irá acusar o seu erro, mostrando se é grande ou não o seu erro. Se for em um centímetro é grande, mas se for 1 cm de 10 m não dá nada.*
5. *Depende do tamanho do corpo. Se for algo de 5 m, pouca é a diferença, mas se for algo de 5 cm, grande é a diferença, se tornando muito significativa.*

Questão T4.

1. *Sim, na medida do canudinho ou prego é porque o produto (resultado) tem que se tem deve ser proporcional ao tamanho que se quer medir.*
2. *Não responderam.*
3. *Não responderam.*
4. *Nunca é aceitável, pois mostra que o seu erro foi muito grande.*
5. *Não, pois o erro de 10 5 se torna muito significativo em todas as situações, se torna proporcional a cada medida, fazendo muita diferença.*

Questão T5.

1. *Paquímetro. Mediria uma pilha de folhas e dividiria pelo número.*
2. *Paquímetro ou micrômetro. Mediria diversas folhas mas ainda sairia errado. Não sei.*
3. *Não responderam.*
4. *Seria o paquímetro, sem ele a régua mede todas as folhas do caderno e depois divide pelo número total de folhas.*
5. *Teria de pegar e medir uma quantidade grande de folhas (ex. 100 folhas) e depois dividir pelo número de folhas.*

GA2 - “O que é grande? O que é pequeno?”

Experimento 1:

Questão P1.

Tabela 1: Ordem de Grandeza e Tamanho do Objeto.

	Foto do Objeto	G R U P O	Ordem de Grandeza	Tamanho do Objeto (Medida decimal em metros)
01	<i>Via Láctea (nossa galáxia)</i>	1	10^{21} m	1.000.000.000.000.000.000 m
		2	10^{21}	10000000000000000000000 m
		3	10^{+21} m	10000000000000000000000 m
		4	10^{+21} m	100000000000000000000000 m x
		5	10^{+21} m	100000000000000000000000 m
02	<i>Sistema Solar (nosso Sistema)</i>	1	10^{13} m	10.000.000.000.000 m
		2	10^{13}	100000000000000 m
		3	10^{+13} m	100000000000000 m
		4	10^{+13} m	1000000000000000 m x
		5	10^{+13} m	1000000000000000 m
03	<i>Órbita da Lua ao redor da Terra</i>	1	10^9 m	1.000.000.000 m
		2	10^9	1000000000 m
		3	10^{+9} m	1000000000 m
		4	10^{+9} m	10000000000 m x
		5	10^{+9} m	1000000000 m
04	<i>Terra (planeta dos terráqueos)</i>	1	10^7 m	10.000.000 m.
		2	10^7	10000000 m
		3	10^{+8} m	100000000 x
		4	10^{+7} m	100000000 x
		5	10^{+8} m	100000000 m x
05	<i>Uma folha de carvalho (oak)</i>	1	10^{-1} m	0,1 m
		2	10^{-1}	0,1 m
		3	10^{-1} m	0,1 m
		4	10^{-1} m	10 cm 0,1 m
		5	10^{-1} m	0,1 m
06	<i>Núcleo da célula de uma folha</i>	1	10^{-6} m	0,000.001 m
		2	10^{-6}	0,000001 m
		3	10^{-6} m	0,000001 m
		4	10^{-6} m	0,000001 m
		5	10^{-6} m	0,000001 m
07	<i>Núcleo do átomo de Carbono</i>	1	10^{-14} m	0,000.000.000.000.01 m
		2	10^{-14}	0,00000000000001 m
		3	10^{-14} m	0,00000000000001 m
		4	10^{-14} m	0,00000000000001 m
		5	10^{-10} m	0,0000000001 m x

Questão P4.

Tabela 2: Ordem de Grandeza e Medida Decimal

	Tamanho ou Extensão Considerado	Notação Científica	GRUPO	Ordem de Grandeza	Medida decimal (m)
01	<i>Distância à estrela mais próxima (Próxima de Centauri)</i>	$4,0 \times 10^{16}$ m	1	10^{16} m	40.000.000.000.000.000 m
			2	10^{16}	40000000000000000 m
			3	10^{+16} m	40000000000000000 m
			4	10^{16} m	400000000000000000 m x
			5	10^{16} m	40.000.000.000.000.000 m
02	<i>Distância média da Terra ao Sol</i>	$1,5 \times 10^{11}$ m	1	10^{11} m	150.000.000.000 m
			2	10^{11}	150000000000 m
			3	10^{+11} m	150000000000 m
			4	10^{+11} m	1000000000000 m x
			5	10^{11} m	100000000000 m
03	<i>Comprimento da Avenida Bento Gonçalves</i>	$1,0 \times 10^4$ m	1	10^4 m	10.000 m
			2	10^4	10000 m
			3	10^4 m	1.000 m x
			4	10^4 m	10000 m
			5	10^4 m	10000 m
04	<i>Espessura média da folha de papel A4 75g/m²</i>	$1,0 \times 10^{-4}$ m	1	10^{-4} m	0,000.1 m
			2	10^{-4}	0,0001 m
			3	10^{-4} m	0,010 m x
			4	10^{-4} m	0,0001 m
			5	10^{-4}	0,0001
05	<i>Raio da órbita do elétron, no átomo de hidrogênio</i>	$5,3 \times 10^{-11}$ m	1	10^{-10} m	0,000.000.000.053 m
			2	10^{-11}	0,000000000053 m
			3	10^{-11} m	0,000000000053 m
			4	10^{-11} m	0,00000000001 m x
			5	10^{-10} m	0,0000000001 x

Experimento 2:

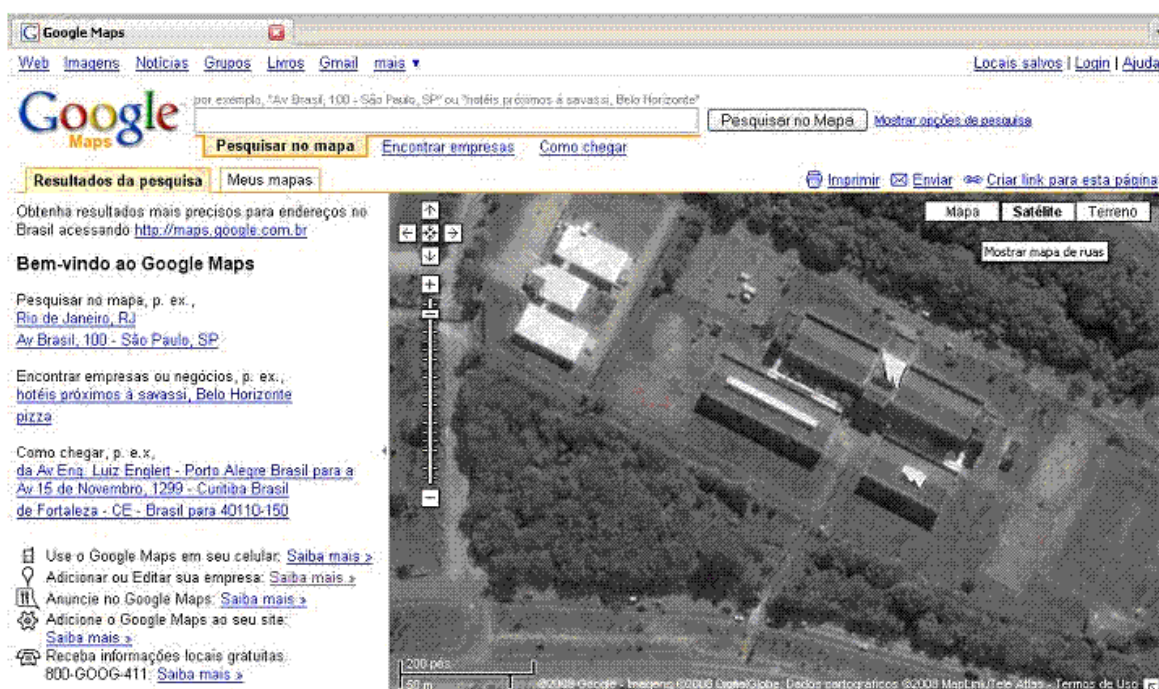
Questão G3.

Tabela 3: Algumas medidas da UFRGS – VALE.

	Algumas medidas da UFRGS	Medida Obtida				
		1	2	3	4	5
	Grupos >					
1	Diâmetro do "Anel Viário" da UFRGS - VALE.	3250 pés / 991 m	3080 pés / 940 m	perím. 2916 m / 928 m	perím. 3296 m / 1005 m	perím. 2938 m / 935 m

2	Comprimento do terreno ocupado pelo Colégio de Aplicação.	823 pés / 251 m	878 pés / 268 m	269,2 m	272,2 m	271,1 m
3	Largura do terreno ocupado pelo Cap.	312 pés / 95 m	330 pés / 100 m	96,1 m	98,2 m	103,8 m
4	Comprimento do prédio A do Colégio de Aplicação.	344pés / 105 m	372 pés / 113 m	105,7m	105,5 m	107,6 m
5	Largura do prédio A do Colégio de Aplicação.	69 pés / 21 m	67 pés / 20 m	19,2 m	18,6 m	19,2 m

Questão P8.



Questão P9. – Grande grupo.

Grupos	Respostas e questionamentos
1 e 2 2007/2	<p><i>Qual a diferença entre diâmetro e perímetro do anel? Diâmetro de um lado ao outro.</i></p> <p><i>Como converter para a escala do mapa? Usar regra de três na escala.</i></p> <p><i>Usamos a medida em pés. Qual a medida em metros? Quanto vale 1 pé?</i></p> <p>Professor: 1 pé é igual a 30,5 cm, 1 palmo é igual a 22 cm. Na próxima aula, vamos acertar as medidas na tabela, para metros e usando o Google Earth para confirmar, com uma data-show e um computador melhor.</p>
3, 4 e 5 2008/1	<p><i>Não aprendemos a trabalhar com as potências!</i> Professor: Vamos revisar na próxima aula, com os exemplos feitos e comparações a serem realizadas</p> <p><i>Existe uma maneira mais prática de converter a escala do mapa, sem a regra de três?</i></p> <p><i>Dá muito erro fazer a medida na tela, embora estejam sempre em proporção na tela.</i></p> <p>Professor: Quais as escalas que vocês usaram?</p> <p><i>No colégio, 50 m mede 26 mm na tela. No anel, 200 m mede 26 mm na tela.</i></p> <p><i>Medimos o perímetro? Vamos acertar o diâmetro, de lado a lado do anel.</i></p>

GA3 - "Tu percebes o que acontece ao teu redor? Mesmo estando ligado?"

Experimento 1:

Questão P1.

Tabela 1: Estimativas e medidas.

Estimativa do intervalo de tempo (Est)	Medida cronometrada do tempo estimado (Med) segundos					Diferença: (Est – Med)					Percentual (%) da diferença: [(Est-Med)x100/Med]				
	GRUPO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
6 segundos	6,31 3	5,43 5	5,7 5	5,8 6,1	5,4 -	0,31 3,0	0,57 1,0	0,3 1	0,18 0,1	0,64 -	5 50	10 20	5 16,6	3,0 10	11,3 -
25 segundos	30,3 16,2	27,6 24,8	17,6 28	22,4 30,	26,4 -	5,31 8,84	2,63 0,25	7,4 3	2,6 5,0	1,4 -	20 35	9,5 1,0	29,6 12	10,4 20	5,3 -
2 minutos	152 130	128 132	139 126	112 130	140 -	32 10	8,0 2,0	19 6	8,1 10	20 -	21 7,7	6,3 1,6	15,8 5	6,7 8,3	16 -

Questão P3G1.

