

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE FÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**O VÊ DE GOWIN CONECTANDO TEORIA
E EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA GERAL:
QUESTÕES DIDÁTICAS, METODOLÓGICAS E
EPISTEMOLÓGICAS RELEVANTES AO PROCESSO.**

ELIANE CAPPELLETTO



**PORTO ALEGRE
2009**



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Acadêmico em Ensino de Física



**O VÊ DE GOWIN CONECTANDO TEORIA
E EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA GERAL:
QUESTÕES DIDÁTICAS, METODOLÓGICAS E
EPISTEMOLÓGICAS RELEVANTES AO PROCESSO.**

Eliane Cappelletto

Dissertação¹ de Mestrado, realizada sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Moreira, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Porto Alegre
2009**

¹ Trabalho parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo Biblioteca IF/UFRGS
Bibliotecária Ms. Rosa Mesquita
CRB 10/1588

C248v Cappelletto, Eliane

O Vê de Gowin conectando teoria e experimentação em física geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo / Eliane Cappelletto ; orient. Marco Antonio Moreira. – 2009. 297 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Porto Alegre, 2009.

1. Ensino Física 2. Física Geral 3. Diagramas V
4. Integração Teoria-Prática I. Moreira, Marco Antonio II. Título.

PACS: 01.40

ELIANE CAPPELLETTO

**O VÊ DE GOWIN CONECTANDO TEORIA E
EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA GERAL:
QUESTÕES DIDÁTICAS, METODOLÓGICAS E
EPISTEMOLÓGICAS RELEVANTES AO PROCESSO.**

Dissertação de Mestrado, realizada sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Moreira, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 27/03/2009.

Prof. Marco Antonio Moreira
Doutor em Educação em Ciências, IF-UFRGS

Prof^a. Irinéa de Lourdes Batista
Doutora em Filosofia, DF-UEL

Prof. Marco Aurélio Pires Idiart
Doutor em Física, IF-UFRGS

Prof. Ives Solano Araújo
Doutor em Física, IF-UFRGS

Dedico este trabalho à minha família, que de um modo ou de outro foi responsável por eu chegar até aqui.

À Genny, minha mãe, que me contagiou com seu fascínio pelo estudo e pelos livros.

Ao Nestor, meu pai, por ter me ensinado o amor pelo trabalho e pela terra.

À Raquel, minha irmã, com quem exercitei as difíceis artes do amor e da maternidade.

Aos meus vários felinos, filhos carinhosos, companheiros incondicionais nos períodos de solidão e depressão, com quem aprendi a amar, cuidar e ser menos egocêntrica.

À Valentina, minha filha linda, exigente e geniosa, por ter vindo ao mundo decidida a ser e deslumbrar, com quem pratico as virtudes da paciência e da abdição.

Com eles aprendi coisas simples, talvez as mais importantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marco Antonio Moreira, meu orientador, que me acolheu no Grupo de Ensino e me ensinou muito do que eu sei sobre pesquisa, pela sua paciência e compreensão com este longo trabalho. Suas palestras e livros me levaram a optar definitivamente pela área de Ensino de Física. Sua empatia, sua crítica dura na hora certa, seu carinho de pai pródigo ao me receber de volta, aliados à sua motivação, convicção e força de trabalho, continuam a me inspirar e impelir para a pesquisa em ensino.

Ao Prof. Fernando Lang da Silveira, meu assessor, consultor, amigo, por sua pronta ajuda sempre. Com seu bom humor, seu jeito carismático e seu dom de “traduzir” numa linguagem acessível os textos mais herméticos, foi e continua sendo um verdadeiro exemplo como professor. Um Mestre do conhecimento, apaixonado por estatística, epistemologia e, sobretudo, Física, que sabe como ninguém motivar e deslumbrar para a aprendizagem. Estarei sempre em dívida pelos incontáveis momentos de incentivo e auxílio acadêmico.

Ao Prof. Rolando Axt, meu mestre na licenciatura, que pacientemente lapidou muito do que sei de Física. Seu gosto pelo laboratório e suas posições firmes influenciaram fortemente meu trabalho em sala de aula.

Ao Prof. Bernardo Buchweitz, *in memoriam*, pela amizade e pelas longas conversas sobre Educação, Didática e Prática de Ensino.

Aos colegas físicos, do ex-Departamento de Física, atual Instituto de Matemática, Estatística e Física da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), que sempre mantiveram seu apoio, incentivo e confiança no meu trabalho.

Aos alunos das disciplinas de Física I (Engenharias Civil, Mecânica, Química e de Alimentos) da FURG que participaram dos estudos iniciais desta pesquisa.

Aos alunos das disciplinas Física Geral I (Engenharia Civil), Física I-M (Engenharia Mecânica) e Física I/EQA (Engenharia Química) da FURG onde realizei a pesquisa final, pela paciência e participação, sempre dispostos a prestigiar minhas aulas, realizar experimentos, fazer trabalhos, responder questionários e conceder entrevistas.

Aos alunos do curso de Licenciatura em Física da FURG com quem nesta última década experimentei as alegrias e as frustrações de ensinar a ensinar.

Aos colegas Sayonara, Fernanda, Virgínia, Juan, Marta, Alberto, Zulma, Ileana, Maria do Carmo, Alessandro e Isabel, companheiros do Grupo de Ensino de Física da UFRGS na

primeira fase deste trabalho, pela ajuda, discussões, sugestões, críticas e pelo apoio que sempre recebi. Sua convivência e amizade foram muito importantes para mim. Aprendi muito com todos vocês.

Aos colegas da Pós-Graduação em Física, na primeira fase deste trabalho, Cláudia, Rosalvo, Mari, Gabriel, Ney, Arlei, Lúcio, Alexandre, Bila, Álvaro, Emerson e Gunther, sem os quais as aulas, atividades políticas, conversas no bar e festas teriam sido demasiado monótonas e tediosas.

À Michely Prestes, ex-aluna da FURG e hoje colega, por partilhar comigo suas dúvidas e inquietações enquanto mestranda em Educação Ambiental, por ter me feito provar novamente do gosto pela investigação em ensino.

Ao Prof. Ives Solano Araújo, meu ex-aluno e hoje meu professor, pelo carinho, incentivo e exemplo.

Ao Rafael, Alex, Zorak, Paulo, Mozart, Pedro e à Erika, Andrea, Maria Cecília e Thaís, pela acolhida na sala O210, pelo companheirismo nas disciplinas e no Grupo de Ensino de Física.

Aos amigos Orlando Peres e Renato Klippert, meus incansáveis companheiros de graduação, que adoram Física tanto quanto eu, pelos anos de discussões e pelo apoio incondicional.

À família Peres pelo pouso em sua casa em Porto alegre, pela acolhida carinhosa e generosa.

Ao amigo Luiz Paulo Pereira Nobre, que me ensinou quase tudo o que sei sobre causa e efeito, sobre esta vida e as outras, sobre escolhas e carma, pelas inúmeras conversas magníficas sobre os mundos físico e espiritual. Suas aulas e ensinamentos no Recanto de Luz me mantiveram atenta e intrigada para saber mais, aprender sempre.

Ao Dr. Claudio Acy Corrêa Rodrigues, por me proporcionar, com suas agulhas milagrosas, as doses de saúde e vitalidade necessárias para equilibrar meu corpo e harmonizar minha mente, viabilizando o intenso trabalho deste último ano.

Aos muitos amigos cujo carinho e apoio foram fundamentais para que eu conseguisse terminar de escrever essa dissertação.

Ao IF-UFRGS pelas disciplinas e pela infraestrutura.

À FURG pela liberação de minhas atividades para a pós-graduação.

Ao CNPq e à CAPES pelos períodos que recebi bolsa.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, colaboraram com este trabalho.

Havia um homem que se sentava todo dia olhando para a estreita abertura vertical deixada por uma tábua retirada de uma cerca de madeira. Todo dia um asno selvagem do deserto passava do outro lado da cerca, cruzando na frente da abertura – primeiro o focinho, depois a cabeça, as patas dianteiras, o longo dorso castanho, as pernas traseiras e finalmente a cauda. Um dia o homem pulou com a euforia da descoberta em seus olhos e gritou para todos que pudessem ouvi-lo: — “É óbvio! O focinho é a causa da cauda!”

— *Histórias da Sabedoria Oculta,
da História Oral de Rakis*²

² HERBERT, Frank. **Os Hereges de Duna**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987, p. 369.

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma investigação desenvolvida ao longo de três anos em cursos introdutórios de Física da Universidade Federal do Rio Grande. O objetivo foi minimizar a dicotomia observada entre teoria e laboratório. A estratégia de ensino utilizada nas disciplinas de Física Geral para Engenharia fez uso do Vê de Gowin, um dispositivo heurístico capaz de explicitar como se dá o processo de produção do conhecimento científico. A construção de diagramas Vê foi utilizada para auxiliar na compreensão de textos nas aulas teóricas e como alternativa aos tradicionais relatórios nas aulas experimentais. A professora também fez uso dos Vês para organizar o ensino, em especial das aulas de laboratório. Alicerçados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak e nas teorias de ensino de Gowin e Moreira, e fundamentados em algumas idéias-chave de epistemólogos e filósofos da ciência contemporâneos, procuramos estimular uma integração entre teoria e experimentação, buscando contribuir para uma compreensão mais efetiva dos conceitos físicos e das concepções epistemológicas veiculadas nas aulas de Física. Na pesquisa, optamos por uma metodologia interpretativa, de imersão, mas também fizemos uso de vários dados quantitativos, procurando indícios da validade da estratégia. Os resultados mostraram que a eficácia do instrumento, para promover a desejada integração, depende da atuação decidida do professor. Indicaram também que as concepções dos estudantes sobre a ciência, o cientista e o modo como se dá a construção do conhecimento, ensinadas muitas vezes de forma implícita em aula, são persistentes e capazes de interferir na aprendizagem de teorias físicas.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física Geral. Diagramas Vê. Integração Teoria-Prática.

ABSTRACT

In this paper, we presents a research carried out over three years in Physics introductory courses at Federal University of Rio Grande. The aim of the present study was to minimize the observed dichotomy between theory and lab. The teaching strategy in General Physics disciplines for Engineering has made use of Gowin's Vee, a heuristic device able to explain the process of scientific knowledge production. The construction of Vee diagrams was used to assist understanding of texts in theory classes and as an alternative to traditional reports in the experimental classes. The teacher also made use of it to organize the education, especially for laboratory classes. We based our work on the theory of Ausubel and Novak's meaningful learning and on Gowin and Moreira's theories of teaching and we also grounded it on some key ideas of contemporary epistemology and philosophy of science. We want to promote theory-experiment integration, seeking to contribute to a more effective comprehension of physical concepts and epistemological conceptions expressed in Physics classes. In research, we opted for an interpretative methodology, but we also made use of several quantitative data, looking for evidence of strategy's validity. The results showed that the effectiveness of the instrument performance to promote the desired integration depends on the teacher's decisive role. They also indicated that the students conceptions about science, the scientist and how the knowledge construction is made, that are taught many times implicitly in class, are persistent and can interfere in the physical theories learning.