1. Diferentes estratégias de contagem, diferente para contagem mental. *Necessita treinar. Não, a noção de tempo dos outros é diferente da minha.*
2. Não, pois cada um tem o seu tempo mental. *Idem. N.R.*
3. Não foram iguais, porque seus intervalos de tempo foram diferentes, o modo como medimos o tempo. *Não, porque cada pessoa tem uma percepção diferente.*
4. Não, as situações são diferentes. *Não, pois cada um tem um relógio interno diferente.*
5. Não, foram diferentes. *Por que cada pessoa têm uma percepção diferente, noções de tempo diferentes. N.R.(faltou)*

Questão P3G2.

1. Nas contagens de maior tempo. *Difícil de manter a concentração em longos tempos. 6 s, pois a noção de tempo deles é maior próxima do normal que a minha.*
2. 6 segundos, porque tenho maior controle de tempos grandes. *No de seis segundos, pois acho que foi o primeiro e me emocionei demais. N.R.*
3. Na estimativa do intervalo de 25 segundos. *O maior foi 29,6 pois o intervalo de tempo foi menor. Na primeira de 6 s. Porque o tempo era menor e eu contei mais rápido.*
4. Em 25 s, por causa que não é normal contar tal tempo.
5. Na de 2 minutos, acho que acontece porque o tempo era maior e eu perdi a percepção. *N.R.(Faltou)*

Questão P3G3.

1. Talvez piores, talvez melhores. *Depende de vários fatores, como manter a pulsação, nervos.... A pulsação muda dependendo de cada reação que você passa por isso não se pode contar o tempo pela pulsação.*
2. Seria pior, pois os batimentos são mais rápidos que os segundos. *Seriam piores, pois se estivesse muito nervosa as pulsações seriam mais rápidas e se eu estivesse*

com muito frio seriam as pulsações maiores.

N.R.

3. Seriam piores, pois o modo como mediríamos é de 80 batimentos por minuto. Haveria uma grande diferença de 20 segundos o que dificultaria a medição de tempo.

Piores, porque o coração bate em média 80 vezes por minuto, ia haver mais de 20 segundos de diferença.

4. Melhores, pois teria uma referencia maior.

N.R.

5. Seriam melhores pois o batimento é contínuo, não sofre influência externa.

N.R.(faltou)

Questão P2.

Tabela 2: Endereço do Vídeo – Comentários

Vídeo	GRUPO	Breve descrição	Duração do vídeo:	Duração do evento:
1	1	Flor Amarelo desabrochando Crescimento flor....	125 s	30 dias
	2	Crescimento e florescer de uma flor Crescimento flor ate desabrocharmento (amarelo)	129 s	30 dias
	3	A flor de Amarelo desabrochando Idem	2 min 9 s	35 dias
	4	Flor desabrochando Idem	125 s	25 dias
	5	A flor de Amarelo desabrochando Faltou	2 m 9 s	35 dias
2	1	Balão com água que cai e quica no chão 3 vezes Balão com água que cai e não explode	32 s	0,08 s centésim.
	2	Queda de um balão cheio d'água Balão com H ₂ O dentro caindo no chão.	32 s	0,4 s
	3	Uma bexiga com água caindo no chão em câmera lenta. Um balão de água cai no chão e não explode.	32 s	±0,5 s
	4	Uma bexiga caindo Bexiga caindo	32 s	0,3 s
	5	Um balão caindo de uma altura de ± 1m e meio. Faltou	32 s.	0,5 s
3	1	Gota cai na água Um pingo vermelho cai em slow motion	30 s	0,05 s centesim.
	2	Queda de uma gota Pingo de H ₂ O indo e voltando ação e reação	30 s	0,001 s
	3	Uma gota de água vermelha cai na água Um pingo vermelho de água caindo	30 s	>0,1 s
	4	Uma gota caindo sobre a água Uma gota de sangue caindo	30 s	0,06 s
	5	Uma gota vermelha caindo na água Faltou	30 s	< 0,1 s
4	1	Um cara constrói uma pirâmide de moedas Construção de uma pirâmide de moedas	200 s	300 h
	2	Duplicação de moedas Construção de uma pirâmide de moedas	200 s	300 h
	3	Pirâmide de Moedas Construção de uma pirâmide de moedas	3 min	300 h
	4	Pirâmide de moedas Pirâmide de moedas	3 min 2 s	300 h

	5	Montagem de uma pirâmide feita de moedas de 1c. A Montagem de uma pirâmide feita de moedas de 1 centavo.	3 min	300 h
5	1	Explosão e queda de ponte Uma explosão e caída da ponte em slow motion	24 s	24 s
	2	Queda de ponte Queda de ponte	20 s	10 s
	3	Demolição de uma ponte Uma ponte explode	24 s	4s
	4	Desmoronamento de uma ponte Demolição de uma ponte	24 s	2 s
	5	Uma ponte explode e cai em direção à água de uma altura de 20 m. Uma ponte explode e cai em direção à água, numa altura de 20 m.	24 seg.	4 seg.
6	1	Plantas se desenvolvendo Uma hortaliça crescendo	45 s	1 mês
	2	Crescimento de plantas Crescimento de plantas	45 seg.	1 mês
	3	Crescimento do feijão Crescimento do feijão	45 s	2 a 3 semanas
	4	Crescimento de uma planta Nascimento de feijão	45 s	14 dias
	5	O crescimento do feijão Crescimento da planta de feijão	45 seg.	3 semanas
7	1	Alterado: Balão cheio d'água estoura 2008 Balões com água	107 s	0,16 s
	2	Alterado: Balão de água 2008 Balão cheio de H ₂ O.	102 s	0,16 s
	3	Explosão de um carro Explosão de um carro	16 s	0,3 seg.
	4	Explosão de um carro Explosão	16 s	0,5 s
	5	A explosão de um carro Explosão de um carro	16 s	0,5 s
8	1	Nuvem passando pelo céu durante uma tarde O tempo de um temporal passar	43 s	5 h
	2	Passagens de nuvens Passagem de nuvens	43 s	5 h
	3	Mostra a formação de uma tempestade Formação de uma tempestade	43 s	10 hs.
	4	Passar das nuvens O passar de um pouco mais de meio dia	43 s	7 h
	5	A transformação do céu ao longo do dia Uma tempestade	43 s	8h
9	1	Jogo com bola de biliar Bola de biliar em S M	92 s	1 s 0,47s
	2	Bola de sinuca Bola de sinuca	92 s	1 s
	3	O movimento de uma bola de sinuca que bate na mesa Uma bola de sinuca batendo com força na ponta da mesa	12 seg.	0,1 seg.
	4	Bolas de sinuca na tabela Batida da bola de snooker na tabela	92 s	0,5 s
	5	Uma bola de sinuca batendo na quina da mesa Choque de uma bola de bilhar na parede da mesa de sinuca	10 s	0,2 s

Questão P3G1.

1. Não, é muito rápido ou muito devagar.
Não, é muito rápido ou muito lento.
2. Funciona para cada tipo de contagem mental, cada um tem o seu tempo de contagem.
Não pois a noção de tempo das pessoas são diferentes.
3. A determinação mental pode funcionar, mas não é confiável e precisa, pois a nossa percepção de tempo não corresponde muitas vezes ao tempo real.
A determinação mental pode até funcionar, mas não é confiável, precisa.
4. Não, pois não segue um bom referencial e está muito sujeito a erros.
Não, pois em diferentes situações não seria possível marcar o tempo perfeitamente.
5. Não funciona, pois ela não é tão precisa, ela é falha, pois depende de vários fatores.
Não funciona, pois ela não é precisa, depende de vários fatores, folha.

Questão P3G2.

1. Em tempos muito pequenos.
Em condições de tempos muito pequenos.
2. N.R.
Quando está normal o tempo.
3. Quando tu ficas fazendo algo, que tu gosta. Não conseguimos ver o tempo passar.
Quando o tempo é muito pequeno ou longo demais, isso acontece porque perdemos a noção do tempo, a percepção do tempo real.
4. Nós não percebemos nem abaixo de 1s e nem acima de 7 h, pois fica muito difícil para percepção.
Mais de seis hora, porque geralmente nos importamos com tempos menores.
5. Quando estar aproximando o momento o tempo parece passar mais rápido. Isso acontece por causa da distorção.
Quando o momento é agradável. Isso acontece porque quando nos divertimos o tempo parece passar muito rápido.

Questão P3G3.

1. N.R.
N.R.
2. Por que as fotos passam muito rápido.
Porque as fotos são rápidas.
3. Porque nossa percepção vai até 19 fotos por segundo e um filme é de 25 fotos por segundos.
Por que passa tão rápido de uma foto para outra que achamos que o movimento é real.
4. Porque nosso olho não percebe quando passa mais de 20 fotos por segundo.
Porque nosso olho não percebe quando passa mais de 20 fotos por segundo.
5. Achamos que é real, pois o nosso olhos não percebe, pois os fatos passam tão rápido que não é possível perceber.
Devido a "quantidade" das fotos, a seqüência é muito rápida. (Normalmente 25 fotos por seg.)

Questão P3G4.

- a)
 1. 20 vezes por segundo.
 2. 20 vezes p/ segundo.
 3. 25 fotos por seg.
 4. Não, pois nós não conseguimos perceber mais de 20 fotos por segundo.
 5. 25 por seg.
- b)
 1. 1600 por segundo
 2. N.R.
 3. 2.500 fotos por segundo.
 4. Sim, com a máquina podemos ver mais de 20 fotos por segundo, são muitas fotos por segundo.
 5. 2500 por s.

- c) 1. 4 por hora
 2. N.R.
 3. 1 foto por dia
 4. Sim, usando o equipamento especial será possível.
 5. 1 foto por hora.

Questão T1.

1. Depende da rapidez.
 2. Sendo muito lento ou muito rápido não conseguimos ver as coisas.
 3. Nada registraram.
 4. Nada registraram.
 5. Câmera de slow-motion: 2500 fotos por segundo, filmam rápido, resultado da projeção lento.

#Os grupos confrontaram os resultados discutindo os possíveis erros de avaliação. O vídeo 9 apresentou problemas de avaliação, pois envolvia diversos intervalos de tempo não seqüenciais. A saída é utilizar um vídeo com menor duração mas envolvendo apenas um evento. Muitos alunos cometeram erros de unidades, como seg. em vez de s, hs colocado no plural a abreviatura de h. O professor chamou a atenção para estes detalhes, mas poucos corrigiram no trabalho. Foi sugerida também uma atividade complementar, pois ainda restavam 20 minutos, construir um pêndulo com período de 2 segundos. os resultados ficaram em um comprimento entre 80 e 90 cm, com amplitudes diferentes.

GA4 - "Como tu determinas esta grandeza física?"

Experimento 1:

Questão P1.

Grupo	1	2	3	4	5
Corpo/ Massa					
a)Bolinha de gude	9,0 g	8,9 g	8,7 g	7,7 g	8 g
b)Seixo de mármore	90,0 g	142,7 g	142,3 g	98,1 g	100 g
c1)Grão de feijão	0,30 g	0,28 g	x	x	x
c2)Grão de arroz	x	x	0,03 g	0,04 g	0,03 g

Questão P2.

Grupo	1	2	3	4	5
Corpo / Área					
a)Face moeda antiga	7,0 cm ²	7,8 cm ²	4,25 cm ²	4,5 cm ²	4,3 cm ²
b)Couro cabeludo	713 cm ²	713 cm ²	880 cm ²	1000 cm ²	850 cm ²
c)Bolinha de gude	9,5 cm ²	12 cm ²	9,0 cm ²	8,5 cm ²	6,0 cm ²

Questão P3.

Grupo	1	2	3	4	5
Volume do corpo					
a)Seixo de mármore	30 ml	50 cm ³	49 ml	27 ml	76 ml
b)Barra de giz	10 ml	8,0 cm ³	8,0 ml	2,0 ml	5,5 ml
c)Gota de água	0,06 ml	0,08 cm ³	0,03 ml	0,05 ml	0,05 ml

Experimento 2:

Questão G1.

1. *Dividiria em pedaços de 1 m^3 , mediria a massa e multiplicaria pelo resto de pedaços que a montanha tem, ou seja, pela densidade e volume. Seria feito uma medida de kg divididos por m^3 .*
2. *Determinaria o volume da montanha, pegaria um pedaço e mediria o volume e o peso(massa), depois faria regra de três.*
3. *N.R.*
4. *Não pode, o morro é muito grande.*
5. *Não conseguiria medir a massa do Morro Santana com uma balança de braço normal. Determinaria dividindo o morro em partes iguais, pegaria uma dessas, mediria sua massa e depois multiplica pelo número de pedaços restantes.*

Questão G2.

1. *Dividiria a Terra em pedaços, mediria a massa de um pedaço e multiplicar pelo n°. de pedaços, comparando com o tamanho da Terra.*
2. *Pelo volume e densidade da Terra.*
3. *N.R.*
4. *Conhecendo um pequeno pedaço de Terra e um pequeno ângulo.*
5. *Esse cálculo pode ser feito através do conhecimento sobre a densidade do planeta, satélite ou astro. Multiplica-se este valor pelo volume do corpo.*

Questão G3.

1. *Divide-se o cabelo em mechas de 1 cm^2 , vendo quantos cabelos tem em 1 cm^2 e multiplicar pelo n°. de centímetros quadrados = 180.000 ou 10^5 fios de cabelos.)**
2. *Medir a área da cabeça, depois 1 cm^2 de couro cabeludo e contar o n°. de fios de cabelo e fazer regra de 3, ($940 \text{ cm}^2 - x$, $1 \text{ cm}^2 - 284$ fios, resulta $x = 2,7 \times 10^5$ fios).**
3. *N.R.*
4. *10^6 (chute).*
5. *10^5 , divide o couro cabeludo em vários e pequenas partes, conto quantos fios de cabelos há naquela parte e multiplica esse número pelo quantidade de partes divididas.*

Questão G4.

1. 492.000.000 fósforos $\rightarrow 4,9 \times 10^8$ fósforos (40 fósforos em 21 cm^3 (Caixa), 258 m^3 da sala).
2. 530.000.000 fósforos $\rightarrow 5,3 \times 10^8$ fósforos (40 fósforos em 24 cm^3 , x em $323.000.000 \text{ cm}^3$).
3. *N.R.*
4. 500.000.000 fósforos com caixas.
5. 1.200.000.000 fósforos $\rightarrow 1,2 \times 10^9$ fósforos (até o Fundo 200 F, $\uparrow 1500$ F., largura 4000 F.)*

Questão G5.

1. *Quantas folhas tem numa árvore grande? Ver quantas folhas tem num galho. Ver quantos galhos tem a árvore e depois multiplica pelo número de folhas do galho.*
2. *Com quantos palitos de fósforos se faz uma canoa? Quantos caixas de fósforos cobrem o pátio da escola?*
3. *N.R.*
4. *Quantas gotas de água cabem no oceano atlântico?*
5. *N.R.*

GA5 – “Quais as medidas biológicas mais comuns do teu corpo?”

Experimento 1:

Questão P2.

Tabela 1: Medidas de temperaturas.

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Temperatura Média (°C)
Temperatura Corpórea (°C) TURMA 1	36,3	35,1	35,5	36,1	35,6	X	35,7
Temperatura Corpórea (°C) TURMA 2	35,3	35,5	35,5	36,0	36,2	35,7	35,7

Questão P5G1.

1. Não, pois a temperatura normal varia de pessoa a pessoa.
2. Ela estaria praticamente Normal.
3. Não estaria doente, porque a temperatura corporal normal varia de uma pessoa para outra.
4. Não, essas são temperaturas normais.
5. Ele não estaria doente, nem com hipotermia nem com febre, é uma temperatura considerada normal para o corpo.

Questão P5G2.

1. Sim, pois o termómetro não mantém a marcação da temperatura, não segura o mercúrio.
2. Sim, pois o termómetro de laboratório não mantém o mercúrio imóvel após retira-lo do corpo a fim de medir a temperatura.
3. Com os termómetros de laboratório há dificuldade de determinar precisamente a temperatura, devido ao tempo que a pessoa demora para tirar o termómetro e ver a temperatura. A temperatura do termómetro abaixa rapidamente.
4. Pode ter algumas alterações ao ser retirado do braço.
5. Usar o termómetro de laboratório não é correto, pois ele não “segura” a temperatura, logo após medir, o nível de mercúrio já sai do lugar correto e dá a temperatura errada.

Experimento 2:

Questão P3.

Tabela 2: Medidas de pressão pulmonar.

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Pressão pulmonar máxima (cm Hg)
Pressão pulmonar máxima (cm Hg) TURMA 1	6	10	10	8	11	X	9
Pressão pulmonar máxima (cm Hg) TURMA 2	6	6,5	8	8	8,0	7	7,2

Questão P6G1.

1. 9 cm Hg. 11 cm Hg. Ele é atleta nadador.
2. 9 cm Hg. 11 cm Hg. Atleta.
3. A pressão pulmonar média de meu grupo é de 7,2 cm Hg. Nenhum tem a pressão maior, pois não são fumantes.
4. 7,2 cm Hg, Muito maior não, têm pulmões saudáveis.
5. A pressão média do meu grupo é 7,2 cm Hg, nenhum apresenta pressão muito maior do que a média, Sadios.

Questão P6G2.

1. Maior, pulmão mais rígido que produz maior pressão.
2. Idem 1.
3. A pressão pulmonar de uma pessoa que fuma é muito maior que a média, porque o pulmão de um fumante é mais rígido.
4. Maior, porque o pulmão é muito duro.
5. Teria pressão bem maior, pois o pulmão seria mais "rígido", o ar não entra com facilidade.

Experimento 3:

Questão P4.

Tabela 3: Medidas de pressão arterial.

Medida corpórea de:	Colega 1		Colega 2		Colega 3		Colega 4		Colega 5		Colega 6		Valor Médio (cm Hg)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Pressão Sistólica (cm Hg)	11,9	9,6	12,6	9,2	9,2	11,9	9,0	9,6	12,6	12,7	X	14,1	11,1	11,1
Pressão Diastólica (cm Hg)	6,9	6,3	8,2	5,7	5,4	7,7	5,9	4,4	6,9	7,2	X	10,8	6,7	7,0
Batimentos cardíacos por minuto (b.c.p.m.)	73	87	105	65	76	88	85	60	60	61	X	120	80	80

Questão P5G1.

1. Não passa, mas depois quando baixa sim. A gente sente o pulsar da artéria.
2. Não. Não.
3. Não passa sangue, pois a artéria está sendo pressionada muito, portanto não sentimos o pulsar.
4. Não, também não sinto a pulsação na artéria.
5. Não e não sinto o pulsar da artéria.

Questão P5G2.

1. Enquanto estiver acima da pressão mínima e indica a pressão mínima do coração.
2. Até a pressão diastólica, desde a sistólica.
3. Até 4,4 cm Hg. Isso indica que a pressão baixa está baixa.
4. O mínimo da pressão que eu posso sentir o pulsar é de 5,7 cm Hg.
5. O máximo da pressão que eu posso sentir pulsar é 7,2 cm Hg.

Questão P5G3.

1. a) 12 cm. b) 1,6 m.
2. a) 12 cm. b) Perto de 1,5 m.
3. a) 9,6 cm. b) 1,26 m.
4. a) 12 cm. b) 1,57 m.
5. a) 9,2 cm. b) 1,21 m.

Questão P5G4.

1. *A pressão da veia é menor, logo entra ar no sangue que vai ao pulmão.*
2. *Sendo menor, a pressão maior da atmosfera faz entrar ar e matar a vítima.*
3. *O coração "puxa" o sangue das veias e quando ela é furada o coração puxa o ar, que tranca toda a artéria, levando a morte.*
4. N. R.
5. N. R.

Questão P5G5.

1. $N = 80 \times 60 \times 24 = 115.200$ batidas.
2. $1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min}$. Logo $80 \text{ bat/min} \times 1440 \text{ min} = 115.200$ batidas por dia.
3. $N = 60 \times 24 \times 60 = 86.400$ vezes.
4. 87.840 p/d.
5. 93.600 vezes em um dia.

Experimento 4:

Questão P2.

Tabela 4: Medidas de volume de ar aspirado.

Medida corpórea de:	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6_	Volume de ar aspirado médio (ℓ)
Volume de ar aspirado máximo (ℓ) TURMA 1	2,0	2,2	2,6	2,4	2,8	X	2,3
Volume de ar aspirado máximo (ℓ) TURMA 2	2,2	2,9	2,4	3,6	3,0	2,3	2,7

Questão P5G1.

1. *2,3 ℓ é o maior. Menor, devido às diferenças entre os corpos.*
2. *O maior é 2,3 ℓ. Maior, devido as diferentes estruturas corpóreas.*
3. *2,7 ℓ. Menor, sexo feminino.*
4. *2,7 ℓ.*
5. *2,7 ℓ. Pulmões diferentes.*

Questão P5G2.

1. Menor, porque o pulmão é mais rígido e não enche com facilidade.
2. Idem 1.
3. Menor, pulmão + rígido.
4. N. R.
5. Menor, pulmão mais duro.

Questão P5G3.

1. 18 respiradas por min. x 2,3 ℓ = 41 ℓ Por dia: 41 ℓ x 60 x 24 = 59.000 L = 59 m³.
Por ano: 59 m³.X 365,25 = 21.550 m³.
Por 80 anos: 21.550 m³.x 80 = 1.724.000 m³ = 1,7 hm³.
2. 21 resp. x 2,3 ℓ x 60 min x 24 h = 69.500 ℓ = 69,5 m³.
69,5 m³.x 365,25 dia = 25.400 m³.
25.400 m³.x 80 anos = 2.032.310 m³.
3. (Não souberam ou não conseguiram calcular. Terminou a aula.)
4. Idem (3).
5. Idem (3)

GA6 - "Com quantos decimais devemos expressar a medida?"

Experimento 1:

Questões P4, P6 e P8.

Tabela 1: Altura queda x Tempo de reação.

Medição realizada	d ₁		d ₂		d ₃		d _m (m)		Tempo de reação T(s)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Turma	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Colega 1:	14 cm	0,20 m	10 cm	0,17 m	13 cm	0,20 m	0,12 m	0,19 m	0,16 s	0,19 s
Colega 2:	F	0,28 m	F	0,16 m	F	0,16 m	F	0,20 m	F	0,20 s
Colega 3:	14 cm	0,07 m	21 cm	0,08 m	20 cm	0,08 m	0,18 m	0,07 m	0,19 s	0,12 s
Colega 4:	11 cm	0,12 m	10 cm	0,12 m	14 cm	0,19 m	0,12 m	0,14 m	0,15 s	0,16 s
Colega 5:	F	0,13 m	F	0,12 m	F	0,16 m	F	0,14 m	F	0,17 s
Colega 6:	X	0,09 m	X	0,19 m	X	0,03 m	X	0,11 m	X	0,14 s

Questão P9G1.