Key-words: Physics Education. General Physics. Vee Diagrams. Theory-Practice Integration.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 – Diagrama Vê do Estudo Final desta Pesquisa | 31 |
| Figura 2 – Apresentação esquemática do diagrama Vê | 56 |
| Figura 3 – Diagrama Vê para um experimento de cinemática | 58 |
| Figura 4 – Diagrama Vê Nº 1 – Ano III | 145 |
| Figura 5 – Diagrama Vê Nº 2 – Ano III | 146 |
| Figura 6 – Diagrama Vê Nº 3 – Ano III | 147 |
| Figura 7 – Diagrama Vê Nº 4 – Ano III | 148 |
| Figura 8 – Diagrama Vê Nº 5 – Ano III | 150 |
| Figura 9 – Diagrama Vê Nº 6 – Ano III | 151 |
| Figura 10 – Diagrama Vê Nº 7 – Ano III | 152 |
| Figura 11 – Diagrama Vê Nº 8 – Ano III | 153 |
| Figura 12 – Diagrama Vê Nº 9 – Ano III | 154 |
| Figura 13 – Um diagrama Vê preparado a partir da descrição de um experimento em um livro de texto de Biologia | 266 |
| Figura 14 – Um Vê, feito por um estudante, sobre o artigo “ <i>Navegação dos pássaros – viagens na Nova Inglaterra na caça aos pombos</i> ” | 267 |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| | |
|---|----|
| Fotografia 1 – O psicólogo Prof. David Paul Ausubel | 40 |
| Fotografia 2 – O biólogo e educador Prof. Joseph Donald Novak..... | 41 |
| Fotografia 3 – O Professor de Biologia D. Bob Gowin | 42 |
| Fotografia 4 – O físico e educador Prof. Marco Antonio Moreira | 42 |
| Fotografia 5 – O físico, filósofo e historiador da ciência Thomas Samuel Kuhn | 78 |
| Fotografia 6 – O filósofo da ciência Karl Raimund Popper | 85 |
| Fotografia 7 – O físico e filósofo da ciência Paul Karl Feyerabend | 92 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 – Experimentos do Ano I – Estudo Preliminar – 2º Semestre | 117 |
| Quadro 2 – Aulas experimentais – Ano I – Estudo Preliminar – 2º Semestre | 117 |
| Quadro 3 – Aulas experimentais – Ano II – Estudo Piloto | 125 |
| Quadro 4 – Conteúdos das aulas práticas – Ano III – 1º Semestre | 137 |
| Quadro 5 – As 8 questões precursoras do Vê – Ano III | 140 |
| Quadro 6 – Experimentos em que se utilizou as 8 questões precursoras do Vê – Ano III..... | 141 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 – Alunos que participaram do Ano I – Estudo Preliminar – 1º Semestre | 111 |
| Tabela 2 – Evolução dos alunos do Ano I – Estudo Preliminar – 1º Semestre | 112 |
| Tabela 3 – Alunos que participaram do Ano I – Estudo Preliminar – 2º Semestre | 116 |
| Tabela 4 – Análise de consistência interna das provas experimentais – Ano I | 120 |
| Tabela 5 – Coeficientes de correlação para o grupo experimental – Ano I | 121 |
| Tabela 6 – Coeficientes de correlação de Pearson para o grupo de controle – Ano I | 121 |
| Tabela 7 – Alunos que participaram do Ano II – Estudo Piloto – 1º Semestre | 124 |
| Tabela 8 – Evolução dos alunos do Ano II – Estudo Piloto – 1º Semestre | 126 |
| Tabela 9 – Resultados do Teste de Concepções sobre Força e Movimento por curso – Ano II | 127 |
| Tabela 10 – Características dos escores totais por turma para Escala de Atitude sobre Física Geral – Ano II – Estudo Piloto | 128 |
| Tabela 11 – Alunos que participaram do Ano III – Estudo Final – 1º Semestre | 133 |
| Tabela 12 – Aprovação dos alunos que participaram no Ano III – Estudo Final | 134 |
| Tabela 13 – Aprovação em função do gênero no Ano III – Estudo Final | 134 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 14 – Resultados do Teste sobre Força e Movimento por curso – Ano III | 135 |
| Tabela 15 – Características das quatro provas realizadas – Ano III – Estudo Final – 1º Semestre | 155 |
| Tabela 16 – Características dos escores totais por turma para a Escala de Atitude sobre Física Geral – Ano III – Estudo Final | 156 |
| Tabela 17 – Detalhamento da amostra que opinou na Escala de Atitudes em Relação à Ciência – Ano III – 1º Semestre | 157 |
| Tabela 18 – Fidedignidade da Escala de Atitudes em Relação à Ciência – Ano III – 1º Semestre | 158 |
| Tabela 19 – Coeficientes de correlação de Pearson entre os fatores da Escala de Atitudes em Relação à Ciência (1ª e 2ª Aplicações) – Ano III | 159 |
| Tabela 20 – Coeficientes de correlação de Pearson entre os escores totais de diversas variáveis medidas para os alunos – Ano III | 160 |
| Tabela 21 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a nota de laboratório e a nota do 1º Semestre e os fatores da Escala de Atitudes em Relação à Ciência (1ª e 2ª Aplicações) – Ano III | 162 |
| Tabela 22 – Características dos escores totais por turma para o questionário de avaliação do professor pelos alunos – Ano I – Estudo Preliminar | 164 |
| Tabela 23 – Características dos escores totais por turma para o questionário de avaliação do professor pelos alunos – Ano III – Estudo Final | 164 |
| Tabela 24 – Coeficiente de correlação de Pearson das questões 35 a 40 com o escore total para os alunos que responderam o questionário de avaliação do professor - Anos I e III | 166 |
| Tabela 25 – Entrevistas Ano III – Estudo Final – 1º Semestre | 169 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 | A FÍSICA É UMA CIÊNCIA EXPERIMENTAL OU TEÓRICA? | 20 |
| 1.2 | OS OBJETIVOS DAS AULAS DE LABORATÓRIO | 22 |
| 1.3 | A PENOSA PRÁTICA EXPERIMENTAL | 27 |
| 1.4 | UMA HIPÓTESE PARA MINIMIZAR O FRACASSO DO LABORATÓRIO | 28 |
| 1.5 | O VÊ DE GOWIN CONECTANDO TEORIA E LABORATÓRIO | 29 |
| 1.5.1 | Três questões básicas de pesquisa | 29 |
| 1.5.2 | Explicando o Vê epistemológico de Gowin desta pesquisa | 30 |
| 1.5.3 | Por que a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel? | 33 |
| 1.5.4 | Por que vários referenciais epistemológicos? | 35 |
| 1.5.5 | O laboratório e a (mudança de) postura do professor | 36 |
| 2 | ALICERCES TEÓRICOS | 38 |
| 2.1 | DOIS TIPOS DE REFERENCIAIS TEÓRICOS | 39 |
| 2.2 | APRENDIZAGEM: A OPÇÃO PELO REFERENCIAL AUSUBELIANO ... | 40 |
| 2.3 | A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA | 41 |
| 2.3.1 | Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica | 44 |
| 2.3.2 | Como favorecer a aprendizagem significativa | 46 |
| 2.3.3 | A assimilação como mecanismo da aprendizagem | 48 |
| 2.3.4 | Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória | 49 |
| 2.3.5 | Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa | 50 |
| 2.4 | A TEORIA DE EDUCAÇÃO DE GOWIN | 51 |
| 2.5 | DIAGRAMAS VÊ NAS AULAS DE LABORATÓRIO | 55 |
| 3 | APORTES EPISTEMOLÓGICOS | 59 |
| 3.1 | O CONCEITO DE CIÊNCIA E SUA EVOLUÇÃO | 60 |
| 3.1.1 | O abandono do mito e a invenção da teoria | 62 |
| 3.1.2 | O método científico | 63 |
| 3.1.3 | A ciência no início do século XX | 65 |
| 3.1.4 | A ciência contemporânea | 66 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.2 | O SENSO COMUM E A CIÊNCIA | 69 |
| 3.3 | AS MÚLTIPLAS FACETAS DA CIÊNCIA HOJE | 73 |
| 3.4 | O EMPIRISMO-INDUTIVISMO | 76 |
| 3.5 | THOMAS KUHN: CIÊNCIA NORMAL E REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS | 78 |
| 3.6 | KARL POPPER E A DEFESA DO RACIONALISMO | 85 |
| 3.7 | PAUL FEYERABEND: A ANARQUIA EM OPOSIÇÃO AO MÉTODO | 92 |
| 4 | METODOLOGIA | 100 |
| 4.1 | ENFOQUE QUANTITATIVO | 101 |
| 4.2 | ENFOQUE QUALITATIVO | 103 |
| 4.3 | É LÍCITO ASSOCIAR OS ENFOQUES? | 106 |
| 4.4 | CLASSIFICANDO A ESTRATÉGIA DA PESQUISA EMPÍRICA | 107 |
| 5 | ESTUDOS INICIAIS | 109 |
| 5.1 | ANO I – ESTUDO PRELIMINAR | 110 |
| 5.1.1 | Primeiro Semestre – Constatações | 110 |
| 5.1.2 | Mais indícios | 115 |
| 5.1.3 | Segundo Semestre – Ensaio e Evidências | 116 |
| 5.1.4 | Algumas Decisões | 122 |
| 5.2 | ANO II – ESTUDO PILOTO | 124 |
| 5.2.1 | Mais ensaios e experimentações | 124 |
| 5.2.2 | Concepções sobre força e movimento | 126 |
| 5.2.3 | Escala de Atitude sobre Física Geral | 128 |
| 6 | ESTUDO FINAL | 132 |
| 6.1 | ANO III – ESTUDO FINAL | 133 |
| 6.1.1 | Perfil dos alunos, aprovações e reprovações | 133 |
| 6.1.2 | Concepções sobre força e movimento | 135 |
| 6.1.3 | As aulas experimentais no Ano III | 136 |
| 6.1.4 | Detalhando a estratégia no laboratório | 137 |
| 6.1.5 | Usando primeiro as Questões de Gowin | 139 |
| 6.1.6 | A transição para o diagrama Vê | 143 |
| 6.1.7 | As provas no Ano III | 155 |
| 6.1.8 | Escala de Atitude sobre Física Geral no Ano III | 156 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.1.9 | Construção e validação da Escala de Atitudes em Relação à Ciência | 156 |
| 6.1.10 | Comparando escores de várias medidas quantitativas | 160 |
| 6.1.11 | Avaliação do Desempenho do Professor pelo Aluno | 162 |
| 7 | ENTREVISTAS | 167 |
| 7.1 | METODOLOGIA DAS ENTREVISTAS | 168 |
| 7.1.1 | Um panorama das entrevistas | 168 |
| 7.1.2 | Técnica para realizar entrevistas | 169 |
| 7.1.3 | O conteúdo das entrevistas | 170 |
| 7.1.4 | Transformações e análise das pós-entrevistas | 171 |
| 7.2 | RESULTADOS DA PRIMEIRA PARTE DAS PÓS-ENTREVISTAS | 172 |
| 7.2.1 | Como foi a disciplina de Física deste semestre? | 172 |
| 7.2.2 | O que mais gostou na disciplina de Física? | 174 |
| 7.2.3 | O que detestou (menos gostou) na disciplina de Física? | 176 |
| 7.2.4 | Comente as aulas de laboratório e o Vê de Gowin | 177 |
| 7.2.5 | Percebeu alguma relação entre teoria e laboratório? | 178 |
| 7.3 | RESULTADOS DA SEGUNDA PARTE DAS PÓS-ENTREVISTAS | 180 |
| 7.3.1 | O que é a ciência? | 180 |
| 7.3.2 | Fronteira entre ciência e não-ciência | 182 |
| 7.3.3 | Comparação entre ciência e religião | 183 |
| 7.3.4 | Como você entende as palavras hipótese, teoria e lei? | 185 |
| 7.3.5 | O que o cientista faz primeiro: teoria ou experiência? | 186 |
| 7.3.6 | O conhecimento é provisório ou definitivo? | 187 |
| 7.3.7 | Existe necessidade de revisar uma teoria muito estudada? Como e quando se criam novas teorias? | 189 |
| 7.3.8 | Hoje é possível viver sem a ciência? | 191 |
| 7.3.9 | Visão do cientista | 193 |
| 7.3.10 | Onde trabalham os cientistas? | 194 |
| 7.3.11 | Relação entre o cientista e a sociedade | 195 |
| 7.3.12 | Gostaria de ser cientista? | 197 |
| 8 | CONHECIMENTO PRODUZIDO | 198 |
| 8.1 | ANO I - COMO É A MICROCULTURA DA DISCIPLINA DE FÍSICA I DA FURG? | 200 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 8.2 | ANO II - COMO INTEGRAR TEORIA E EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA GERAL? | 202 |
| 8.3 | ANO III - DIAGRAMAS VÊS CONECTANDO TEORIA E EXPERIMENTAÇÃO, PROMOVENDO UM ENFOQUE EPISTEMOLÓGICO AO LABORATÓRIO E MODIFICANDO A VISÃO DE CIÊNCIA DOS ALUNOS | 204 |
| 8.4 | À GUIA DE CONCLUSÃO | 206 |
| 8.5 | O QUE ENSINAMOS JUNTO COM A FÍSICA? | 208 |

| | |
|--------------------------|-----|
| REFERÊNCIAS | 212 |
|--------------------------|-----|

APÊNDICES

| | |
|--|-----|
| A - EXEMPLO DE TESTE DE LABORATÓRIO | 219 |
| B - EXEMPLOS DE ROTEIROS EXPERIMENTAIS | 224 |
| C - EXEMPLO DE TRABALHO | 230 |
| D - EXEMPLOS DE PROVAS APLICADAS | 231 |
| E - ESCALA DE ATITUDES EM RELAÇÃO À CIÊNCIA..... | 235 |
| F - COMENTÁRIOS ESCRITOS DA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROFESSOR | 247 |
| G - ROTEIROS DAS ENTREVISTAS | 250 |
| H - EXEMPLO DE ENTREVISTA COMPLETA | 256 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| A - EXEMPLOS DE VÊS DISCUTIDOS EM AULA | 266 |
| B - CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DAS DISCIPLINAS DE FÍSICA I | 268 |
| C - EXEMPLOS DE ROTEIROS TRADICIONAIS UTILIZADOS NAS PRÁTICAS DE FÍSICA I | 275 |
| D - CRITÉRIOS PARA AVALIAR OS VÊS CONSTRUÍDOS PELOS ESTUDANTES | 282 |
| E - TESTE SOBRE FORÇA E MOVIMENTO | 284 |
| F - ESCALA DE ATITUDE EM RELAÇÃO A DISCIPLINAS DE FÍSICA GERAL | 291 |
| G - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROFESSOR – MODELO A | 293 |
| H - DIRETRIZES PARA ENTREVISTAR ESTUDANTES | 296 |

INTRODUÇÃO

“O aspecto mais triste da vida de hoje é que a ciência ganha em conhecimento mais rapidamente que a sociedade em sabedoria.”

Isaac Asimov, cientista e escritor

1 INTRODUÇÃO

1.1 A FÍSICA É UMA CIÊNCIA EXPERIMENTAL OU TEÓRICA?

A física é uma ciência eminentemente experimental. Boa parte do sucesso e do prestígio que os físicos conquistaram e que ainda mantêm se deve às aplicações tecnológicas que a física possibilitou nos últimos três séculos. Prova disso é que o guarda-pó e o laboratório fazem parte da imagem popular do físico muito mais do que uma cena exibindo um pesquisador pensativo debruçado sobre papéis, livros e um computador. Embora hoje em dia esta última talvez seja mais fiel à realidade, as ilustrações existentes nos livros didáticos são, com frequência, relacionadas à experiência, p. ex., representações de Newton observando a queda da maçã ou de Galileu examinando a queda das esferas do alto da Torre de Pisa. Estes acontecimentos, não comprovados pela história da ciência, servem apenas para destacar que a experimentação faz parte da natureza íntima da física e é, portanto, imprescindível.

A física, contudo, não se resume à experimentação. O entendimento da natureza depende fundamentalmente de dois processos criteriosamente cultivados pelos cientistas: a experimentação e a análise racional. Fazer física atualmente, além de fazer experiências, significa também dominar um poderoso aparato conceitual e matemático, um léxico próprio. Cada conceito aparece laboriosamente inserido em um ou mais princípios, que por sua vez se encontram articulados em formulações conceituais mais amplas, as teorias.

As teorias, mais imponentemente chamadas de leis³, produto de décadas de trabalho da comunidade de físicos, são o legado primeiro para as gerações futuras. Justamente por serem construções solidamente estabelecidas, colocadas à prova inúmeras vezes, são elas os principais produtos que se espera que os estudantes dominem. Pretende-se que os estudantes aprendam física. Isso significa que os alunos devem dominar o aparato conceitual-matemático presente nas leis físicas. Deseja-se que saibam conceitos, princípios, leis e que sejam capazes

³ Popper (1993, p. 147) afirma que não é por acaso que as leis da natureza são designadas de “leis”: quanto mais profíem, delimitam e restringem, mais declaram, asseveram, sobre a realidade.

de resolver problemas à luz dessas leis. Donde se deduz que, na visão de muitos físicos e educadores contemporâneos, não é fundamental os estudantes conhecerem detalhes sobre a natureza experimental da física, especialmente se não seguirão carreira como físicos.