Turma 1: Colega 4, Colega 3.

Turma 2: Colega 3, Colega 2.

Questão P9G2.

1. *Sim, praticando e prestando mais atenção.*
2. *Sim. Praticando bastante.*
3. *Fazendo exercícios diariamente e treinando.*
4. *Sim, treinando.*
5. *Sim, com muito treinamento.*

Questão P9G3.

1. *Nos décimos de segundo.*
2. *Não sei. Décimos ou talvez centésimos.*
3. *Nos centésimos de segundo.*
4. *Centésimos de segundo por causa do tempo de reação da pessoa que controla o cronômetro.*
5. *Eles ocorrem nos centésimos.*

Questão P9G4.

1. *Não, porque eles já erram nos décimos de segundo.*
2. *Não, porque a pessoa já erra em décimos de segundo.*
3. *Não porque nos cronômetros de centésimos ou milésimos varia muito e não faz diferença nos décimos de segundos. Nos aparelhos de centésimos dá erro de medida por causa da reação do juiz.*
4. *Sim, para saber o momento das faltas, impedimentos e o fim da partida.*
5. *Não, pois o erro é "humano", e ele erra feio a partir dos centésimos.*

Questão P9G5.

1. *Seria na ordem dos décimos de segundo, pois seria mais preciso.*
2. *Dos décimos de segundo, pois seria mais precisa.*
3. *O último algarismo significativo seria nos décimos de segundo, porque nos centésimos e milésimos haveria uma menor precisão devido à reação do parar o cronômetro.*
4. *Décimos porque é até onde se tem controle.*
5. *Na ordem dos décimos de segundo, pois a partir dos centésimos os humanos erram muito.*

Questão P9G6.

1. *O colega 4, porque sua reação é "maior".*
2. *Eu mesmo (colega 4), porque tenho o menor tempo de reação.*
3. *O colega 3, pois tem o menor tempo de reação em relação ao grupo.*
4. *Eu (colega 3), porque tive o melhor tempo de reação.*
5. *O colega 3 porque ele tem um tempo de reação muito bom 0,12 s.*

Experimento 2:

Questões P1 e P4. (livros iguais e régua diferentes)

Tabela 2: Precisão x Algarismos significativos. Turma 1.

Tipo de régua (Precisão)	Colega 1:	Colega 2:	Colega 3:	Colega 4:	Colega 5:	Colega 6:	Média Aritmética
Decimetrada (dm)	2,6	F	2,6	2,6	F	X	2,6 dm
Centimetrada (cm)	26,0	F	25,8	26,0	F	X	25,9 cm
Milimetrada (mm)	260,0	F	258,0	260,1	F	X	259,3 mm

Tabela 2: Precisão x Algarismos significativos. Turma 2

Tipo de régua (Precisão)	Colega 1:	Colega 2:	Colega 3:	Colega 4:	Colega 5:	Colega 6:	Média Aritmética
Decimetrada (dm)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6 dm
Centimetrada (cm)	25,9	25,9	26,0	25,9	25,9	25,9	25,9 cm
Milimetrada (mm)	259,0	259,2	259,1	259,2	259,3	259,0	259,1 mm

Questão P5G1.

1. Não, porque usamos materiais de precisões diferentes.
2. Não, porque usamos instrumentos diferentes, com diferentes precisões.
3. Sim, elas são diferentes porque a precisão das réguas que foram usadas eram diferentes, assim, quanto maior a precisão do instrumento de medição maior a precisão da medida.
4. Alguns instrumentos são mais precisos do que os outros.
5. As grandezas físicas são iguais, mas as unidades de medida dos instrumentos são diferentes.

Questão P5G2.

1. 2, 3, 4.
2. 2, 3, 4.
3. 6, 9, 0. **x**
4. 2, 3, 4.
5. 2, 3, 4.

Questão P5G3.

1. Seria em milímetros, pois tem mais algarismos precisos.
2. O mm, porque tem um número maior de algarismos significativos.
3. A medida em milímetros porque a régua foi dividida em mais partes iguais e menores. Ex. a cada 1 cm da régua era dividido em 10 partes, 10 mm.
4. mm, quanto mais algarismos significativo mais precisa é a medida.
5. É a dos milímetros, pois têm maior número de algarismos significativos.

Questão P5G4.

1. Sim, porque "dá" mais algarismos significativos.
2. Com mais algarismos, mais precisa é a medida.
3. Sim porque quanto maior a precisão do instrumento de medida, é mais difícil de errar a medida.
4. Sim, pois cada vez foi ficando mais precisa a medida.

5. Sim, pois se o instrumento (no caso a régua) tiver as marcações das unidades incorretas, a medida não será precisa, não exata sempre.

Questão P5G5.

1. Não, porque não se precisa um instrumento tão preciso adequado ao objeto medido.
2. Não
3. Não, porque são distâncias muito grandes. A Resposta seria mais precisa, mas muito "absurda". Por exemplo: $1 \text{ km} = 1.000 \text{ m} \Rightarrow \text{cada metro} = 1.000 \text{ mm} \Rightarrow 1 \text{ km} = 1.000.000 \text{ mm}$.
4. Não, pois seria muito trabalhoso e não seria necessária tanta precisão.
5. Não, pois o instrumento necessário para esta medição deve ser muito maior como a unidade.

Questão P5G6.

1. Em intervalos muito grandes a medida com esta precisão é inútil.
2. Se fosse em segundos iríamos nos perder, então em anos seria mais significativo do que em outras unidades de medida.
3. Porque é muito difícil de explicar a idade em horas ou segundos, pois a idade é um grande intervalo de tempo. Idade = $16 \times 12 \times 30 \times 24 \times 60 \times 8.294.400$ minutos = 497.664.000 segundos, que mudaria a cada segundo sempre.
4. Porque é uma medida de intervalo de tempo muito grande e não necessita de tanta precisão.
5. Em um intervalo de tempo maior é mais fácil de ter uma idéia da idade, sendo mais prático medir.

Questão P5G7.

1. C, porque é a mais precisa neste caso.
2. C, mais um algarismo.
3. C, o número 0,47 porque será mais difícil de identificar mais um algarismo preciso.
4. C, o amperímetro mede em 2 números significativos, então o melhor é 0,47 A já que está mais perto de 0,5 do que 0,4 mas não chegou no 0,5, então avaliamos 0,47.
5. C, pois o máximo que podemos perceber "a olho" foi na casa dos centésimos.

Questão P5G8.

1. Resposta C, porque é mais preciso e eu colocaria só mais um algarismo de 14 h.
2. C podemos colocar só mais um algarismo, é uma precisão neste caso, a melhor porque a outra unidade já é "chutada".
3. C. É "ruim" de identificar algum algarismo mais preciso.
4. C. Horas é em 2 algarismos significativos. O número mais perto do ponteiro é 14 h.
5. C. O minuto é o máximo que podemos perceber sem outra referência.

Questão P5G9a.

1. 4 e o último é duvidoso.
2. 4 e o último algarismo é o duvidoso. Significativos seriam 4 e duvidoso seria 1 só.
3. Toda medição é precisa certa. Mas o número significativo exato desta medida é 51,7, e o duvidoso 2.
4. 4 algarismos significativos. O 2 foi avaliado.
5. Três algarismos significativos precisos e um duvidoso.

Questão P5G9b.

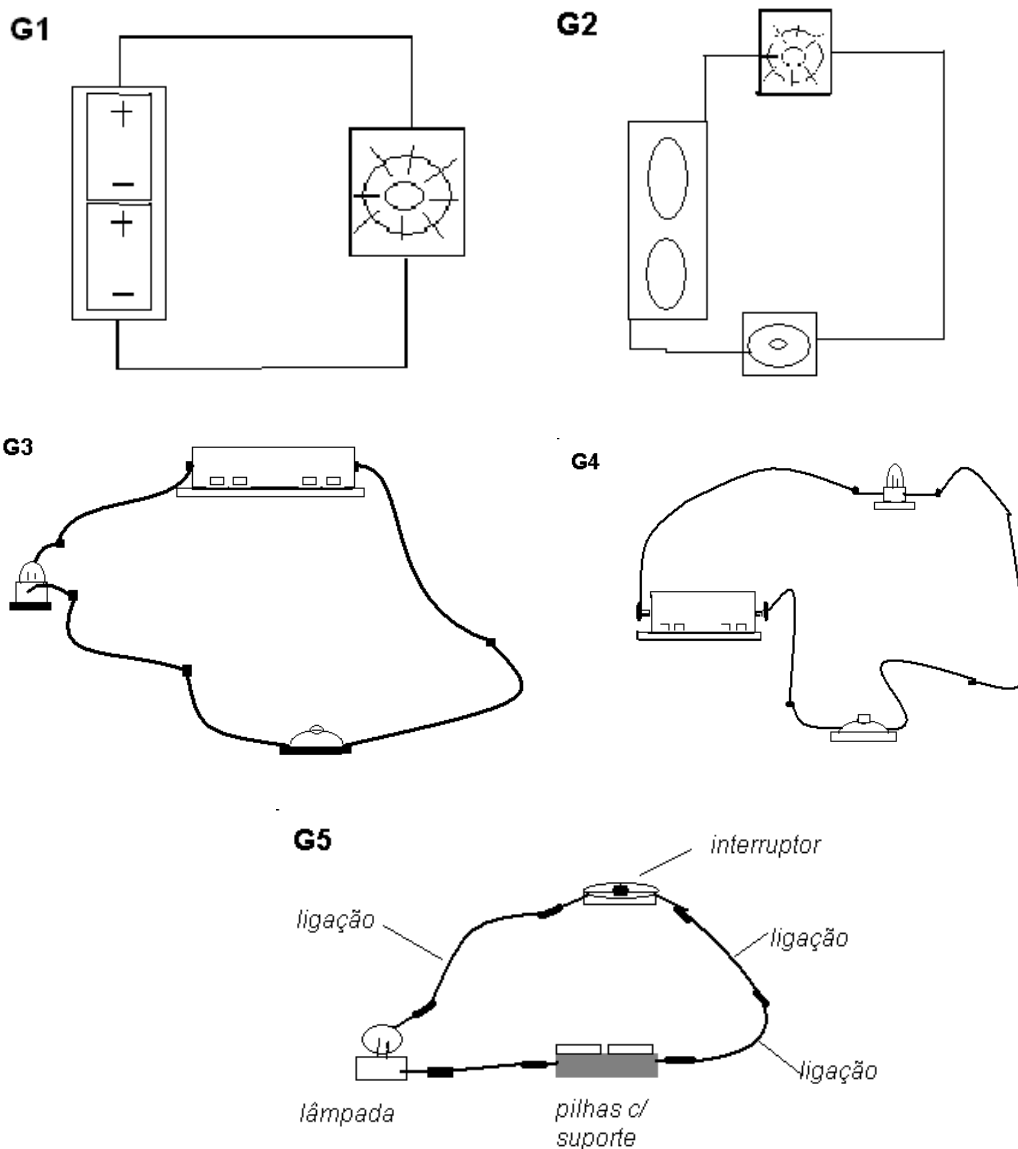
1. Hectômetro.
2. Hectômetro.