A atividade experimental, que sempre fez parte da ciência física, esteve e continua a estar sistematicamente ausente no ensino da física. Dos estudantes, exige-se que memorizem a síntese da física – suas leis – e saibam aplicá-las. Os experimentos que testaram essas leis, as ideias precursoras que as antecederam, os pensamentos que com elas disputaram lugar, em resumo, os sucessos e fracassos durante a caminhada, esses seriam acontecimentos irrelevantes para se aprender física hoje. Nessa visão, o processo que gera as leis não interessa à aprendizagem de física, como não interessam para a ciência atual as teorias ultrapassadas.

Tal postura didática e epistemológica, consolidada em uma prática que conta com séculos de tradição, remonta aos gregos, em especial à tradição de Platão, que historicamente valorizava o intelecto em detrimento da atividade braçal, preferindo a introspecção ao trabalho manual, o “saber que” ao “saber como”, a filosofia à ciência fática. A técnica e a tecnologia só deixaram de ser atividades menores recentemente.

O ensino de ciências, nos diversos níveis, ainda está comprometido com a visão platônica de mundo. Geralmente ele é realizado de forma acadêmica, literal, de modo que não se aprende a verdadeira física, mas se memorizam leis como se fossem poemas. O ensino não é funcional, não permite que o aluno compreenda fatos do mundo real, não o habilita a explicar situações, sejam elas idealizadas ou cotidianas. Quase sempre tem como única finalidade a de preparar para os níveis seguintes, igualmente propedêuticos. E o ensino universitário, que se esperaria evidenciasse um quadro mais alentador, diferencia-se mais pelo nível de exigência do que pelas posturas didáticas ou filosóficas que o norteiam.

Mas, contrariando a longa tradição teórica vigente no ensino de física, surpreendentemente o laboratório acabou por chegar à sala de aula contemporânea na carona das revoluções didático-pedagógicas que influenciaram, nas últimas décadas, o ensino de física no Brasil e no mundo. Não em todas as salas de aula, obviamente. Nem sequer na maioria. Em muitas escolas de Ensino Médio ainda imperam as aulas teóricas, pela falta de condições, de preparo e de tempo dos professores, afirma-se. Ou seria, talvez, porque não se tem muita clareza se esses esforços valem a pena, se são úteis, se e como podem favorecer a aprendizagem da física?

Felizmente, a universidade tem se mobilizado para continuar oferecendo aulas experimentais. A infraestrutura, neste nível, costuma ser melhor: dispõe-se de laboratórios e de laboratoristas. Mas as dúvidas sobre a validade das aulas práticas são análogas.

É consenso que, sendo a física uma disciplina teórica e experimental, o ensino de física também deve contemplar ambas as abordagens. Portanto, as aulas práticas devem existir, sob pena de não se mostrar ao estudante uma visão correta da física. Os objetivos do laboratório, contudo, não são consensuais. São, ao contrário, bastante diversos. Igualmente distintas são as estratégias didáticas utilizadas nas aulas experimentais e as relações destas com as aulas teóricas.

1.2 OS OBJETIVOS DAS AULAS DE LABORATÓRIO

Há professores que defendem que o ensino experimental deve instrumentalizar o aluno, permitindo que ele aprenda habilidades, tais como efetuar medidas, compreender o papel desempenhado pelo erro nessas medidas, fazer gráficos, calcular médias e aprender os procedimentos sistemáticos que são rotina dentro de um laboratório.

Para outros, o laboratório tem uma função mais ligada à natureza intrínseca da física, permitindo que o aluno vivencie o trabalho do cientista, o fazer ciência. Sua função seria, então, de natureza epistemológica.

Boud *et al.* (1980) apresentam uma tabela com 22 possíveis objetivos para o laboratório em cursos de graduação em ciências. Estes autores listam alguns objetivos clássicos como: ensinar habilidades práticas básicas, ensinar procedimentos experimentais, familiarizar o estudante com aparatos e técnicas de medida, treinar observação, aprender a redigir relatórios, aprender a fazer delineamentos experimentais e simular o que ocorre em laboratórios de pesquisa. E incluem também objetivos mais amplos como: insuflar confiança no estudante, promover interação entre professores e alunos, ensinar aspectos da teoria, estimular o interesse do aluno, proporcionar motivação, favorecer a criticidade, estimular o pensamento independente e ajudar a construir uma ponte sobre o abismo entre teoria e prática.

Na pesquisa efetuada por Boud, a partir da lista mencionada, estudantes, pós-graduandos e cientistas praticantes deveriam ordenar os objetivos em ordem de importância. O estudo demonstrou haver boa concordância entre pós-graduandos e professores. Já os alunos de graduação evidenciaram algumas posições divergentes.

Cientistas praticantes e pós-graduandos vêem o trabalho no laboratório em termos nitidamente pragmáticos. Estes grupos concordam que as principais funções das práticas são: 1) desenvolver competência na interpretação de dados e deduções a partir deles; 2) familiarizar estudantes com equipamentos e técnicas; 3) ensinar habilidades práticas básicas; 4) treinar a observação; 5) favorecer a consciência crítica. Já os estudantes de graduação, embora concordem com os objetivos acima, atribuem também muita importância ao laboratório como um meio para: 6) ilustrar e esclarecer o que é ensinado nas aulas teóricas; 7) integrar teoria e prática.

Nesse sentido, os autores concluem que, quando se tem interesse em promover a integração entre teoria e experimentação, deve-se estabelecer ligações significativas entre aulas teóricas e aulas de laboratório, explicitando-as e provendo oportunidades para os estudantes apreciarem a relação entre teoria e prática.

Moreira (1980) critica as aulas de laboratório que tradicionalmente resumem-se à construção de tabelas de dados, gráficos e análises numéricas. Observa que não costuma haver uma abordagem conceitual ao laboratório. Tampouco exige-se raciocínio ou uma postura reflexiva acerca das implicações dos resultados de um experimento científico. Neste artigo, descreve uma investigação realizada para avaliar a eficácia de uma abordagem ao laboratório apoiada na teoria de aprendizagem de Ausubel, em que foram utilizadas as cinco questões de Gowin associadas a roteiros e relatórios que faziam alusão a questões-foco, conceitos-chave, fenômeno estudado, método de investigação e resultados obtidos. Nos cinco experimentos realizados, apenas os dois primeiros mostraram diferenças entre os grupos experimental e de controle. O fracasso da estratégia sugere que muitos estudantes realizam o experimento sem uma ideia clara sobre o que estão fazendo, ou sobre o que está subjacente ao experimento. Também apontam para questões recorrentes sobre as atividades práticas em disciplinas de física: 1) Os cursos de laboratório devem ser dados conjuntamente com a teoria ou em separado? 2) É consenso que o laboratório é importante. Mas é importante para quê? Para o entendimento conceitual? Fenomenológico? Desenvolvimento de habilidades? Entendimento do papel da experimentação na física?

Para Carrascosa *et al.* (1993), os professores costumam ver os trabalhos práticos de laboratório como meio de motivar os alunos para a aprendizagem de ciências e também como a única forma de familiarização com a metodologia científica. Os autores alertam que, assim como os livros didáticos, os manuais práticos têm veiculado ideias simplistas a respeito da natureza da ciência e do trabalho científico. São concepções empiristas e indutivistas que apontam os trabalhos práticos como o ponto de partida de onde derivam os conhecimentos científicos. Ainda pior é quando o laboratório se reduz a uma mera ilustração da teoria vista anteriormente. Em ambos os casos, prioriza-se a observação, a manipulação de instrumentos e a coleta de dados seguindo instruções cuidadosamente detalhadas, mas nas quais estão ausentes os aspectos mais criativos do trabalho científico, tais como a formulação de hipóteses, o *design* de experimentos, a análise crítica de resultados obtidos, a reflexão acerca de possíveis perspectivas em aberto, etc. Concluem afirmando que é urgente a transformação destas práticas de laboratório em outras mais coerentes com as características essenciais da investigação científica, da natureza da ciência e da aprendizagem da ciência por parte dos estudantes, como são compreendidas atualmente.

Tamir (1989) defende que o professor é a chave para uma aprendizagem efetiva no laboratório. Ele procura esboçar estratégias para auxiliar os professores a fazerem das aulas de laboratório um lugar de aprendizagem útil e significativa. Lembra que as mudanças curriculares modificaram o papel do laboratório, que deixou de ser apenas um meio de demonstrar, para assumir uma função central no processo de aprendizagem científica. Contudo, continua-se a observar dificuldades dos estudantes em desenvolver habilidades práticas como observação, estimar quantidades, planejar experimentos e fazer inferências. O autor questiona: Seriam os objetivos das atividades práticas inapropriados? Elas deveriam se concentrar em desenvolver habilidades experimentais ao invés de querer-se obter resultados conceituais que vão além do que é possível a partir da prática? Ou talvez os problemas decorram da ausência ou ineficácia das discussões pré e pós-experimento?

Nesta pesquisa parte-se do pressuposto que as discussões conceituais são essenciais para dar sentido às experiências de laboratório e relacioná-las com os conceitos relevantes. Sua ausência é, portanto, cogitada como uma causa provável do fracasso do laboratório.

Na opinião de Tamir, a questão central é que os cursos de preparação de professores não costumam oferecer instrução sistemática de como ensinar no laboratório. Para este

pesquisador, uma instrução satisfatória para os professores de aulas experimentais envolveria os seguintes aspectos: 1) análise do conteúdo dos manuais de laboratório, p. ex., avaliar o nível do problema e os meios possíveis de solucioná-lo; 2) preparação conceitual para a pesquisa científica, abrangendo um estudo histórico-filosófico da natureza da evolução do conhecimento científico, que culmine na emergência e discussão de conceitos como *problema*, *hipótese*, *experimento*, *método*, *controle* e *dedução*, entre outros; 3) organização flexível da aprendizagem, valorizando o trabalho em pequenos grupos e o aprendizado cooperativo.

Lucas e García-Rodeja Gayoso (1989) também se preocupam com a formação experimental dos professores. Entendem que a ciência é uma forma de ver o mundo, que se baseia em métodos de investigação específicos, formas de pensamento, atitudes e tradições próprias. Defendem que os professores, ainda durante sua formação, devem se familiarizar com os princípios da ciência, aprender os métodos de investigação científica e adquirir uma atitude reflexiva frente aos problemas científicos. Na docência, devem exercitar o que aprenderam.

Ao observar as aulas experimentais, constata-se que os professores tendem a se afastar destas recomendações e costumam assumir uma postura inadequada em classe. Por exemplo, quando o professor propõe um experimento em uma aula de ciências, geralmente pretende mostrar algo, portanto “o que ocorre” e “porque ocorre” já são conhecidos para ele. Decorre daí que é habitual o professor pular etapas e descartar explicações válidas sem analisá-las com alguma profundidade. O que os alunos aprendem, de fato, deste tipo de aula, é que para um experimento existe apenas uma única interpretação – a esperada pelo professor – ao invés de várias possibilidades que deveriam ser ponderadas. O professor está, portanto, ensinando que os alunos devem considerar apenas uma explicação e aceitá-la. A atividade, neste caso, não é uma investigação, mas uma demonstração (*ibid.*).

Para evitar isso – defendem estes pesquisadores – é essencial que alunos e professores pratiquem o pensamento crítico ao interpretar dados experimentais de investigações feitas em aula. Como professor, deve-se abandonar as interpretações apressadas e simplistas. Compreender que os alunos podem apresentar interpretações distintas para um experimento. Buscar provas que eliminem interpretações errôneas e apoiem a interpretação válida. Estimular os alunos a pensarem sobre a validade das interpretações dos fenômenos e não aceitar a interpretação válida sem discussão (*ibid.*).

Dumon (1992) adverte que na aula de laboratório o estudante está submetido a distintas influências (instruções escritas, orais, nomes de aparatos e produtos, habilidades requeridas, teoria, funcionamento, resultados) que o sobrecarregam e podem determinar comportamentos mecânicos, automáticos, repetitivos e até mesmo erráticos. Para minimizar as sobrecargas, o professor deve tomar alguns cuidados: aclarar os objetivos; evitar receitas; destacar na preparação o que é essencial e o que é acessório; e esperar que os alunos primeiramente manipulem para depois começarem a interpretar. Se, entretanto, a atividade envolve empregar um procedimento experimental para resolver um problema, isso requer do estudante iniciativa e autonomia, atitudes que não costumam ser espontâneas, devendo ser reforçadas pelo professor. Ele pode, por exemplo, fomentar o diálogo, buscar a confrontação de ideias e viabilizar a participação ativa dos estudantes na aprendizagem. Pode ainda reconhecer o direito ao erro e estimular a confiança dos estudantes em si mesmos. Sugestões potencialmente úteis, supõe-se, para qualquer atividade experimental.

Ainda segundo Tamir (1989), ao propor uma aula experimental é importante verificar o tema, os pré-requisitos, a natureza da atividade, o tipo e a complexidade do equipamento e dos materiais que serão manipulados, além do tempo requerido para completar a tarefa. Um certo exercício de laboratório pode ter diferentes versões, cada uma com um determinado nível de dificuldade. Ele defende ainda estratégias instrucionais específicas que associam explicitamente teoria e experimentação. Propõe o uso de mapas conceituais para planejar a aula experimental e discutir previamente os conceitos envolvidos na experiência. Incentiva o uso do Vê de Gowin, já que ele ajuda o estudante a entender a estrutura e o processo de construção do conhecimento. E recomenda também o uso de testes de laboratório orientados para a pesquisa (indagação, questionamento). Neste caso, o estudante deve responder uma sequência de questões que vão orientar sua aprendizagem e seu esforço durante a prática.

Séré (2002) destaca que o estudante pode *compreender e aprender* no laboratório, mas que pode também *fazer e aprender a fazer*, o que é bastante diferente. Aponta como a teoria pode colocar-se a serviço da prática apesar de o contrário ser o mais frequente. Defende que os trabalhos práticos são uma excelente modo de aprender as teorias das ciências físicas. Além de proporcionarem uma compreensão da natureza epistemológica de conceitos, leis, teorias e modelos. Na pesquisa relatada, p. ex., diante da dispersão de medidas no laboratório, as reações dos estudantes variaram. Alguns deram respostas guiadas pelos dados: comentaram sobre média, mediana e as entendiam como valores aproximados. Outros foram guiados pela

teoria: a média é reconhecida como um valor preciso, ou seja, é necessário fazer muitas medidas para se chegar ao valor correto. Um terceiro grupo foi classificado como de relativistas: expressaram sua incapacidade de encontrar resultados apropriados – “a física não é uma ciência exata”, “precisaríamos do valor tabelado”. A mesma variedade se deu quando perguntados sobre as relações entre teoria e prática. A autora indica, então, que o laboratório requer um trabalho epistemológico interdisciplinar que culmine numa tomada de consciência epistemológica, isto é, as aulas experimentais devem promover uma reflexão sobre a natureza da ciência.