3. Até o décimo de km. Após isso o número é duvidoso, ou seja o 2, que é dois centésimos de km.
4. Décimo de km.
5. Com uma trena de km ou utilizando um satélite. Nenhum, a destas medidas é exata. As duas podem sofrer influências que mudarão o resultado.

GA7 - "Como funcionam os sensores elétricos?"

Experimento 1:

Questão P2. (Esquemas dos circuitos elétricos.)



Questão P4G1.

1. Porque a pilha passa energia para a lâmpada. A voltagem é 3 V.
2. Porque a energia liberada pela pilha é conduzida através dos fios até a lâmpada, e a voltagem de cada pilha é de 1,5 V.

3. *A lâmpada acende pois ela precisa de uma voltagem, e essa voltagem é dada pelas pilhas. È de 1,5 V cada uma.*
4. *Por que a voltagem (a carga elétrica) é aplicada na lâmpada. 1,5 V cada uma, dá 3,0 V.*
5. *A lâmpada acende por que as pilhas dão energia para elas (volts). A voltagem é de 3,0 V.*

Questão P4G2.

1. *Passar energia para a lâmpada acender. Com uma pilha o brilho da lâmpada fica mais fraco.*
2. *A das pilhas é de liberar energia para as cargas livres. Não. Seria um pouco mais fraco, pois quanto mais volts, mais energia pode ser liberada.*
3. *A função é a de fornecer energia. Mas a lâmpada não acenderia sem as pilhas. Porque a energia precisa ser conduzida, sem ser interrompida. A lâmpada ficaria mais fraca.*
4. *Nesse circuito é a pilha quem passa carga elétrica para a lâmpada, logo sem a pilha a lâmpada não acenderia. Se fosse só uma pilha a lâmpada brilharia menos.*
5. *As pilhas geradoras fornecem energia, sem elas a lâmpada não acenderia. Se fosse utilizada apenas uma pilha ela não acenderia tão forte.*

Questão P4G3.

1. *Não.*
2. *Não, pois a lâmpada não é polarizada.*
3. *Não, a luz emitida permanece a mesma.*
4. *Não, porque a corrente é contínua.*
5. *Não houve nenhuma mudança significativa.*

Experimento 2:

Questão P4G1.

1. *O brilho da lâmpada aumenta porque quando a resistência é grande se “perde” energia no caminho e quando é pequena não.*
2. *Aumenta o brilho, diminui a resistência, passa mais corrente?*
3. *O brilho da lâmpada fica maior. Pois a intensidade aumenta. Isso acontece pois quanto menor a extensão do fio, mais energia passa.*
4. *Quando diminuimos a extensão do fio aumenta a intensidade da lâmpada. Isso acontece porque a extensão do fio segura muita energia. Quando diminuimos a extensão do fio passa mais cargas elétricas.*
5. *O brilho fica aumentado e isso ocorreu pois havia cada vez menos resistência, e a passagem da corrente elétrica é maior. Na resistência passa mais corrente.*

Questão P4G2.

1. *O brilho seria fraco e se perderia energia.*
2. *Aumentaria a resistência e diminuiria o brilho. Não sei.*
3. *A corrente elétrica iria diminuir e o brilho da lâmpada também ficaria menor.*
4. *Diminui o brilho da lâmpada e passaria menos corrente elétrica.*
5. *Ele diminuiria muito.*

Experimento 3:

Questão P3G1.

1. *Porque a pilha fornece energia ao led.*
2. *Por causa da corrente elétrica que atravessa o led.*
3. *Por que passa corrente elétrica por ele.*
4. *Por que passa uma pequena carga de energia.*
5. *Pois ele recebe energia, assim como a lâmpada.*

Questão P3G2.

1. *Ele serve para dificultar a passagem de corrente elétrica.*
2. *Diminuir a passagem de corrente.*
3. *Para controlar a quantidade de energia que chega no LED.*
4. *Para não passar tanta energia e o LED não acender mais.*
5. *Para diminuir a passagem de corrente elétrica.*

Questão P3G3.

1. *Sim, o led não acende, a lâmpada acende com pólos trocados.*
2. *Sim, ele não acende porque é polarizado e a lâmpada não é.*
3. *Sim, com os terminais do IED invertidos ele não acende. A lâmpada acende mesmo com os terminais invertidos.*
4. *Sim, se inverter os terminais do LED ele não acende.*
5. *O led não acende. Com a lâmpada não ocorreu isto.*

Questão P3G4

1. *O LED.*
2. *Led.*
3. *O LED é polarizado pois só funciona em um sentido.*
4. *O LED.*
5. *O LED.*

Questão P3G5.

1. *Energia elétrica em energia luminosa.*
2. *Elétrica em luminosa.*
3. *No LED chega energia elétrica, que se transforma em energia luminosa. A lâmpada também.*
4. *Energia elétrica em energia luminosa.*
5. *Energia elétrica => energia luminosa.*

Experimento 4:

Questão P2.

1. *009 Ω .*
2. *007 Ω .*
3. *6 Ω .*
4. *6 Ω .*
5. *7 Ω .*

Questão P3.

1. *019 Ω .*
2. *018 Ω .*

3. 18Ω .
4. 18Ω .
5. 18Ω .

Questão P4.

1. Indica a resistência.
2. Circuito aberto
3. Significa que a resistência é infinita (muito grande), ou seja, não passa corrente elétrica.
4. A resistência
5. A resistência elétrica.

Experimento 5:

(Todos os alunos tentaram “Calibrar” os potenciômetros, construindo as tabelas abaixo.)

Grupo 1.

-60° E	5,60 k
-30° E	7,80 k
0°	10,2 k
+30° D	12,80 k
+60° D	14,80 k

Grupo 2.

-60°	747
-30°	947
0°	1134
+30°	1300
+60°	1500

Grupo 3.

	Ângulo	Resistência
	Θ	R
esquerda	-60°	1503 Ω
	-30°	1297 Ω
	0°	1115 Ω
direita	+30°	943 Ω
	+60°	747 Ω

Grupo 4.

Ângulo.	Resistência.
60° D	4,33 k
50° D	4,11 k
40° D	3,90 k
30° D	3,69 k
20° D	3,50 k
10° D	3,33 k
0°	3,16 k
10° E	2,98 k
20° E	2,84 k
30° E	2,66 k
40° E	2,48 k
50° E	2,28 k
60° E	2,10 k

Grupo 5.
Variando o ângulo, a resistência muda.

-60°	1.503
-40°	1.362
-20°	1.230
0°	1.139
+20°	997
+40°	877
+60°	743

GA8 - "Para que servem e como funcionam os transdutores?"

Experimento 1:

Questão P5.

Grupos:	1	2	3	4	5
Posição 1:	4000 Ω	37.500 Ω	24.500	27.648 Ω	1.874
Posição 2:	3200 Ω	32.500 Ω	20.000	38.275 Ω	1.586
Posição 3:	2400 Ω	27.500 Ω	17.300	47.546 Ω	1.369

Questão P7G1.

1. Medindo a amplitude, através da resistência elétrica.
2. A resistência elétrica.
3. A resistência elétrica varia quando o pêndulo oscila no computador.
4. No pêndulo a amplitude. **x**
5. A grandeza física que varia no pêndulo é amplitude, no potenciômetro é resistência.

Questão P7G2.

1. 3200 ohms.
2. 32.500 ohm.
3. 20.000 Ω .
4. 38.275.
5. 1.586.

Questão P7G3.

1. 4174 ohms e ...
2. Esquerda: 38.900 ohms Direita: 26.200 ohms.
3. 24.500 a 17.300.
4. 27.658 a 47.546.
5. 1.874 a 1.369.

Questão P7G4.

1. Analógica.
2. Analógica.
3. Grandeza analógica.
4. Analógicas.
5. Analógica.

Experimento 2:

Questão P2.

Transdutor	Resistência elétrica R(Ω) sem excitação / com excitação				
	1	2	3	4	5
Chave campainha	$\infty / 0$	$\infty / 0$	$\infty / 0$	$\infty / 0$	$\infty / 002$
Chave reset	$0 / \infty$	$0 / \infty$	$0 / \infty$	$0 / \infty$	$001 / \infty$
Potenciômetro	20 / 1025	20 / 1025	3 / 1011	$0 / \infty$	1.070 / 005
LDR (foto resistor)	$\infty / 476$	$\infty / 476$	$\infty / 1500$	$\infty / 450$	$\infty / 1410$
Foto transistor	$\infty / 500$	$\infty / 500$	1390 / ∞	$\infty / 185$	$\infty / 4030$
Reed-switch	$\infty / 0$	$\infty / 0$	$\infty / 0$	$\infty / 0$	$\infty / 0$
Termistor NTC	10.050 / 13 k c/ gelo 7,5 k quente	10.000 / 12 k c/ gelo 8 k quente	10.600 / 27 k c/ gelo 1,6 k quente	10.640 / 25 k c/ gelo 2.9 k quente	9.800 / ∞ c/ gelo 3,9 k quente
Microfone	1512 / ∞	1450 / acima de 10 k	1280 / 1981	1186 / 1618	1240 / 2250

P3G1

1. A resistência elétrica.
2. Resistência elétrica.
3. A resistência.
4. A resistência elétrica varia.
5. A resistência varia.

P3G2

1. A intensidade da luz (controla). Em máquinas fotográficas e lâmpadas.
2. Luz. ?
3. A luz. Um exemplo são as lâmpadas que ascendem a noite quando não tem mais luz solar.

4. *É a luz, por exemplo, lâmpadas sensíveis à luz.*
 5. *A grandeza física capaz de fazer variar a resistência elétrica do foto transistor é a luz.*
- P3G3

1. *A temperatura. Pode ser usado no computador para quando a temperatura estiver elevada ele desliga p/ não queimar.*
2. *O calor, em termômetros.*
3. *A temperatura. Um exemplo são os termômetros digitais.*
4. *O calor. x*
5. *Calor.*

P3G4

1. *Potenciômetro, LDR, fototransistor, termistor e microfone.*
2. *Não responderam.*
3. *Microfone, potenciômetro, termistor, foto transistor.*
4. *Microfone, termistor NTC, potenciômetro, LDR, foto transistor.*
5. *Termistor NTC, microfone, foto transistor, LDR, potenciômetro.*

P3G5

1. *Chave campainha, chave reset, reed-switch.*
2. *Não responderam.*
3. *Reed-switch, chave campainha, chave reset.*
4. *Chave de campainha, chave reset, reed-switch.*
5. *Reed-switch, chave de campainha, chave reset.*

P3G6

1. *Não. Deveríamos fazer uma tabela de “calibrar”.*
2. *Não responderam.*
3. *Não, somente se fosse construído uma escala de calibragem.*
4. *Não, pois o ohmímetro não mede temperaturas.*
5. *Não, um ohmímetro não mede temperatura.*

GA9 - “Como fazer o computador “ler” os dados fornecidos pelos transdutores?”

Experimento 1:

Questão P4.