Blosser (1988) entende que as pesquisas devem focalizar para que finalidades se deve usar o laboratório, sob que condições e com que estudantes. Ao passo que González Eduardo (1992) defende que é necessário continuar avançando na perspectiva de vincular o laboratório com aquilo que é, realmente, a atividade de investigação na ciência.

Hodson (1994) afirma que não há evidências convincentes da eficácia do laboratório, nada além de “sensações profissionais”, para justificar os enormes gastos com tempo, energia e recursos. Propõe que pesquisas específicas sejam feitas. Comunga com a preocupação de tornar o ensino experimental epistemologicamente mais válido.

1.3 A PENOSA PRÁTICA EXPERIMENTAL

A investigação descrita nesta dissertação ocorreu no ensino universitário. Neste nível, são comuns as aulas experimentais nas físicas básicas. Quando não existem como uma disciplina independente, aparecem como atividades previstas dentro das disciplinas tradicionais, eminentemente teóricas.

A pesquisa em questão não pretendeu analisar os objetivos da aula experimental. Partiu-se do pressuposto que ela é importante e que deve integrar um bom ensino de física. O foco da análise está em que, apesar do tempo e esforço investidos na implementação de aulas experimentais nas universidades, os alunos continuam aproveitando e aprendendo muito pouco com essas aulas.

As descrições dos estudantes sobre as aulas experimentais indicam que tratam-se de atividades repetitivas e maçantes. Pouca ou nenhuma aprendizagem significativa ocorre, seja sobre o conteúdo conceitual ou sobre aspectos experimentais da física. Laboratório é sinônimo de relatório, espécie de punição que o professor impõe ao aluno cada vez que lhe permite o “prazer” de realizar uma atividade experimental. Após a terceira ou quarta ida ao laboratório, traduzida na exigência de dez ou quinze páginas de relatos minuciosos, os estudantes agradecem quando não precisam passar por esse sofrimento.

As críticas dos estudantes não param por aí. Eles raramente se lembram do que fizeram no laboratório. Reclamam do distanciamento entre aulas experimentais e teóricas. Mencionam que as aulas experimentais não estão inseridas no curso como um todo, não atuam como complementação das aulas teóricas, nem se correlacionam com elas. E, mais grave, nem ao menos servem para motivar o aluno; acabam por ser apenas decorativas. Nota-se que o tom das disciplinas de física geral é a dicotomia entre a teoria e a prática, um verdadeiro abismo.

Os professores, muitos deles convencidos da importância das aulas experimentais, vêem pouco ou nenhum retorno do investimento que fazem. Acabam também desestimulados, quase sempre acreditando que a tradicional aula teórica é muito mais eficiente, além de muito menos onerosa. Se os alunos não gostam do laboratório, e ainda aprendem pouco nele, por que manter as aulas experimentais? Não seria muito mais prático seguir ensinando apenas a síntese da física?

1.4 UMA HIPÓTESE PARA MINIMIZAR O FRACASSO DO LABORATÓRIO

A meta central deste trabalho de pesquisa é investigar as causas do fracasso da atividade experimental nas disciplinas (de graduação) de física geral e propor alternativas que propiciem uma integração entre os aspectos teóricos e experimentais da disciplina.

A premissa básica é que determinadas escolhas, comportamentos, vieses e práticas do professor em sala de aula, muitas delas não explícitas, têm contribuído de forma substancial

para desconectar teoria e experimentação. Além disso, determinados pressupostos epistemológicos, professados por docentes, presentes em roteiros experimentais ou manuais de laboratório e em textos teóricos de física, reforçam essa dissociação. Unindo-se esses dois aspectos, termina-se por perder importantes oportunidades de vincular teoria e experimentação.

Neste trabalho será investigado se é possível modificar algumas características negativas que têm sido associadas à atividade experimental. Em especial, procurar-se-á indicar que procedimentos são recomendados para fomentar ou reforçar a integração teoria-experimentação em física geral.

1.5 O VÊ DE GOWIN CONECTANDO TEORIA E LABORATÓRIO

1.5.1 Três questões básicas de pesquisa

A investigação tem início com as seguintes três questões de pesquisa:

1) O que pode ser feito para integrar a teoria e o laboratório nas disciplinas de física geral? Em outras palavras, o que fazer para que os alunos vejam a teoria e a experimentação como duas faces de uma mesma moeda, como formas diferentes mas complementares (interdependentes) de aprender física?

2) Qual é a visão de ciência dos estudantes de física geral? Eles saem das disciplinas de física com a mesma visão que ingressaram? O professor incentiva visões de ciência? Discute-se em sala de aula como trabalha o cientista?

3) De que forma o laboratório afeta a visão de ciência que os alunos têm? Um enfoque epistemológico ao laboratório, salientando como a ciência funciona, pode modificar a visão dos alunos? O laboratório pode interferir ou até melhorar a visão de ciência do aluno?

Essas questões estão reproduzidas resumidamente na Figura 1, que apresenta o Diagrama Vê elaborado para o estudo final deste projeto de pesquisa. Além das questões-foco, o diagrama é composto de dois domínios: o conceitual (“*pensar*”) e o metodológico (“*fazer*”).

1.5.2 Explicando o Vê epistemológico de Gowin desta pesquisa

Gowin (1981, 2005) elaborou um instrumento heurístico, na forma de um Vê, que salienta como a ciência funciona. Esse diagrama, pela sua potencialidade de explicitar a estrutura da pesquisa científica ficou conhecido como *Vê Epistemológico de Gowin*. Atualmente percebe-se na literatura uma preferência pela denominação mais curta e elegante *Diagrama Vê*.

Construir um diagrama Vê é uma maneira de condensar a informação. Por exemplo, elaborar um diagrama Vê para um artigo de pesquisa em física, ou em ensino de física, requer, em geral, algumas leituras atentas do texto, até que seja possível identificar cada quesito do Vê. A vantagem de construí-lo é que, depois, não apenas o aprendiz estará de posse de um excelente resumo do artigo, mas saberá explicitar cada passo que o pesquisador fez, de onde partiu, a que conclusões chegou, o que ficou em aberto, qual o valor da pesquisa. Por isso diz-se que o diagrama Vê é ideal para “desempacotar” a informação contida em formas densas como os artigos de pesquisa.

As questões-foco dão início à pesquisa, por isso são colocadas no centro do Vê. Estas questões se referem sempre a algum fenômeno de interesse, não explicitado na Figura 1. O fenômeno de interesse poderia ter sido colocado acima da questões-foco: Ensino de Física Geral (teoria e prática).

As questões-foco apontam para baixo, para o evento (e/ou objeto) a que se dirigem. Na Figura 1, por exemplo, o evento/objeto deste projeto são as aulas (teóricas e de laboratório) para os alunos de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), matriculados em Física I, utilizando, nas classes experimentais, diagramas Vê como tarefa alternativa ao tradicional relatório.

DOMÍNIO CONCEITUAL**Filosofia**

Ao ensinar, o professor veicula ideias científicas, pedagógicas, filosóficas, afetivas e éticas, mesmo que sua preocupação principal seja ensinar conceitos e teorias da física.

Por ser a física uma ciência com forte caráter experimental, as aulas de laboratório são essenciais para a aprendizagem adequada desta ciência.

Teorias

Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com as contribuições de Novak, Gowin e Moreira.

Aportes epistemológicos das teorias de Kuhn, Popper e Feyerabend.

Princípios

1. Os conhecimentos são construídos pelos cientistas e pelos alunos.
2. O professor - mediador da aprendizagem - veicula ideias sobre a ciência e sobre a construção do conhecimento individual e coletivo.
3. A aula experimental deve ser uma atividade motivadora, participativa, criativa, agradável e útil para os estudantes.
4. A aula de laboratório pode e deve contribuir para uma aprendizagem significativa de conceitos, de procedimentos e de aspectos filosóficos e epistemológicos da física.
5. Para garantir um enfoque epistemológico moderno à disciplina é necessário reescrever e adaptar os materiais instrucionais que tenham forte viés empirista/indutivista.

Conceitos

aprendizagem significativa, subsunção, diferenciação progressiva, reconciliação integradora, teoria, experimentação, enfoque epistemológico, diagramas Vê, relatórios

Questões-Foco:

1. *O que pode ser feito para integrar (conectar, unir) aulas expositivas com aulas de laboratório em física geral?*
2. *Qual é a visão de ciência dos alunos de física geral?*
3. *É possível modificar a visão de ciência utilizando um enfoque epistemológico ao laboratório?*

Interação**Novas Q-F:**

(Ainda em aberto)

DOMÍNIO METODOLÓGICO**Asserção de Valor (esperadas)**

Dado o tempo, esforço e custo da experimentação, é preciso torná-la mais útil e produtiva, evitando que seja fonte de ideias alternativas sobre a gênese e o desenvolvimento da ciência, ou mero exercício de repetição de medidas pré-definidas sem sentido.

Asserções de Conhecimento (esp.)

1. Os estudantes percebem a física como um amálgama de características diferentes justapostas. Para que percebam que a ciência física, apesar de multifacetada, não deixa de ter uma unidade, é necessário que o professor, em sua prática, integre os aspectos conceituais, experimentais, históricos, epistemológicos, de resolução de problemas, etc., em um todo coerente, fazendo constantes referências cruzadas.
2. O diagrama Vê força os alunos a explicitar conhecimentos prévios e a pensar sobre como é feito o trabalho de pesquisa em física, suscitando conexões.
3. Embora construir um diagrama Vê requeira mais trabalho cognitivo, depois de algum tempo os alunos acabam por gostar de fazê-lo.
4. Muitos alunos apresentam uma visão empirista-indutivista da ciência. Tais concepções podem ser resistentes.
5. O uso de diagramas Vê é uma forma de chamá-los à reflexão, mas sozinho não promove mudanças de paradigma.

Transformações

Análise qualitativa dos protocolos de entrevistas, anotações, trabalhos, diagramas Vê. Análise estatística de dados quantitativos, visando triangular metodologias.

Dados - obtidos a partir dos registros.

Registros - trabalhos, diagramas Vê, testes e opinários respondidos pelos alunos; anotações das percepções/observações do professor; afirmações feitas por alunos em conversas e entrevistas.

Evento/Objeto: Três turmas de cerca de 60 alunos (a maioria calouros) de Eng. Civil, Eng. Mecânica e Eng. Química da FURG matriculados em disciplinas de física geral, anuais, com 6, 5 e 4 horas teórico-práticas semanais, respectivamente. O conteúdo abordado foi Mecânica. Por um semestre letivo, todas as turmas tiveram a mesma professora na teoria e no laboratório (neste, aulas semanais ou quinzenais), onde utilizou-se diagramas Vê como tarefa alternativa aos tradicionais relatórios sobre os experimentos. A professora procurou fazer referências e conexões entre teoria e prática sempre que possível.

Figura 1 – Diagrama Vê do Estudo Final desta Pesquisa – Elaborado por Eliane Cappelletto.

O lado esquerdo do Vê é o domínio conceitual. O *pensar* explicita o que se sabe antes da pesquisa, em que ela se apoia. São os conceitos, as teorias, os princípios, as visões de mundo, isto é, os compromissos teóricos do investigador. No Vê da Figura 1, pode-se seguir a leitura subindo à esquerda, do evento/objeto aos conceitos, passando a seguir pelos princípios e pelas teorias, até chegar à filosofia.

Dessa leitura percebe-se que este projeto está alicerçado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com as contribuições de Novak, Gowin e Moreira. Também está ancorado nas teorias epistemológicas de Kuhn, Popper e Feyerabend. As visões de mundo (filosofia) se referem à natureza experimental da física e sua necessidade no ensino de física e à constatação do professor veicular, em sala de aula, muitas ideias além das de física.

O lado direito do Vê é o domínio metodológico. O *fazer* descreve a metodologia da pesquisa: os registros que serão feitos, os dados obtidos a partir desses registros, as transformações necessárias para tratar e condensar os dados. Na Figura 1 novamente deve-se subir, agora à direita, a partir do evento/objeto. Encontram-se, assim, os registros, testes, diagramas, anotações, entrevistas e suas análises.

O lado direito exhibe também as asserções de conhecimento, isto é, o conhecimento produzido, as respostas obtidas para as questões-foco. Contém ainda as asserções de valor, quer dizer, a importância da pesquisa, o que se aprendeu com ela. Na Figura 1 as asserções de conhecimento são respostas provisórias, tentativas, esperadas, já que este diagrama Vê foi construído no início do estudo final desta pesquisa. O mesmo se passa com a asserção de valor que antecipou uma possível recomendação.

Para finalizar, volta-se ao centro do Vê para verificar que questões a pesquisa deixou em aberto. São as novas questões-foco, não explicitadas na Figura 1, que indicam futuros temas de investigação. A pesquisa científica é assim: chega a algumas respostas, mas sempre é mais eficaz em criar novas perguntas.

É interessante verificar que o conhecimento é produzido a partir da interação entre teoria e prática. E quem promove esta interação, entre os dois lados do Vê, são as questões-foco. O cerne da investigação são as questões, não os resultados. É a curiosidade, o indagar que move a ciência. As respostas, os conhecimentos produzidos, são apenas uma etapa, uma consequência.

Portanto, qualquer investigação se dá fazendo questões sobre algum fenômeno de interesse, embasados em um referencial teórico e utilizando alguma metodologia. Na pesquisa em ensino de física tem-se sempre esses quatro elementos: o conteúdo de física, o referencial teórico de aprendizagem, o referencial epistemológico e a metodologia de pesquisa.

1.5.3 Por que a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel?

Para ensinar com eficácia, é de fundamental importância saber como o conhecimento é produzido na mente do aprendiz, como ele pensa, estrutura e relaciona os diversos conceitos. No ensino de física é essencial conhecer como os alunos percebem e compreendem o mundo físico que os cerca. Saber como explicam os fenômenos, que argumentos utilizam nessa explicação. A física faz parte do mundo cotidiano dos estudantes. Desde pequenos, eles formulam e estruturam teorias que permitem explicar os acontecimentos que os rodeiam.