Transdutor	Resistência elétrica (escala arbitrária) sem excitação / com excitação				
	1	2	3	4	5
Chave campainha	∞ / 139	65353 / 92	∞ / 92	∞ / 100	∞ / 360

Chave reset	139 / ∞	92 / ∞	92 / ∞	100 / ∞	324 / ∞
Potenciômetro	139 / 5560	92 / 580	92 / 599	100 / 571	360 / 4300
LDR (foto resistor)	66685 / 350	∞ / 92	599 / 92	5715 / 381	65535 / 1000
Foto transistor	65635 / 139	∞ / 92	65600 / 415	∞ / 383	100 / 4008
Reed-switch	∞ / 139	∞ / 92	65000 / 92	∞ / 100	∞ / 360
Termistor NTC	4035 / 2921(quente)	4992 / 3000(quente)	5050 / 13200(gelo)	5334 / 12192(gelo)	1200 / 4200(gelo)
Microfone	1200 / 2400	1500 / 2800	7245 / 14000	571 / 1000	5551 / 10000

Questão P4.

Transdutor	Estado Digital				
	sem excitação / com excitação				
Grupos	1	2	3	4	5
Chave campainha	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
Chave reset	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0	1 / 0
Potenciômetro	1 / 1	1 / 0	1 / 1	1 / 1	1 / 0
LDR (foto resistor)	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
Foto transistor	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
Reed-switch	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
Termistor NTC	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Microfone	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 1	0 / 0

Questão P6G1.

1. Chave reset, reed-switch, chave campainha, pois seus dados apenas 2 resultados.
2. Chave campainha, reset, reed-switch, por apresentarem 2 valores.
3. Todos os transdutores, menos o potenciômetro, termistor NTC e microfone.
4. A chave campainha, pois é só ligar a chave e ela apresenta a diferença, sem dificuldades.
5. O reed-switch, termistor NTC, chave campainha, LDR, chave reset. Apresentam maior diferença direta, "picos". 0 e 1 só.

Número de leituras n (medidas)	1	145	144	144	144	145	144
	2	142	144	142	138	143	142
	3	224	220	272	236	228	236
	4	282	288	282	288	286	285
	5	100	98	96	90	90	96,4
Período da oscilação T (s)	1	1,45	1,44	1,44	1,44	1,45	1,44
	2	1,42	1,44	1,42	1,38	1,43	1,42
	3	1,70	1,67	2,06	1,79	1,73	1,79 (x)
	4	1,41	1,44	1,44	1,44	1,43	1,43
	5	1,00	0,98	0,96	0,98	0,90	0,96

Questão P11.

Tabela 2: Velocidade máxima de oscilação.

Interrupções do fluxo luminoso	Grupo	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta	Média (p/passagem)
Número de leituras n (medidas)	1	145	144	144	144	145	144
	2	142	144	142	138	143	142
	3	16	16	17	16	17	16,4
	4	25	26	26	26	28	26,2
	5	3,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3,4
Intervalo de tempo de passagem. Δt (s)	1	1,45	1,44	1,44	1,44	1,45	1,44
	2	1,42	1,44	1,42	1,38	1,43	1,42
	3	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	4	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13
	5	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,034
Velocidade média de passagem (m/s): $V_m = \Delta d / \Delta t$						1	$V_m = 1,04$ m/s
						2	$V_m = 0,96$ m/s
						3	$V_m = 0,40$ m/s
						4	$V_m = 0,38$ m/s
						5	$V_m = 1,67$ m/s

Questão P12.

1. 0,05 m.
2. 0,05 m.
3. 0,05 m.
4. 0,05 m.
5. 0,05 m.

Questão P14G1.

1. 0,010 s. Sim, na barra Delay (0,01 s a 1,0 s)
2. 0,01 s. N.R.
3. 0,0076 s. Não é possível altera-lo no Excel. É possível no Aqdados.
4. 0,005 s. No Excel não pode alterar, mas no Aqdados sim. Na barrinha de Intervalos de tempo.
5. Sim, alterando a velocidade máxima do pêndulo. (Diferente).

Questão P14G2.

1. $1000 \times 0,010s = 10 s \rightarrow$ nos segundos.
2. 10 s. \rightarrow nos centésimos 0,01 s. (x)
3. 7,6 segundos. 1.000 medidas \times 0,0076 s. (N.R.)
4. (N.R.) Nos milésimos, pois a certeza e precisão é maior.
5. 10 segundos. Nos décimos porque a certeza e precisão é menor. (x)

Questão P14G3.

1. 143 medições.
2. 142.
3. 236.
4. 282.
5. 96.

Questão P14G4.

1. A média, porque está entre 5 observações.
2. A média.
3. A primeira, 1,79 segundos, pois é a média. (x)
4. 1,426 s. A média é mais confiável pois leva em conta 5 medidas.
5. A média aritmética, pois ela calcula a média de todas as medidas e assim se aproxima mais do resultado.

Questão P14G5.

1. 1 osc. \rightarrow 0,01 s : n osc. \rightarrow 120 s. n = 12000 medidas.
2. 1200.
3. 67 vezes.
4. N.R.
5. 125 vezes.

Questão P14G6.

1. Enquanto dava \emptyset ele estava passando.
2. Registrou \emptyset na passagem em frente ao LED.
3. Aparecia zero na tabela medidor.
4. Marcando os \emptyset s.
5. Registrou: 0.

Questão P14G7.

1. Varia a resistência elétrica.
2. Resistência.
3. Iluminação = grandeza física.
4. Varia a intensidade de iluminação.

5. *Ausência e presença luminosa. (x)*

Questão P14G8.

1. *Sim, máxima embaixo, mínima em cima. 1,04 m/s e 0m/s.*
2. *Ninguém, deu os valores 0,96 m/s e 0 m/s.*
3. *Sim, o valor máximo fica embaixo e mínimo no ponto mais alto. Velocidade m – 0,40 m/s na altura é igual a zero.*
4. *Sim, em baixo ela mede 0,38 m/s e em cima 0 m/s.*
5. *Sim, ela varia por causa da força de atrito. Vão diminuindo. Máx. 1,67 Mín: 0.*

Questão P14G9.

1. *A amplitude diminui e v também diminui → Porque a energia irá diminuir.*
2. *Velocidade máxima e amplitude diminuem → com o contato com o ar perde energia.*
3. *A amplitude diminui junto com a velocidade por causa do atrito do ar.*
4. *Ele diminui a velocidade e diminui a amplitude, pois está perdendo energia com o atrito.*
5. *As duas vão diminuindo isso acontece por causa do atrito.*

GA11 - “Como medir a velocidade do som na sala de aula?”

Experimento:

Questão P10G1.

1. *d = 1,82 m, a distância não será a mesma.*
2. *Não, a distância percorrida foi de 1,82 m.*
3. *Não. 1,0 m. (x)*
4. *N.R. 1,6 m.*
5. *Não. 1,2 m.*

Questão P10G2.

1. *Quando a amplitude das ondas forem maiores.*
2. *No gráfico ele marca quando começou uma no 1° microfone e no segundo. Cada um começou em tempo diferente e muda a amplitude no gráfico.*
3. *Pelos picos no gráfico.*
4. *Pelos picos das ondas.*
5. *Identificando os picos.*

Questão P10 G3.

1. *Não, eles não atingem os dois microfones ao mesmo tempo. Sim conseguiria observar que o tempo é diferente.*
2. *Não. É possível observar isto no gráfico, pois a marcação começa primeira em um gráfico e depois no outro. Existe diferença de tempo entre eles.*
3. *Não, os dois apenas estão funcionalmente juntos. Os picos são localizados em tempos e lugares diferentes.*
4. *Não atinge ao mesmo tempo, sim, pois os picos estão em tempos diferentes.*
5. *Não, pelos inícios dos picos, pois os picos estão em tempos diferentes.*

Questão P10G4.

1. Para determinar v preciso da distância e do tempo.
2. O tempo decorrido e a distância percorrida.
3. Da distância e do tempo.
4. A distância e o tempo.
5. Saber da distancia e do tempo.

Questões P11 a P16.

Tabela 1: Valores obtidos experimentalmente.

Medidas	Intervalo de tempo Δt (s)					Velocidade V (m/s)				
	1 (26°C)	2 (26°C)	3 (18°C)	4 (18°C)	5 (18°C)	1	2	3	4	5
1ª	0,00555	0,0055	0,0037	0,0047	0,0037	328	331	270	340	343
2ª	0,00520	0,0052	0,0033	0,0049	0,0033	350	350	303	327	308
3ª	0,00540	0,0054	0,0035	0,0048	0,0035	337	337	286	334	387
4ª	0,00510	0,0051	0,0031	0,0049	0,0031	357	357	322	327	364
5ª	0,00500	0,0050	0,0039	0,0048	0,0039	364	364	256	334	387
Valor médio da velocidade do som no ar:					$V_m =$	347	348	287	333	358

Questão P17.

1. 26 °C
2. 26 °C.
3. 18 °C.
4. 18 °C.
5. 18 °C.

Questão P19G1.

1. Movimentando as partículas do ar.
2. Ele empurra as partículas do ar fazendo com que elas se movimentem.
3. A vibração empurra o ar. As partículas se movimentam de um lado para outro (onda longitudinal).
4. Pela movimentação das moléculas do ar, formando uma onda.
5. Como onda longitudinal, move-se através as vibração das partículas do ar.

Questão P19G2.

1. Se movimentam, mas não acompanham o som que continua a se propagar. Um movimento oscilatório.
2. Elas vibram. Sim, as partículas são empurradas e depois puxadas e assim seguem o tempo todo oscilando.
3. As partículas vibram. Elas vibram, mas não acompanham o som. Elas são ondas longitudinais.
4. Elas apenas vibram, não acompanham.
5. Elas vibram. Movimentos longitudinais. Elas não acompanham.

Questão P19G3a.

1. *O som não se propaga no vácuo, sendo impossível falar emitindo ondas sonoras, pois elas nunca chegarão ao tímpano do outro observador.*
2. *Porque no espaço vazio as ondas sonoras não se propagam.*
3. *Porque o som não se propaga onde não tem partículas. O som não se propaga no vácuo.*
4. *Porque o som não se propaga no vácuo.*
5. *Porque o som não se propaga no vácuo. Ele é uma onda mecânica.*

Questão P19G3b.

1. *No ferro, pois quanto mais o meio material para o som se propagar mais rápida vai ser a propagação.*
2. *No ferro, pois as partículas do ferro "transportam" o som em uma velocidade mais alta que a do ar. As moléculas são mais ligadas.*
3. *Onde temos as ligações mais fortes, no ferro.*
4. *No ferro, o som se propaga mais rápido onde as ligações são mais rígidas.*
5. *No ferro. O som se propaga mais rápido em materiais com ligações mais rígidas.*

Questão P19G3c.

1. *No chão rochoso o som se propaga mais rápido do que no ar.*
2. *Eles faziam isto para ouvir ou sentir a vibração da terra que se propagava mais rápido que a velocidade no ar. Partículas mais unidas.*
3. *O índio age assim porque as ligações na pedra são mais forte que no ar.*
4. *N.R.*
5. *O índio fazia isso, pois o som se propaga mais rapidamente no chão.*

Questão P19G4a.

1. *Aumenta.*
2. *Aumenta conforme a temperatura aumenta.*
3. *Aumenta. (Junto c/professor.)*
4. *Aumenta. (Junto c/professor.)*
5. *Aumenta. (Junto c/professor.)*

Questão P19G4b.

1. *6 m/s, 60 m/s.*
2. *Em 10 °C aumenta 6 m/s, em 100 °C aumentará 60 m/s.*
3. *6 m/s, 60 m/s. (Junto c/professor.)*
4. *6 m/s, 60 m/s. (Junto c/professor.)*
5. *6 m/s, 60 m/s. (Junto c/professor.)*

Questão P19G4c.