Cabe ao professor a importante tarefa de não só ter domínio do conteúdo que irá ensinar, mas também reconhecer que os alunos trazem, estruturados ou não, conhecimentos a respeito desse conteúdo. O processo cognitivo não depende apenas do aluno, nem apenas do professor, mas da interação entre o conhecimento do aluno e a situação de ensino propiciada pelo professor.

Para Ausubel, novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e sirvam de ancoradouro para essas novas ideias.

O aluno não é um ser passivo no seu processo de aprendizagem, não é um recipiente vazio que se deve preencher com conhecimento. Ao contrário, toda sua estrutura mental está constantemente interagindo com as informações veiculadas pelo professor, pelos colegas, pela mídia, pelo ambiente.

Durante o processo de ensino-aprendizagem, muitas vezes o conhecimento prévio do aluno entra em conflito com o conhecimento formal da comunidade científica, o que pode funcionar como uma barreira à compreensão de certo conteúdo.

O ensino caracteriza-se, portanto, pela troca de significados entre professor e aluno. Ambos devem negociar, partilhar significados. Os significados são convencionados por uma comunidade, no caso a comunidade científica. O professor pretende fazer do aluno um usuário dos significados atribuídos por essa comunidade. Assim, ao final do processo de ensino-aprendizagem o aluno deve ter captado os significados aceitos pela comunidade e deve diferenciar esses significados de outros possíveis, como aqueles utilizados no dia-a-dia.

A tarefa do professor é ser um facilitador da aprendizagem do aluno, atuando como mediador entre o estudante e o conhecimento. Assim, ensinar é um processo que possui pelo menos três figuras importantes: o professor, o aprendiz e os materiais instrucionais (ou o conhecimento).

Cabe ao professor identificar os conhecimentos prévios dos aprendizes, e, com base nesse levantamento, apresentar e discutir os conceitos relevantes dentro do conteúdo a ser trabalhado, procurando fazer uma mediação entre o conhecimento e o aluno. Cabe ao professor também a tarefa de detectar se os aprendizes estão atribuindo os significados corretos, checando estes significados e corrigindo-os sempre que necessário.

Por outro lado, aprender é uma atividade que só depende do aluno. O professor não pode aprender pelo aluno, só pode auxiliá-lo nesta tarefa. A aprendizagem é uma tarefa individual, que requer esforço, motivação, envolve vontade e disposição. Por isso é importante que o aluno queira aprender.

Assim, a opção pelo referencial da aprendizagem significativa ocorre, em primeiro lugar, por compartilhar-se com a posição de Ausubel sobre o papel do conhecimento prévio na aprendizagem subsequente do aprendiz. Em segundo lugar, porque acredita-se que a teoria da aprendizagem significativa oferece um sistema de referência capaz de contribuir para a melhoria do ensino sem implicar em condições ou recursos não existentes na grande maioria das escolas ou universidades.

A teoria de Ausubel fala da aprendizagem cognitiva e de como ela pode ser facilitada sem recorrer a recursos tecnológicos, métodos de descoberta ou sofisticadas técnicas de ensino. As proposições de Ausubel se aplicam ao cotidiano da sala de aula tal como ela costuma ser, isto é, àquela sala de aula convencional onde predomina o ensino voltado para a aprendizagem receptiva. Aliás, do ponto de vista ausubeliano esse é o tipo de ensino mais

eficiente quando o objetivo é fazer com que o aprendiz adquira um corpo de conhecimentos de maneira clara, estável e organizada.

Por outro lado, a teoria da aprendizagem significativa gerou dois recursos instrucionais muito potentes: os mapas conceituais e os diagramas Vê. Estes instrumentos metacognitivos permitem o aluno avançar bastante porque são excelentes auxiliares na aprendizagem, desafiando o estudante a organizar, sistematizar, sintetizar e explicitar seu entendimento.

1.5.4 Por que vários referenciais epistemológicos?

A ciência tem características que a separam de outras formas de conhecimento. Para bem ensinar ciências, deve-se conhecer a ciência que será ensinada; não apenas suas teorias consagradas, mas o processo que as produziu. Ou seja, é preciso estabelecer um referencial epistemológico, que explicita o modo como ocorre a pesquisa científica, o fazer ciência.

A ciência é entendida como um produto acabado ou como um corpo em construção? Na ciência tem-se certezas ou dúvidas? Existe “o” método científico? A ciência é um produto de indivíduos geniais ou o resultado do trabalho articulado de uma comunidade científica?

Essas questões modificam o ensino. Se o professor acredita que a ciência é um produto acabado, ensinará seus alunos dentro desta perspectiva. Se para ele os cientistas são gênios, provavelmente não motivará os alunos a serem cientistas, uma vez que os “gênios” já nascem prontos. Portanto, ao ensinar ciências, ensinam-se também ideias epistemológicas.

Thomas Kuhn (1987, 1989) procura explicitar que a ciência é uma realização coletiva, que os cientistas compartilham paradigmas, metodologias e técnicas. Paul Feyerabend (1989, 2008) apregoa que não existe um método científico único; na ciência todos os caminhos podem levar ao progresso.

Karl Popper (1987, 1993) defende a impossibilidade de se provar que uma teoria científica é absolutamente verdadeira, mostrando que a ciência é uma eterna construção, que o conhecimento é sempre tentativo, provisório. Outros filósofos tem seu próprio entendimento de como se dá a construção e a validação de teorias. Imre Lakatos (1999), p. ex., propõe que

os cientistas se organizam em comunidades que compartilham programas de pesquisa, contendo núcleo duro, cinturão protetor e heurísticas (regras de trabalho).

O que estes filósofos da ciência têm em comum, além de mostrar que a ciência é um trabalho coletivo, construtivo, tentativo, e que as teorias científicas se modificam, é a crítica às ideias empiristas-indutivistas que assolam os livros, os roteiros experimentais e as aulas de ciências e de física.

A epistemologia permeia todo este projeto de dissertação. Parte-se da premissa que o laboratório é um ótimo lugar para o aluno aprender um pouco sobre como as ciências experimentais (como a física) são feitas. Para isso quer-se dar uma abordagem epistemológica ao laboratório, salientando explicitamente (em aula) como a ciência funciona. E, assim, combater o laboratório didático como uma caricatura dos laboratórios de pesquisa em física.

1.5.5 O laboratório e a (mudança de) postura do professor

Durante muitos anos os pesquisadores em ensino de física procuraram inovar, adequar, motivar, sugerir e criticar as atividades na sala de aula. O laboratório já foi alvo de várias pesquisas, mas continua sendo um evento não-conectado à teoria. Se as experiências são parte fundamental da pesquisa científica, o ensino de física deve valorizá-las mais. Integrar o laboratório à teoria, não apenas com a função de motivar o aluno, algo difícil e discutível, mas com a função de ensinar conteúdos e valores.

Para que os alunos experimentem e percebam a integração teoria/laboratório, o professor precisa fazer um esforço consciente para interligar os dois momentos da disciplina, seja preparando suas aulas, selecionando exemplos, seja fazendo comentários estratégicos sobre a teoria durante a aula experimental e sobre os experimentos durante a aula teórica.

Precisa explicitar na teoria, na resolução de problemas, nas atividades experimentais, a interligação entre teoria e laboratório. Para isso, o professor deve constantemente vincular as duas facetas em sua prática educativa. Dessa forma espera-se que os aprendizes percebam que as duas atividades fluem juntas, embora numa perspectiva racionalista a teoria venha *antes*.

A familiarização e o domínio do uso do Vê são aspectos centrais da estratégia, seja para o professor ou para os alunos. O professor deve preparar suas aulas sempre tendo o Vê em mente. Elaborar mapas conceituais dos capítulos, elaborar Vês das experiências, de capítulos do livro, de textos distribuídos aos alunos. Os alunos, por seu lado, também deverão fazer o mesmo, principalmente nas aulas experimentais. Desta forma, a filosofia do Vê poderá “trabalhar” mesmo que o instrumento não esteja sendo utilizado explicitamente em aula. Basta que o professor o utilize, p. ex., como guia na preparação das aulas, dos materiais.

O ensino universitário de física viveu e continua a viver alguns dilemas. O futuro pesquisador em física evidentemente deve ter preparo experimental. Mesmo que ele venha a ser um físico teórico, precisa compreender algumas técnicas experimentais básicas, especialmente as que o habilitem a ler artigos científicos, a interpretar dados experimentais ou a elaborar teorias passíveis de serem testadas em laboratório. O mesmo vale para um engenheiro, mesmo que ele venha a atuar apenas como administrador. É claro que um pesquisador experimental (ou um engenheiro que elaborará projetos) deve se aprofundar em técnicas de medida, controle de variáveis, *design* ou utilização de equipamentos. Observa-se, portanto, que o aprendizado experimental realizado nos laboratórios didáticos é relevante tanto na formação de profissionais com perfil experimental quanto para aqueles mais teóricos.

A partir destas considerações e inquietações, nascidas da vivência concreta de sala de aula em física geral, e alicerçado nos referenciais mencionados, foi elaborado o presente projeto de pesquisa. No Capítulo 2 são apresentados os referenciais teóricos de Ausubel, Novak, Gowin e Moreira e é explicado com mais detalhes o Vê Epistemológico de Gowin. No Capítulo 3 explicita-se o que é a ciência e como ela é feita. São também reunidos alguns aportes de epistemólogos consagrados do séc. XX para subsidiar a crítica à epistemologia empirista-indutivista. O Capítulo 4 descreve rapidamente as metodologias quantitativa e qualitativa e aponta a opção pela microetnografia e pela triangulação metodológica.

Os Capítulos 5 e 6 detalham minuciosamente os estudos iniciais e o estudo final, apresentando um perfil dos alunos e seu envolvimento em aulas teóricas e práticas da disciplina de Física I. O Capítulo 7 é reservado às entrevistas realizadas no estudo final, mostrando as impressões dos alunos sobre a disciplina, a aula experimental, sua visão de ciência, do cientista e deste com a sociedade. O Capítulo 8 tenta sumariar o conhecimento produzido ao longo da pesquisa.

ALICERCES TEÓRICOS

*“Se a aparência e a essência dos fenômenos
fossem a mesma coisa,
a Ciência seria desnecessária.”*

Karl Marx, filósofo alemão

2 ALICERCES TEÓRICOS

2.1 DOIS TIPOS DE REFERENCIAIS TEÓRICOS

Durante toda a preparação e execução da pesquisa, recorreu-se sempre a dois tipos distintos de referenciais teóricos, que serviram como alicerce e guia para planejar, tomar decisões, corrigir rumos e interpretar os resultados obtidos: o primeiro relacionado com a maneira com as pessoas aprendem e o segundo relativo ao modo como os cientistas constroem teorias científicas.

Quando se pensa em ensinar, há que se ter uma teoria sobre como ocorre a aprendizagem na mente dos estudantes, como eles processam informações, lidam com questões científicas, raciocinam em problemas de física, como se apropriam do conhecimento e utilizam princípios e teorias, porque têm dificuldades ou não entendem determinados conceitos, porque passam a gostar ou ter aversão a aulas experimentais. Nesse plano de análise se está falando de um pressuposto psicológico, ligado fundamentalmente à aprendizagem.

Num outro plano, o epistemológico, pergunta-se que tipos de ideias são veiculadas, enquanto se ensina ciência, acerca de como essa ciência é construída, criada ou descoberta. Ensinam-se não apenas as teorias da física, mas também os procedimentos científicos, as ideias do professor sobre o trabalho dos físicos, sua experiência enquanto bolsista e pesquisador, seus preconceitos, sua visão de como ocorre a gênese das teorias, de como se testam e se rejeitam teorias, de quais papéis podem desempenhar a criatividade e a experiência na atividade científica. Sem sequer dar-se conta, está-se frequentemente ensinando história da ciência e epistemologia da ciência. Mas será que essas ideias interferem na aprendizagem de física que os alunos realizam? É por essa e outras questões que se acredita ser relevante ter, não apenas um referencial psicológico, mas também um referencial epistemológico de trabalho. Neste capítulo será analisado o marco teórico psicológico, enquanto que no próximo serão detalhados os pressupostos epistemológicos da pesquisa.

2.2 APRENDIZAGEM: A OPÇÃO PELO REFERENCIAL AUSUBELIANO



Fotografia 1 – O psicólogo Prof. David Paul Ausubel.

Até pouco tempo os pesquisadores em ensino de física costumavam chamar a teoria da aprendizagem significativa de “teoria de Ausubel”. David Paul Ausubel (Fotografia 1) foi o criador das ideias-chave que originaram esta teoria e certamente merece a homenagem. Contudo, outros pesquisadores foram os grandes responsáveis por adotar a teoria ainda pequena e fazê-la crescer. São eles: Joseph Donald Novak, D. Bob Gowin e Marco Antonio Moreira (Fotografias 2 a 4). O trabalho destes investigadores tem sido incansável, divulgando a teoria de aprendizagem significativa em vários países e línguas. Eles acreditaram que as ideias de Ausubel tinham potencial para orientar a pesquisa em ensino e nelas se aprofundaram, orientando teses e dissertações, produzindo livros e artigos, realizando palestras e congressos. Hoje, a teoria não pertence mais a Ausubel, mas é um amálgama das contribuições de Ausubel, Novak, Gowin e Moreira, além das pequenas contribuições de toda uma geração que com eles aprendeu a entender e gostar desta bela e frutífera *teoria da aprendizagem significativa*.

2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA



Fotografia 2 – O biólogo e educador Prof. Joseph Donald Novak.

Para Ausubel, o aluno aprende utilizando aquilo que já sabe, o que já tem na mente – conceitos, ideias e proposições que já conhece e domina cognitivamente. Portanto, não levar em conta aquilo que o aluno já sabe é, dentro do ponto de vista ausubeliano, ensinar de forma inadequada. No momento em que apenas se *supõe* que o aluno já sabe determinado assunto e se ensina com base nessa *suposição*, a probabilidade de que o ensino seja inadequado é grande. Na medida em que a aprendizagem de um determinado tópico requer o domínio de conceitos ou proposições que não foram bem aprendidos, essa aprendizagem ficará prejudicada e não poderá servir de base a outras. Inicia-se um processo que, na melhor das hipóteses, levará o aluno a memorizar o que lhe é ensinado (MOREIRA, 1983, p. 13-14).

Assim, supõe-se que na mente de cada indivíduo existe uma estrutura cognitiva que contém os conceitos, as ideias, as teorias que o indivíduo aprendeu e/ou construiu em sua interação com o mundo e com os outros indivíduos. A estrutura cognitiva é um veículo para representar e atuar sobre o mundo, sendo permanentemente modificada pela aquisição de novos conceitos, pelo refinamento dos conceitos existentes, pela realização de novas interligações entre conceitos, pelo esquecimento da informação temporariamente ali armazenada. Na mobilidade da estrutura cognitiva está o segredo da capacidade de aprender do ser humano. Aprender é mudar. Uma estrutura estacionária, fixa, imóvel, acabada, é incapaz de aprender, porque é incapaz de mudar diante das novas situações, frente à nova informação.



Fotografia 3 – O professor de Biologia D. Bob Gowin.

Para que um novo elemento seja aprendido, ele deve interagir com a estrutura prévia do aprendiz e ser ancorado em conceitos preexistentes nessa estrutura. Se a informação a ser aprendida não possui qualquer relação com os conceitos preexistentes, ou se esses não são claros, ou não são percebidos como relevantes pelo indivíduo, então essa informação é guardada de forma literal na estrutura cognitiva. Como não interagiu, não modificou a estrutura, quando chegar o tempo do esquecimento, nada mais restará sobre a informação. Só aquilo que modifica a estrutura cognitiva deixa sua marca no indivíduo. Só neste caso é que a nova informação está sendo aprendida *significativamente*.



Fotografia 4 – O físico e educador Prof. Marco Antonio Moreira.

Neste referencial, o conhecimento prévio assume um papel de grande relevância pois a premissa fundamental de teoria de Ausubel é que o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Em suas palavras:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo (*apud* MOREIRA, 1983, p. 18).

Nesta proposição Ausubel coloca em destaque que, para que a estrutura cognitiva preexistente influencie e facilite a aprendizagem subsequente, é preciso que seu conteúdo tenha sido aprendido de forma significativa, isto é, de maneira não-arbitrária e não-literal.

Do ponto de vista ausubeliano o ensino receptivo é o mais eficiente para fazer com que o aprendiz adquira um corpo de conhecimentos de maneira clara, estável e organizada. O objetivo do ensino em sala de aula é fazer com que o aprendiz adquira esse tipo de conhecimento, pois uma vez adquirido passa a ser o principal fator a influenciar a aquisição de novos conhecimentos na mesma área (MOREIRA, 1983, p. 16-17).

Contudo, determinar o que o indivíduo já sabe não é uma tarefa simples. Implica em penetrar na intrincada rede cognitiva que é sua mente, desvendar os conceitos, as ideias e as proposições que ali residem. Mais ainda, exige captar as conexões e as inter-relações entre esses elementos, ou seja, perscrutar a organização de sua estrutura cognitiva.

Todavia, talvez as implicações mais difíceis estejam na recomendação “ensine o indivíduo de acordo”. É preciso analisar e estruturar o conteúdo que vai ser ensinado, enfocando os conceitos relevantes e sua hierarquia interna, de modo a identificar desde os conceitos mais básicos até os mais gerais. A seguir, deve-se relacionar esse novo conteúdo com a informação preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz (supostamente já mapeada) para finalmente utilizar recursos didáticos que facilitem a aprendizagem significativa por parte do aluno. Evidentemente que esta não é uma tarefa trivial (MOREIRA, 1983, p. 18-19).

Mas, embora estas ideias não sejam fáceis de implementar, elas são capazes de explicar alguns fracassos nos métodos tradicionais de ensino e ainda apontar possíveis soluções, orientando a prática do professor. É uma teoria de aplicação imediata ao cotidiano da sala de aula convencional, onde predomina o ensino voltado para a aprendizagem receptiva, exatamente a estrutura educacional existente na maioria das disciplinas

universitárias, inclusive naquela onde se realizou esta pesquisa. E, apesar da pesquisa envolver a questão do laboratório, pois o foco é a integração entre as aulas teóricas e as aulas experimentais nas disciplinas de Física I, a ênfase da pesquisa não está nos recursos tecnológicos, no uso de equipamentos sofisticados ou em métodos de descoberta, mas no que se passa na mente do aluno enquanto ele aprende física – uma física que é construída a partir de duas facetas distintas, porém complementares: a teoria e a experiência.

2.3.1 Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica

Inicialmente seria possível diferenciar dois tipos de aprendizagem muito comuns em nossas salas de aula: a *aprendizagem significativa*, entendida como uma aprendizagem profunda e duradoura, e a *aprendizagem mecânica*, uma memorização efêmera. Tipicamente estes são os dois extremos de vários tipos de aprendizagens possíveis.

Quando novas informações adquirem significado para o indivíduo através da interação com seus conceitos, sendo por eles assimilados e contribuindo para sua diferenciação e estabilidade, a aprendizagem é dita *significativa*. Como esse tipo de aprendizagem é, para os cognitivistas, o principal mecanismo humano para adquirir e reter a vasta quantidade de informações de um corpo de conhecimentos, a aprendizagem significativa ganha um destaque central nesta teoria (MOREIRA, 1983, p. 15-16).

Visualizando a estrutura cognitiva como uma rede de elementos e conexões entre eles, cada elemento da rede adquire significado não só através de propriedades particulares, mas principalmente através das relações que mantém com outros elementos da estrutura. Cada novo conceito a ser aprendido deve, portanto, se ligar a um ou mais conceitos preexistentes para que venha a ser parte da rede, para que possa adquirir significado para o indivíduo. Se um novo conceito não se relaciona com nada do que já é conhecido pelo indivíduo, ou se o indivíduo não se dá conta de possíveis relações existentes, ele será armazenado temporariamente, de forma isolada e não significativa, sendo facilmente esquecido no futuro.

Assim, para ser aprendida significativamente, a nova informação precisa ser *ancorada* em algum conceito, ideia ou proposição já existente na estrutura cognitiva de quem aprende. O conceito que serve de ancoradouro é chamado de *subsunçor* e permite que a nova

informação adquira significado para o indivíduo. Observe-se que esse significado é fortemente dependente daquilo que o indivíduo aprendeu anteriormente. Por outro lado, novas informações servem não somente para dar significado a fatos novos, como também para modificar o que já foi aprendido. Em síntese, por um lado a nova informação precisa se agarrar a algo já compreendido para ganhar significado; por outro lado, ela interage com os elementos que lhe permitiram ser compreendida, modificando suas acepções originais.

A aprendizagem significativa caracteriza-se, pois, por uma interação, não uma simples associação, entre aspectos específicos relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através da qual estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira substantiva (não-arbitrária e não-literal), contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva (MOREIRA, 1983, p. 21).

Outra propriedade da estrutura cognitiva é que ela é uma rede hierárquica, com uma organização bem estabelecida, onde conceitos mais gerais e abrangentes ocupam posições superiores, a partir das quais conceitos menos inclusivos se ramificam e se diferenciam.

Na *aprendizagem mecânica*, as novas informações são aprendidas praticamente sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem se ligar a subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira literal e arbitrária, não interagindo com aquela já existente, pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação. O exemplo clássico da aprendizagem mecânica é a memorização de fórmulas, leis e conceitos, aprendidos na véspera da prova, que somente servem para este momento, sendo totalmente esquecidos algumas horas depois. O aluno até argumenta que estudou bastante, que “sabia tudo”, mas que não consegue resolver problemas ou questões que impliquem em usar e transferir esse conhecimento (MOREIRA, 1983, p. 22).

Há casos onde a aprendizagem mecânica pode ser desejável ou conveniente, ou ainda necessária como passo inicial para a aquisição de um novo corpo de conhecimento. Por exemplo, a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Isto mostra que na verdade as aprendizagens significativa e mecânica, antes de aspectos dicotômicos, assemelham-se mais a extremos de um *continuum*, onde a memorização de fórmulas estaria num extremo enquanto que a aprendizagem de relações entre conceitos estaria no outro.

Analisando a questão sob outro prisma, é possível comparar a *aprendizagem por descoberta*, em que o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz, com a *aprendizagem por recepção*, em que o conteúdo é apresentado ao aprendiz em sua forma final. Esses dois tipos de aprendizagem foram bastante discutidas no ensino de ciências há algumas décadas. O “método da descoberta” era defendido por educadores, como uma proposta concreta para um ensino centrado no aluno, especialmente no que se refere ao ensino experimental ou, em muitos casos, ao defender o ensino experimental frente ao ensino clássico, geralmente teórico e centrado no professor.

Do ponto de vista da teoria ausubeliana, contudo, ambas as metodologias podem resultar em aprendizagem significativa, bastando para isso que o novo conteúdo seja incorporado de forma expressiva à estrutura cognitiva. Ou seja, a aprendizagem por descoberta não é necessariamente significativa nem a aprendizagem receptiva é obrigatoriamente mecânica. Uma lei física pode perfeitamente ser aprendida significativamente sem que o aluno tenha que descobri-la. Em algumas situações, por exemplo as relacionadas com alguns aspectos experimentais ou em trabalhos com crianças em idade pré-escolar, é mais indicada a aprendizagem por descoberta. Contudo, a aquisição de grandes corpos de conhecimento provavelmente seria impossível sem a aprendizagem receptiva. De novo os enfoques constituem não uma dicotomia, mas situam-se ao longo de um *continuum* onde os extremos seriam a descoberta pura e a recepção pura (MOREIRA, 1983, p. 23-24).

2.3.2 Como favorecer a aprendizagem significativa

Para haver aprendizagem significativa, as novas ideias devem ser incorporadas à estrutura cognitiva do aprendiz de forma substantiva, não-literal, não-arbitrária, conectando-se a algum elemento (já significativo) que possa atuar como meio de suporte, seja ele um conceito, uma imagem, uma ideia, um símbolo ou uma proposição. Portanto, uma das condições para haver aprendizagem significativa é a existência de um subsunçor onde a nova informação possa ser ancorada.

A segunda condição é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não-arbitrária, não-literal, isto é, o material deve ser *potencialmente significativo*. Na verdade, esta condição não depende apenas do material em si, pois envolve além da natureza do material (lógica, coerência, ideias relevantes e bem articuladas), a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz (existência de subsunçores específicos com os quais o novo material pode ser relacionado) (MOREIRA, 1983, p. 25).

A terceira condição para haver aprendizagem significativa é que o aprendiz manifeste uma *disposição para aprender*, quer dizer, para relacionar de maneira expressiva, não-literal, não-arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Assim, ser potencialmente significativo é condição necessária, mas não suficiente, para a existência de aprendizagem significativa. Se o indivíduo quiser memorizar a informação literalmente, ele o fará, não importando quão significativo possa ser o material. Da mesma forma, se o material não for potencialmente significativo, não haverá disposição, por maior que seja, que consiga gerar aprendizagem significativa.

Na ausência de subsunçores numa determinada área de conhecimento, pode-se recorrer à aprendizagem mecânica até que o indivíduo adquira um mínimo de informações que possa ser consolidado, ou pode-se utilizar organizadores prévios. *Organizadores prévios* são materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, porém em um nível mais geral, abrangente, de maior abstração e inclusividade, do que esse material. Não são introduções ou resumos, porque estes geralmente são apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que segue, simplesmente destacando certos aspectos.

O uso dos organizadores prévios é apenas uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa. A principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara. Cabe ainda ressaltar que um organizador prévio não precisa ser necessariamente um texto escrito, podendo ser uma discussão, uma demonstração, ou ainda, um filme, dependendo da situação de aprendizagem (MOREIRA, 1983, p. 29-30).

Mas existem evidências da ocorrência da aprendizagem significativa? Como o professor pode saber se o aprendiz está realmente aprendendo significativamente?

Segundo Ausubel (*apud* MOREIRA, 1983, p. 36), a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. A avaliação dessa compreensão será falha se for pedido aos estudantes que relatem os atributos de um conceito ou os elementos essenciais de uma proposição, visto que os alunos se habituariam a memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e maneiras de resolver “problemas típicos”. Ausubel propõe, então, que ao se procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido.

2.3.3 A assimilação como mecanismo da aprendizagem

A aquisição e a organização de significados na estrutura cognitiva, segundo Ausubel, se dá através da assimilação. Por *assimilação* Ausubel entende um processo onde o novo material a ser aprendido interage com a estrutura cognitiva preexistente, sendo assimilado (ajustado, apropriado), ou seja, mesclando antigos e novos significados e favorecendo uma diferenciação dessa estrutura.

Novos significados são adquiridos através da interação do novo conhecimento com conceitos ou proposições previamente aprendidos. Essa interação resulta num produto, no qual não só o material novo é lido à luz dos subsunçores, como também os subsunçores adquirem novos significados à luz deste material, de modo que ambos ganham significados adicionais. Durante o período de retenção, ambas as informações coexistem na estrutura cognitiva e são dissociáveis. À medida que o processo de assimilação continua, entra-se na fase obliteradora, onde o material novo acabará por ser esquecido, restando apenas um resíduo: o subsunçor modificado. O *esquecimento* é visto como uma continuação do próprio processo de assimilação e não uma substituição abrupta de um traço por outro mais estável (MOREIRA, 1983, p. 40-42).

2.3.4 Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória

O processo em que a nova informação adquire significado através da interação com subsunçores, reflete uma subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente. Quando os conceitos e proposições potencialmente significativos são ancorados em ideias mais gerais e inclusivas, tem-se aprendizagem *subordinada*. Este tipo de aprendizagem aponta para o fato que a estrutura cognitiva possui uma organização hierárquica em relação ao nível de abstração, generalidade e inclusividade das ideias. É o que ocorre no aprendizado de um caso específico de um conceito já conhecido (p. ex., identificar uma força não familiar e incluí-la no conceito de força) ou na aprendizagem de uma extensão, modificação ou qualificação de um conceito ou proposição previamente aprendidos.

Na aprendizagem *superordenada* o conceito que vai ser aprendido é mais geral e inclusivo do que as ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva. Depois de assimilado, ficará hierarquicamente acima dos conceitos relacionados, subordinando-os. Como resultado deste tipo de aprendizagem ocorre uma síntese ou organização de partes da estrutura cognitiva. Um exemplo é a aprendizagem do conceito mamífero a partir dos conceitos cão, gato, leão, etc. (MOREIRA, 1983, p. 42-46).

Percebe-se, pelos exemplos mencionados, que a estrutura cognitiva caracteriza-se por um processo dinâmico, podendo ocorrer ora a aprendizagem subordinada ora a superordenada. O indivíduo pode estar aprendendo novos conceitos por subordinação e, ao mesmo tempo, estar fazendo superordenações.