1. *Elas se afastam e se movimentam mais rápido, colidindo uma com as outras, ajudando o som a se propagar mais rápido.*
2. *As moléculas se movem mais rápidas transmitindo o som mais rápido para todos os lados.*
3. *Transportam mais rápido a perturbação (vibração). (Junto c/professor.)*
4. *Transportam mais rápido a perturbação (vibração). (Junto c/professor.)*
5. *Transportam mais rápido a perturbação (vibração). (Junto c/professor.)*

Questão P19G5.

1. O ouvido humano só ouve até 20.000 Hz. Eles mandam estas ondas para que elas batam em obstáculos e dependendo do tempo que esta onda demora para voltar, ele calcula a distância que o obstáculo está, igual ao radar de submarino.
2. Eles fazem o seu som e quando tem um obstáculo na frente a onda do seu som bate no obstáculo e volta, então se a reflexão vem mais rápida o obstáculo ta perto. Se a reflexão volta devagar é porque o obstáculo ta longe.
3. Eles percebem o reflexo dos ultra-sons nos obstáculos próximos. (Junto c/professor.)
4. Eles percebem o reflexo dos ultra-sons nos obstáculos próximos. (Junto c/professor.)
5. Eles percebem o reflexo dos ultra-sons nos obstáculos próximos. (Junto c/professor.)

GA12 - “Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno?” (I)

Atividade 1:

Questões P1 e P2.

N° de Bolinhas		1	2	3	4	5
Razão (F / x) (gf/cm)	Grupo 1	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Grupo 2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	Grupo 3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Grupo 4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Grupo 5	1,666	1,666	1,666	1,666	1,666 (x)

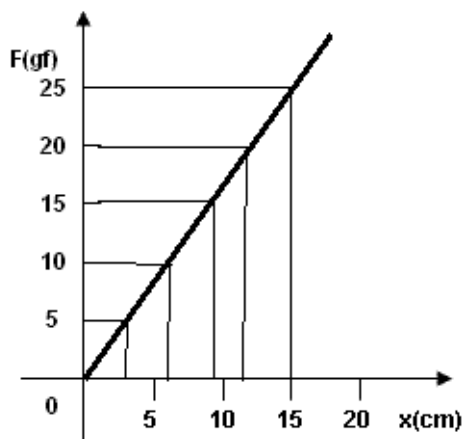
Questão P3G1.

1. Aumenta proporcionalmente.
2. Aumenta.
3. A elongação da mola fica expandida, aumenta.
4. Quando se aumenta o número de bolinhas a mola estica, a cada bola a mola aumenta 3 cm (proporcionalidade direta).
5. Quanto mais peso mais se alonga a mola. A cada 5 gf acrescentados, a mola estica 3 cm.

Questão P3G2.

1. Igual, independentemente do valor da força ou da elongação.
2. Resulta uma constante.
3. Que o número das bolinhas dividido pela elongação da mola resulta em um mesmo número, proporcionalidade direta.
4. Que nunca muda. Isso significa que é uma lei proporcional.
5. Que o alongamento da mola é sempre proporcional ao aumento do peso das bolinhas. E a razão igual nos casos acima.

Questão P3G3.



Grupos 1 a 5

Questão P3G4.

1. $(5 / 15 = 10 / x)$ 30 cm. 1,5 cm.
2. 30 cm. 1,5 cm.
3. *Para 10 bolinhas a elongação da mola seria de 30 cm.* N.R.
4. 10 bolinhas – 30 cm meia bolinha – 1,5 cm
5. 30 cm → 10 bolinhas 1,5 cm → meia bolinha

Questão P3G5.

1. *Que são diretamente proporcionais.*
2. $X \propto F$.
3. *Ela é diretamente proporcional. A razão entre elas é de 1,6.*
4. *Uma relação de proporcionalidade direta.*
5. *A cada 1 bolinha se alonga 3 cm, uma relação de proporção direta.*

Atividade 2:

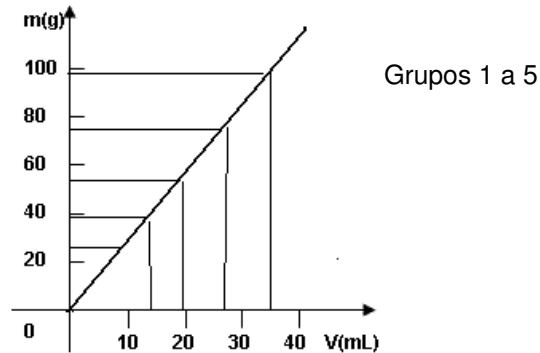
Questões P1 e P2.

AMOSTRA DE MÁRMORE		Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta
Razão (m / V) (g/ml)	Grupo 1	2,80	2,78	2,78	2,81	2,80
	Grupo 2	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	Grupo 3	2,8	2,7	2,7	2,8	2,8
	Grupo 4	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	Grupo 5	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8

Questão P3G1.

1. *A massa aumenta.*
2. *A massa também aumenta proporcionalmente.*
3. *A massa também aumenta.*
4. *Aumenta também*
5. *Aumenta.*

Questão P3G2.



Questão P3G3.

1. *Que as razões são com números parecidos. São constantes. A massa específica.*
2. *Observo que a razão é constante. São proporcionais. A massa específica (já visto em Química).*
3. *Na quarta linha a razão entre a massa e o volume é constante. N.R.*
4. *O valor constante significa a massa específica na física.*
5. *O espaço que o corpo ocupa. N.R. (x)(x)*

Questão P3G4.

1. $(9 \text{ ml} / 250 \text{ ml} = 26 \text{ g} / x) \quad x = 722 \text{ g} \quad (9 \text{ ml} / 3 \text{ ml} = 26 \text{ g} / x) \quad x = 8,6 \text{ g}.$
2. 722 g e 8,6 g.
3. $(26 \text{ g} / x = 9 \text{ ml} / 250 \text{ ml}) \quad x = 26.250 / 9 = 722,2 \text{ g} \quad (26 \text{ g} / x = 9 \text{ ml} / 3 \text{ ml}) \quad x = 26.3 / 9 = 8 \text{ g}.$
4. No volume de 250 ml a massa seria de 700 g e $V = 3 \text{ ml}$ seria 8,4 g.
5. $3,7 \rightarrow 3 \text{ ml} \quad 722,2 \rightarrow 250 \text{ ml} \quad (250 / 9 = x / 26 \rightarrow 9x = 6500 \quad x = 722,2)$

Questão P3G5.

1. *A relação que a massa e o volume tem é que são diretamente proporcionais.*
2. *Que quando aumenta V aumenta m, são diretamente proporcionais.*
3. *A relação é de proporção direta. Fórmula = m / V*
4. *A relação que há é de ser diretamente proporcional. N.R.*
5. *Proporção direta.*

Questão T1a. (somente em 2008)

1. N.R.
2. N.R.
3. *Proporção direta.*
4. N.R.
5. *Proporção direta.*

Questão T1b. (somente em 2008)

1. N.R.
2. N.R.
3. *Proporção direta.*
4. N.R.
5. *Proporção direta.*

Questão T1c. (somente em 2008)

1. N.R.
2. N.R.
3. *Retilíneo e passa pela origem.*
4. N.R.
5. *Retilíneo. (reta inclinada que passa pela origem).*

Atividade 3:

Questão P2G1.

1. *Não variou, pois o período é constante.*
2. *Não variou significativamente com a alteração da massa.*
3. *O período não variou significativamente com a alteração de massa.*
4. *A relação é independente, não sendo diretamente proporcional.*
5. *Não mudou.*

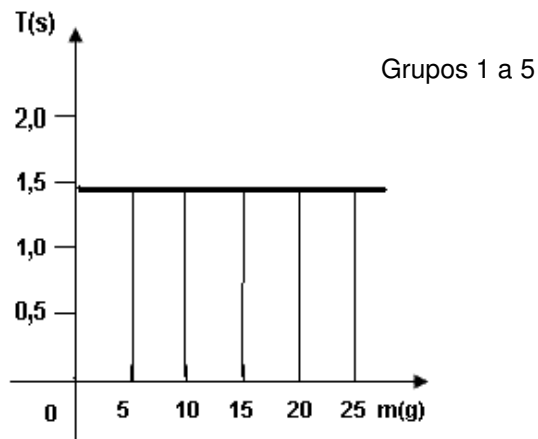
Questão P2G2.

1. *Não depende, pois o período é constante.*
2. *Não variou significativamente com a alteração da massa .*
3. *Não, porque se o período dependesse da massa, ela aumentaria quando a massa aumentou.*
4. *Não, pois o período é independente da massa do pêndulo.*
5. *Não depende, pois ele não varia.*

Questão P2G3.

1. *Será 1,48 s?*
2. *1,48 s. O mesmo, podemos aumentar o número das bolinhas que o período será o mesmo.*
3. *1,48 s \approx . Porque o período não depende da massa.*
4. *Não muda mesmo colocando 6 ou 10 bolinhas e o período continua constante.*
5. *1,47s. Pois esse período não depende da massa.*

Questão P2G4



Questão P2G5.

1. Não tem nem uma relação.
2. Seus resultados não são proporcionais.
3. Não porque não é proporcional o período de oscilação e a massa.
4. A relação é que o período independe da massa e o gráfico não passa pela origem. Não há semelhança, pois os outros resultados que tinham uma relação diretamente proporcional.
5. É uma relação independente. Não, ela é diferente das outras relações já estabelecidas, pois elas contêm valores dependentes lá.

Atividade 4:

Questões P1 e P2. (Somente em 2008)

MEDIÇÕES REALIZADAS		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Razão (T / L) (s / cm)	Grupo 1	-	-	-	-	-
	Grupo 2	-	-	-	-	-
	Grupo 3	1 / 22,2	1 / 30,7	1 / 40,0	1 / 44,4	1 / 50,0*
	Grupo 4	1 / 22,2	1 / 30,7	1 / 40,0	1 / 44,4	1 / 50,0*
	Grupo 5	0,045	0,032	0,025	0,022	0,020

*Os grupos 3 e 4 inverteram a razão, fazendo L / T .

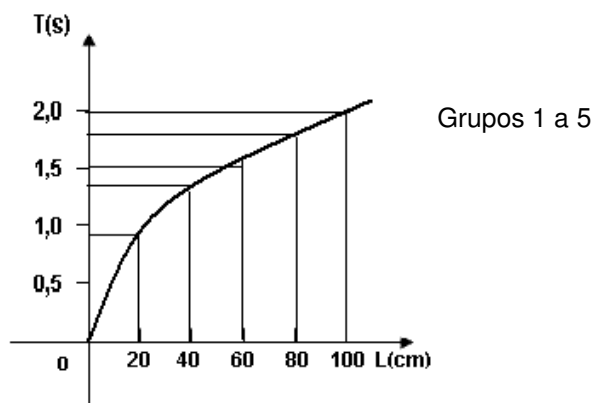
Questão P3G1.

1. Quando aumenta o comprimento também aumenta o período de oscilação.
2. Aumenta desproporcionalmente.
3. Aumenta.
4. Aumenta também.
5. Aumenta.

Questão P3G2. (Somente em 2008)

1. N.R.
2. N.R.
3. Diferentes. Que a razão é desproporcional.
4. Não é constante a razão, portanto não é diretamente proporcional.
5. Não geram uma constante, não são diretamente proporcionais.

Questão P3G3.



Questão P3G4.