Finalmente, quando a aprendizagem de proposições ou conceitos não guarda uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos e sim com conteúdo amplo, relevante de uma maneira geral, existente na estrutura cognitiva, ocorre a chamada aprendizagem *combinatória*. Um exemplo de aprendizagem combinatória é a aprendizagem da equivalência massa-energia, que não se subordina aos conceitos de massa e de energia, e tampouco é capaz de subordiná-los. Para aprender essa proposição o aprendiz deve ter um certo grau de conhecimento em física, além, é claro, de já ter adquirido os conceitos de massa e de energia (MOREIRA, 1983, p. 42-46).

2.3.5 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Quando um novo conceito ou proposição é aprendido por subordinação, isto é, por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor, este também se modifica. Os conceitos estão sendo constantemente elaborados, modificados, adquirindo novos significados, ou seja, estão sendo progressivamente diferenciados. A *diferenciação progressiva* de um conceito subsunçor é um processo bastante frequente na aprendizagem significativa, especialmente quando ela é do tipo subordinada (MOREIRA, 1983, p. 47-48).

Por outro lado, na aprendizagem superordenada ou na combinatória, ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem, por novas aprendizagens, ser reconhecidas como relacionadas. Assim, novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem se reorganizar e adquirir novos significados. Esta recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva, que permite resolver conflitos entre antigos e novos significados, é chamada por Ausubel de *reconciliação integrativa* (*ibid.*).

É importante salientar que toda aprendizagem que resulta em reconciliação integrativa resultará, também, em diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições. A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva do indivíduo, decorrente do processo de aprendizagem significativa.

Ambos os processos são dinâmicos, ocorrendo permanentemente na mente do indivíduo que aprende. Desse modo, mesmo quando o indivíduo aprende de forma receptiva ele não está passivo, mas participando de um processo cognitivamente ativo que é a aquisição de novos significados (*ibid.*, p. 47-48).

O desenvolvimento cognitivo é, portanto, um processo de intensa atividade no qual novos e velhos significados estão constantemente interagindo e resultando em uma estrutura cognitiva mais diferenciada que tende a uma *organização hierárquica*, na qual os conceitos e proposições mais gerais ocupam o ápice da estrutura e abrangem, progressivamente, proposições e conceitos menos inclusivos, assim como dados factuais e exemplos específicos.

2.4 A TEORIA DE EDUCAÇÃO DE GOWIN

Como os significados são adquiridos? Como são formados e reformados os significados enquanto o indivíduo aprende e cresce?

Gowin e Alvarez (2005) respondem que os significados são compartilhados com os outros indivíduos. Esta troca é a principal virtude dos seres humanos, a chave de sua evolução. Para estes autores, educar muda o significado da experiência. E, assim como a arte, a educação também muda a experiência do significado. Ensinar baseia-se em compartilhar significados. O diálogo permite testar as concordâncias e as divergências entre os indivíduos.

Há muitos modos de aclarar e explicitar significados. Pode-se recorrer à filosofia, por exemplo, já que ela é uma parte significativa da estrutura do conhecimento, capaz de desempenhar um papel importante no ensino.

As análises filosóficas conduzem a questões interessantes. O conhecimento é descoberto ou é construído? Fundamentalistas e construtivistas debatem o tema, defendendo calorosamente seus pontos de vista. Há também outras questões importantes: A ciência pode ser neutra, livre de valores? Na ciência, as teorias realmente guiam as práticas de pesquisa científica? Se a pesquisa for guiada pelo método, ao invés de ser guiada pela teoria, falhará?

Para estes pesquisadores, educar é um processo de intervenção deliberada nas vidas dos estudantes a fim de *mudar* o significado da experiência. Eles *entendem que o conhecimento é uma construção humana*. O conhecimento não é descoberto. O carvão, por exemplo, é descoberto. Já o conhecimento sobre o carvão é uma construção humana. Seres humanos fazem conhecimento a partir de sua experiência, sua prática. Eles tentam dar sentido à sua experiência imediata (direta) ou mediada (indireta).

Assume-se que organismos organizam. Organismos humanos organizam significados. Educar é direcionar a experiência humana. É prático, interessa-se pela solidariedade, pela bondade humana. É também produtivo, conectado à beleza. Provê uma abordagem testada dos muitos modos de integrar os diversos aspectos dos eventos humanos.

Gowin e Alvarez (2005) propõem um referencial de ideias para conceitualizar os fenômenos educativos. “Usando esta concepção de conhecimento”, reiteram os autores,

“sabemos que os estudantes aprendem e também aprendem como aprender”. Para estes educadores, aprender torna-se auto-aprender. Educar torna-se auto-educar, reeducar-se, tornar-se autodidata. É um processo contínuo de trabalhar e retrabalhar, estruturando e reestruturando as qualidades da experiência humana ao interagir com a natureza. A educação ajuda a trazer para o domínio consciente as capacidades, o mundo e, em especial, a integração próspera de pensar, sentir e agir.

Educar, enquanto teoria, focaliza o evento educativo, relacionando os conceitos e fatos que dizem respeito a um tópico de pesquisa. A teoria é útil para organizar os aspectos relevantes do evento. Em um evento educativo, professores e aprendizes compartilham significados e sentimentos, o que acarreta uma mudança na experiência humana. A teoria de Gowin privilegia a experiência dos aprendizes na instrução.

Gowin e Alvarez (2005) propõem utilizar o diagrama Vê porque ele enfatiza diversos aspectos do aprender e do significar. O Vê é um instrumento que ajuda a entender e aprender. Nesta teoria de educação, o diagrama Vê é um dispositivo fundamental. O Vê é um método concebido para planejar, executar e finalizar investigações de pesquisa, analisar documentos e auxiliar professores a planejar suas aulas. É útil também para os estudantes aprenderem os objetivos das aulas e entenderem as avaliações. Os quatro lugares-comuns da educação (ensino, aprendizagem, currículo e contexto⁴) são examinados e estão evidenciados nos componentes dispostos no diagrama Vê.

O conhecimento tem uma estrutura de partes e relações entre as partes. O diagrama Vê é um instrumento projetado para mostrar, desvendar, a estrutura do conhecimento de um dado documento, programa ou evento. O diagrama Vê revela a informação de forma a educar a mente para pensar e examinar criticamente a estrutura do conhecimento de um trabalho. Sua proposta é evocar o pensamento de modo que novas ideias se conectem à informação anterior e possam ser aprendidas. Muito do que se lê, vê e ouve está refletido nos seus registros de algum evento passado. O mesmo se aplica às situações escolares, quando os estudantes precisam aprender registros de eventos que já aconteceram. Raramente eles são convidados a se engajar no processo enquanto ele está ocorrendo, aprendendo a registrar o fato no momento em que ocorre. Após esta vivência seria muito mais fácil aprender algo que vai além do

⁴ Aqui “contexto” está sendo utilizado de modo amplo, permitindo abarcar tanto as questões administrativas ligadas ao ensino, como as políticas públicas, além de influências sociais de todo tipo.

conhecido, estar-se-ia autorizado a partir para um aprendizado novo, real ou possível de imaginar.

O Vê é um símbolo do conhecimento que é construído. Ele surge como um dispositivo heurístico para analisar asserções de conhecimento científicas. O vértice do Vê aponta para um acontecimento da realidade, dando-lhe destaque. Eventos e objetos científicos são as principais referências das asserções de conhecimento sobre a realidade. A ciência trata da realidade, que não é ciência. Ciência é entender a realidade, os eventos e os objetos que compõem as realidades universais.

A ciência é muito mais do que o método científico zelosamente aplicado. Alguns têm defendido que o método científico será aperfeiçoado com o uso. Para Gowin, este ponto de vista é falho. Sua posição é diferente. Para ele, é a análise crítica de trabalhos científicos, assim como a análise de poemas, romances, filmes ou pinturas, que produzirá os critérios de excelência que cada campo precisa. Costuma-se ler críticas de arte, de cinema ou críticas literárias quase diariamente. Embora menos populares, as críticas científicas têm cumprido papel semelhante.

A ciência é menos popular que o entretenimento e as artes. Mas tanto as artes como as ciências estão presentes na educação avançada. A crítica literária, bem feita, é difícil, técnica e necessária. Gowin e Alvarez (2005) defendem que a crítica científica também pode ser. Da análise de casos e contra-exemplos, gradualmente formulam-se critérios específicos de excelência. Há anos, pesquisadores e colaboradores vêm examinando milhares de trabalhos científicos.

O diagrama Vê foi inventado em 1977, em um seminário sobre ensino de ciências na Universidade de Cornell. É resultado de anos de análises de trabalhos específicos. O instrumento heurístico foi inventado pelo Prof. D. Bob Gowin e foi publicado em 1981 como “Vê de Gowin”. Vários pós-graduandos e grupos de pesquisa adotaram, adaptaram e expandiram o uso dos diagramas Vê, assim como o dos mapas conceituais (*ibid.*).

A heurística Vê foi desenvolvida para possibilitar que os estudantes entendam a estrutura do conhecimento (explicitando redes relacionais, hierarquias e combinações) e entendam o processo de construção do conhecimento. A hipótese fundamental é que o conhecimento não é absoluto, mas antes que é dependente de conceitos, teorias e

metodologias através das quais se vê o mundo. Para aprender significativamente, os indivíduos relacionam o novo conhecimento aos conceitos e proposições que eles já conhecem. O diagrama Vê auxilia os aprendizes neste processo de pensamento, atuando como um instrumento metacognitivo. Isso requer que os usuários automonitorem seu progresso fazendo conexões explícitas entre a informação previamente aprendida e a recentemente adquirida.

O diagrama Vê pode mediar o planejamento conceitual e metodológico da pesquisa e a respectiva prática. Visto que o conhecimento não é descoberto, mas construído pelas pessoas, ele tem uma estrutura que pode ser analisada. O Vê ajuda a identificar os componentes do conhecimento, clarificar suas relações e apresentá-los de modo claro e visualmente compacto.

Muitas das possíveis aplicações do Vê na educação incluem usá-lo para guiar projetos de pesquisa, analisar relatórios de pesquisa, livros de texto e material curricular, inclusive aqueles usados para desenvolver e aperfeiçoar o planejamento de eventos educativos. Também auxilia o público a entender uma obra de pesquisa. O aspecto excitante de usar o Vê é que ele ajuda a ver mais claramente como o conhecimento é construído, uma característica que é engrandecedora, útil e permanente.

Em síntese, as ideias centrais propostas por Gowin são:

- É preciso encarar o aprendiz como um *ser ativo*, não-passivo – o estudante deve ser *responsável* por procurar captar os significados que devem ser aprendidos.
- É necessário proporcionar *tempo* suficiente para que os significados sejam negociados.
- O professor atua intencionalmente para mudar o significado da experiência do estudante. O professor é responsável por providenciar materiais e métodos que os aprendizes possam relacionar com sua experiência. O objetivo é viabilizar a *negociação de significados* entre professor e aprendiz. Aprender é conectar o novo ao velho. Fatos não se explicam sozinhos. A compreensão conceitual leva a explicações satisfatórias do que está acontecendo.
- Integrar pensar, sentir e agir consome tempo e exige *prática*. Enganos ocorrerão. Questões interessantes surgirão. É preciso paciência e tolerância.

2.5 DIAGRAMAS VÊ NAS AULAS DE LABORATÓRIO

Um dos usos mais comuns dos diagramas Vê é na preparação de projetos de pesquisa, como foi feito no capítulo anterior ao apresentar o Vê do estudo final desta dissertação. Nas aulas de física, seu uso será adaptado para relatar os experimentos realizados nas aulas de laboratório e também como auxiliares na leitura e no entendimento de textos.

Ao utilizar o diagrama Vê para relatar um experimento em física, uma série de passos essenciais ao trabalho científico será explicitado ao aluno. Espera-se, por exemplo, que ele possa perceber como se faz ciência.

A Figura 2 mostra um Vê esquemático entregue aos alunos na aula experimental. No Anexo A são apresentados dois exemplos trabalhados com os alunos em aula. A confecção do Vê inicia com as questões-chave que motivaram o experimento. Saber o que se está investigando é um passo fundamental na pesquisa científica. Toda investigação começa com uma pergunta, com uma inquietação. Assim também a aula experimental. É necessário definir o objetivo do experimento e isto é feito através de uma ou mais perguntas: as questões-foco.

A *questão-foco* (questão-chave) sempre se refere a um evento ou a um objeto. Na aula experimental pretende-se investigar algum fenômeno físico, utilizando uma determinada montagem experimental, um determinado equipamento. Esse será, então, o *evento/objeto*.

Concluída a parte central do Vê, o aluno precisa construir os dois lados do mesmo. A questão-foco conecta esses dois lados da pesquisa: o conceitual e o metodológico. A pergunta liga o pensar e o fazer, faz interagir esses dois domínios.

O lado esquerdo, o domínio conceitual, representa o *pensar* da experiência. O estudante é levado a perceber a existência prévia desse arcabouço conceitual. Sem conceitos, sem princípios, sem teorias, como interpretar uma medida? Seria possível planejar, executar, decidir ou interpretar dados experimentais senão à luz de pressupostos, de expectativas, de ideias prévias? A própria concepção que considera importante a experimentação em física, não é ela também uma visão de mundo, um pressuposto compartilhado por toda a comunidade científica?