1. Não tem como prever, pois não é proporcional.
2. Não.
3. 300 cm, com base nos 2 s p/ 100 cm. Não precisa de regra de 3. É só multiplicar o 2 por 6 e o 100 por 3. ($2s / 6 s = 100 / x$) $x = 100.6 / 2 = 300$. (x)
4. Não sei, pois não há proporção. Não existe precisão.
5. 300 cm? (x)

Questão P3G5.

1. Não, pois não deu uma proporção.
2. Não é uma reta.
3. Não, porque não é uma linha reta e a razão não é constante.
4. Não, pois não há uma proporção entre os valores delas.
5. Não, pois o gráfico não foi uma linha reta.

Questões P4 e P5.

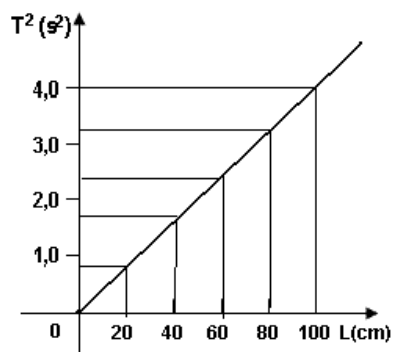
MEDIÇÕES REALIZADAS		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Razão (T^2 / L) (s^2 / cm)	Grupo 1	0,040	0,042	0,038	0,040	0,040
	Grupo 2	0,040	0,042	0,038	0,040	0,040
	Grupo 3	1/25	1/24	1/26	1/25	1/25*
	Grupo 4	1/25	1/24	1/26	1/25	1/25*
	Grupo 5	0,040	0,042	0,038	0,040	0,040

*Os grupos 3 e 4 inverteram a razão.

Questão P6G1.

1. Que o período ao quadrado é diretamente proporcional ao comprimento.
2. $T^2 \propto L$.
3. Que a razão não variou muito.
4. Vi que há uma constante mesmo que tenha leves oscilações na razão.
5. Que a razão é regular.

Questão P6G2.



Questão P6G3.

1. Que o período ao quadrado é diretamente proporcional ao comprimento.

2. $T^2 \propto L$.
3. N.R.
4. Que há uma constante, porque os números estão diretamente proporcionais.
5. São diretamente proporcionais, pois um valor depende do outro.

Questão P6G4.

1. $(T^2/L) = (1/24) \quad (36/L) = (1/24) \quad L = 864 \text{ cm}$
2. $T^2/L = 0,04 \quad (36/0,04) = h = 900 \text{ cm} = 9 \text{ m}$
3. N.R.
4. $T^2/L = 4/36 = 100/x \quad 4x = 3600 \quad x = 3600/4 \quad x = 900 \text{ cm}$
5. 300 cm? (x)

GA13 – “Quais as principais relações que podem ser estabelecidas entre grandezas físicas de um mesmo fenômeno?” (II)

Atividade 1:

Questão P3.

Tabela 1: Grupos 1 a 5

ÂNGULO ENTRE OS ESPELHOS (α)	120°	90°	60°	45°	30°				
	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1	2	3	4	5
Grupos	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1	2	3	4	5
Número de pirulitos vistos (N)	3	4	6	8	12	13(x)	12	12	12
Produto (N x α)	360	360	360	360	360	390(x)	360	360	360

Questão P7G1

1. Em círculo, com a mesma distância ao ponto.
2. Ao redor.
3. Todos os pirulitos têm a mesma distância até o vértice, sobre o mesmo círculo.
4. Elas se colocam em um círculo.
5. De forma circular.

Questão P7G2

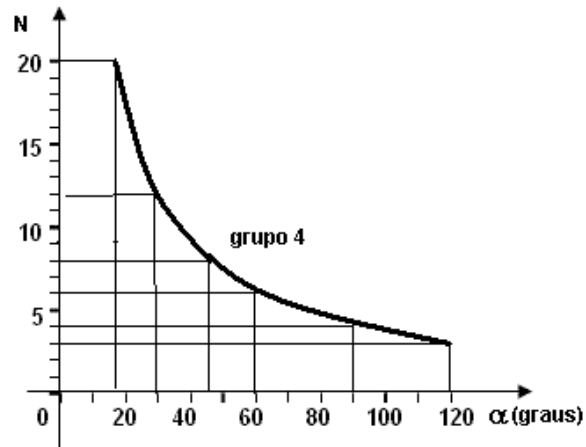
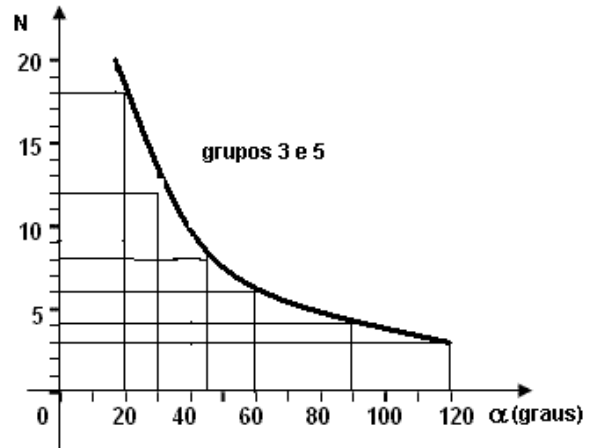
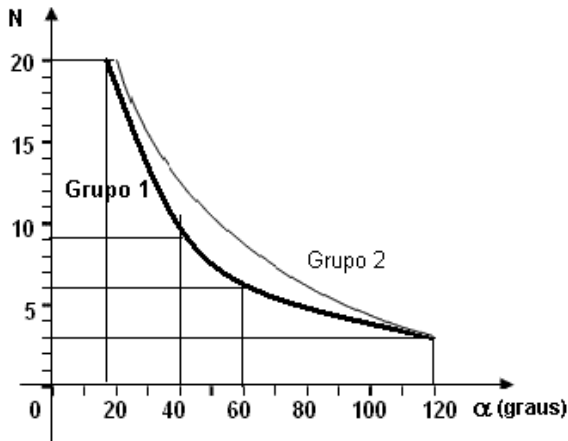
1. Igual.
2. A mesma.
3. As distâncias são iguais.
4. É igual.
5. A distância é igual.

Questão P7G3

1. Aumenta o número.

2. Aumenta o número.
3. Quanto menor o ângulo, maior o número de imagens.
4. Aumenta.
5. O número de imagens aumenta.

Questão P7G4



Questão P7G5a

1. 9
2. 9
3. 10 (x)
4. 9
5. 9

Questão P7G5b

1. $360 / 10 = 36^\circ$
2. $360 / 9 = 40^\circ$ (x)
3. $360 / 10 = 36^\circ$
4. $360 / 10 = 36^\circ$
5. $360 / 10 = 36^\circ$

Questão P7G6

1. $360 / 72 = 5$, o n° de imagens é 4.

2. $360 / 72 = 5$. **(x)**
3. $N \times 72^\circ = 360^\circ$ $N = 360 / 72 = 5$ pirulitos vistos = 5 número de imagens = 4
4. % pirulitos vistos 4 imagens
5. $N \cdot 72 = 360$ $n = 360 / 72 = 5$

Questão P7G7

1. *Iguais.*
2. *Próximos.*
3. *Obs. que o n° de pirulitos vistos \times o ângulo é = a 360° .*
4. *$N \times \alpha = 360^\circ$ O produto não varia.*
5. *Que o resultado será sempre 360° , um círculo completo.*

Questão P7G8

1. $N = 360 / \alpha$, $n = (360 / \alpha) - 1$.
2. $N = 360 / \alpha$, $n = (360 / \alpha) - 1$.
3. $N \times \alpha = 360^\circ$
4. $N \times \alpha = 360^\circ$.
5. $N = 360 / \alpha$.

Questão P7G9

1. $360 / 180 = 2$, 1 só imagem.
2. N.R.
3. $N \cdot 180 = 360$ $N = 2$ 2 pirulitos vistos 1 imagem do pirulito.
4. *1 imagem. É como se fosse um só espelho.*
5. *O número de imagens formadas seria igual a uma imagem, mas dois pirulitos vistos.*

Questão P7G10

1. $N = \infty \rightarrow$ *Um espelho reflete o outro.*
2. *Faltou tempo. N.R.*
3. *N° de imagens = α , porque um espelho reflete o outro.*
4. *Seria infinito devido os infinitos reflexos dos espelhos.*
5. *O número de imagens formadas seria infinito. Pois o número de espelhos refletidos seria infinito.*

Atividade 2: (Somente turma 2008)

Questão P2

Grupos 1 a 5

Produto (h x d)	600	600	600	600	600
--------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Questão P3G1

1. N.R.
2. N.R.
3. *A distância diminui quando a altura da imagem aumenta.*
4. *Ela diminui.*
5. *Diminui a altura.*

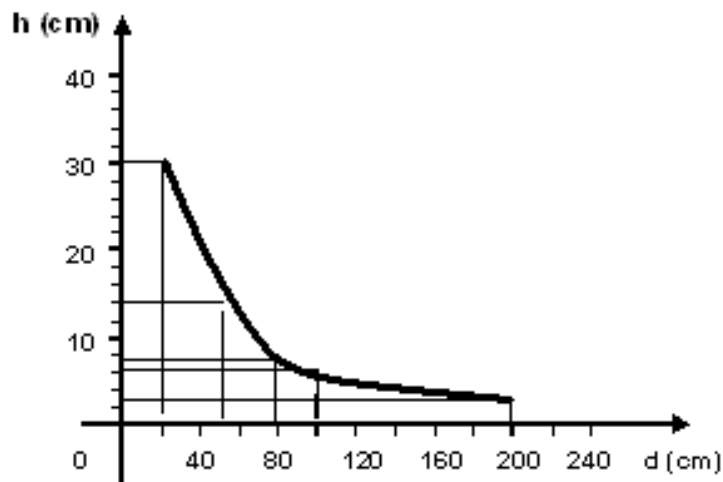
Questão P3G2

1. N.R.
2. N.R.
3. *Que o produto é uma constante.*
4. *Que é uma constante, significa que é indiretamente proporcional.*
5. *Que o produto é uma constante.*

Questão P3G3 – Gráfico h x d

1. N.R.
2. N.R.

Grupos 3 a 5.



Questão P3G4

1. N.R.
2. N.R.
3. $500 \times 1,2 = 600$ $30 \times 20 = 600$
4. $600 / 30 = 20 \text{ cm}$ $600 / 500 = 1,2 \text{ cm}$
5. $H \times D = 600$ $H = 600 / 30 = 20,0 \text{ cm}$ $H \times 500 = 600$ $H = 600 / 500 = 1,2 \text{ cm}.$

Questão P3G5

1. N.R.
2. N.R.
3. *Distância x altura = 600. Quanto maior a altura menor a distância.*
4. *A relação que há é que são indiretamente proporcionais. A lei é: quando multiplicamos uma pela outra dá uma constante.*
5. *Elas são inversamente proporcionais. $H \times D = 600$.*

Questão T1a

1. N.R.
2. N.R.
3. *Inversamente proporcional.*
4. *Inversamente proporcionais.*
5. *Proporcionalidade inversa.*

Questão T1b

1. N.R.
2. N.R.
3. *Inversamente proporcionais. (x)*
4. *Inverso. (x)*
5. *Inversamente proporcionais. (x)*

Questão T1c

1. N.R.
2. N.R.
3. *Hipérbole.*
4. *Curva decrescente. (?)*
5. *Hipérbole (decrescente) Elas são inversamente proporcionais $H \times D = 600$.*