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - FÍSICA I
VÊ EPISTEMOLÓGICO: APRESENTAÇÃO

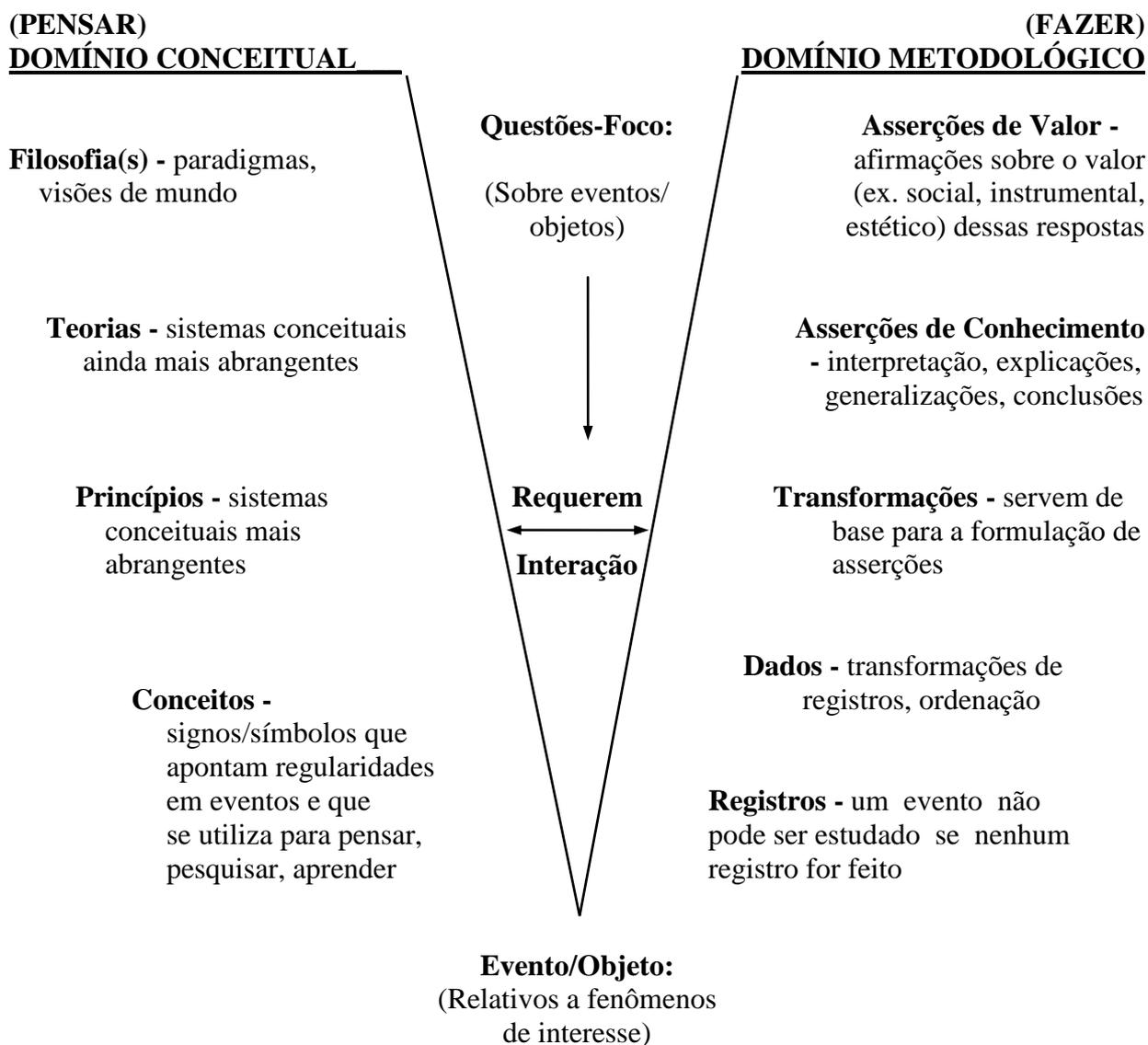


Figura 2 – Apresentação esquemática do diagrama Vê.

O domínio conceitual do Vê é composto basicamente de quatro níveis. Inicialmente, identificam-se os *conceitos* físicos relevantes na particular experiência que se está relatando, se possível ordenando-os hierarquicamente. A seguir listam-se os *princípios*, que nada mais são do que redes de conceitos, conexões entre conceitos. Estes princípios estão organizado em estruturas mais amplas, as *teorias*, que, por sua vez, se inserem dentro de *filosofias*, estruturas ainda mais gerais e abarcativas. Portanto, deve-se identificar os pressupostos teóricos envolvidos na experiência, bem como a visão de mundo que está por trás da aula de laboratório.

Concluído o domínio conceitual, migra-se para o lado direito do Vê, o *fazer* da experiência. No domínio metodológico serão descritos ou anexados, de forma sintética, os *registros* obtidos (dados em forma bruta, como, por exemplo, pontos numa folha de papel), os *dados* (refinamento obtido dos registros, como medidas de comprimento, valores organizados em tabelas) e as *transformações dos dados* (cálculos, médias, gráficos). Mas organizar e transformar os dados não basta. É preciso responder as questões-foco. E avaliar criticamente essas respostas, assim como o que ficou em aberto.

A partir dos dados experimentais, devidamente transformados, são formulados enunciados, procurando responder às perguntas que motivaram a experiência. As *asserções de conhecimento* são respostas às questões-chave iniciais. São o principal produto da investigação prática, o conhecimento procurado. Aqui evita-se utilizar o termo “conclusão”, porque tais asserções não tem a conotação definitiva que impregna a palavra conclusão. O conhecimento produzido é sempre um conhecimento provisório, momentaneamente válido, enquanto não é substituído por outro melhor.

À parte, toda experiência tem seu valor, sua finalidade, sua utilidade. O aluno vai descrevê-la na *asserção de valor*. Para que serviu a experiência? No caso das aulas experimentais, esse item foi respondido de forma bastante pessoal, embora alguns alunos tenham se esforçado para ver utilidades mais abrangentes do conhecimento produzido, como é de praxe no caso de investigações científicas reais.

Finalmente, toda investigação, procurando responder às perguntas de partida, acaba sempre esbarrando em novas inquietações. Cada resposta obtida deixa para trás novas questões, não-investigadas, não-solucionadas. Pelo menos uma delas deve ser apontada como *nova questão-foco*. Esta questão seria o ponto de partida para uma pesquisa posterior, para uma continuação do trabalho investigativo.

A título de ilustração, a Figura 3 apresenta o Vê de Gowin, construído pela professora, para a experiência de movimento retilíneo uniformemente variado. Em capítulos posteriores serão apresentados também diagramas Vê construídos pelos estudantes.

Após esta incursão pela teoria da aprendizagem significativa e pelos diagramas Vê, chegou o momento de avaliar as contribuições que a epistemologia pode dar para este projeto de pesquisa.

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - FÍSICA I
EXPERIMENTO: Carrinho desce uma rampa sem atrito

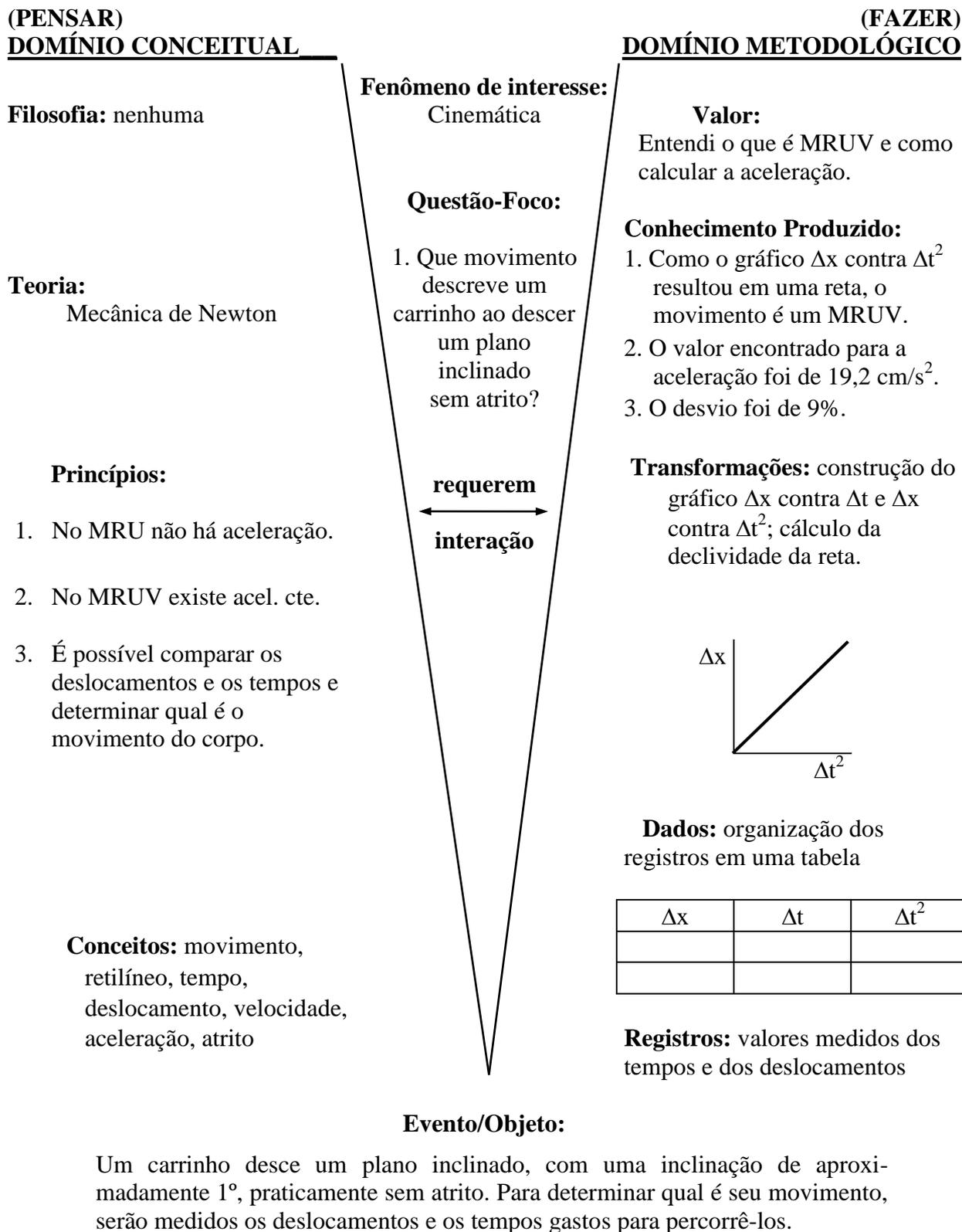


Figura 3 – Diagrama Vê para um experimento de cinemática – Elaborado pela professora.

APORTES EPISTEMOLÓGICOS

“Filosofar é duvidar.”

Michel de Montaigne

*“A mentira é uma verdade
que esqueceu de acontecer.”*

Mario Quintana, poeta gaúcho

3 APORTES EPISTEMOLÓGICOS

No capítulo anterior defendia-se que sempre que se aprende algo novo, o aprendiz utiliza seu conhecimento significativo prévio. Isso também ocorre com os pressupostos sobre o ensino e o fazer ciência. Os estudantes de ciência e os cientistas vêem o mundo (e a própria ciência) à luz de seus pressupostos e utilizando seus próprios holofotes mentais (princípios, teorias e filosofias). Mas qual será a visão de ciência de estudantes e pesquisadores? Agirão eles de acordo com o que acreditam ser a forma correta de proceder em ciência? E os professores de ciência, como conduzirão sua prática e que ideias propagarão?

Sempre há uma concepção epistemológica subjacente a qualquer situação de ensino. Nem sempre ela é explicitada e muitas vezes é assumida tácita e acriticamente. Neste capítulo serão apresentadas algumas noções sobre a ciência e um pouco do entendimento atual sobre como ela é elaborada pelos cientistas.

A visão de ciência tem se modificado à medida que o conhecimento avança, embora alguns pontos possam se manter mais ou menos inalterados por certo tempo. Para subsidiar epistemologicamente a pesquisa serão discutidas algumas ideias de filósofos consagrados do século XX como Popper, Kuhn e Feyerabend. Não se trata aqui de tentar aliar ou justapor posições epistemológicas divergentes. Pretende-se apenas fazer um recorte das ideias centrais, em especial aquelas que são compartilhadas por estes filósofos da ciência, principalmente a crítica às concepções empiristas-indutivistas ingênuas sobre o trabalho científico.

3.1 O CONCEITO DE CIÊNCIA E SUA EVOLUÇÃO

Uma definição breve para a ciência pode ser obtida consultando o verbete no dicionário.

Segundo o Aurélio, *ciência* é o

conjunto de conhecimentos socialmente adquiridos ou produzidos, historicamente acumulados, dotados de universalidade e objetividade que permitem sua transmissão, e estruturados com métodos, teorias e linguagens próprias, que visam compreender e, poss., orientar a natureza e as atividades humanas (FERREIRA, 2004).

Esta afirmativa, como facilmente se percebe, está impregnada da visão atual do fazer ciência. Embora a universalidade e a objetividade sejam características atemporais, em outro momento histórico a ciência foi compreendida de maneira diversa. Ao invés de conhecimento *socialmente produzido*, a ciência seria definida como o conhecimento *descoberto* por indivíduos dedicados e geniais – os cientistas – de como a natureza se comporta. As leis científicas – entendidas então como leis definitivas, não teorias provisórias – seriam obtidas através do uso *do método* científico, um método detalhado e único para atingir a verdade. A verdade se daria a conhecer quando mentes despojadas de preconceitos se dedicassem a realizar experimentos minuciosos e a repeti-los exaustivamente. Os experimentos dariam o *veredicto* sobre a verdade das teorias e as leis científicas assim descobertas seriam um retrato fiel da *realidade*, não sendo, portanto, passíveis de serem revisadas ou substituídas por outras teorias melhores. O conhecimento científico seria, então, o *acúmulo* de tais leis, que não eram propriamente um produto humano, uma vez que emergiriam da realidade e seriam simplesmente “captadas” pelos pesquisadores.

A definição atual de ciência é bastante diferente. Leva em conta a existência de diversos métodos, teorias e linguagens aceitas, além de explicitar que a ciência é produto não de indivíduos isolados, mas do trabalho e da interação de toda uma comunidade de investigadores. Mais ainda, explicita que as teorias são construídas para explicar e compreender a natureza e as atividades humanas, portanto tem caráter tentativo e provisório, podendo ser substituídas por teorias com maior poder explicativo à medida que a pesquisa avança. Os dados experimentais, por sua vez, continuam sendo uma parte importante da ciência, mas não têm a capacidade de sozinhos validar ou impugnar teorias, pois sua obtenção e validação também faz uso de teorias sobre o *design* do experimento e os instrumentos de medida utilizados, por exemplo.

Em síntese, percebe-se que, ao longo do tempo, vários elementos presentes na ciência se modificaram e que até mesmo o fazer ciência se transforma, evolui. Logo, embora central, a questão “O que é a ciência?” é apenas a primeira de várias questões relevantes, a saber: Como

a ciência teve origem? Como evoluiu através dos tempos? Como chegou até a chamada ciência “moderna”? Existe uma ciência “contemporânea”, diferente da ciência antiga e da ciência moderna? Em que medida e de que forma o ensino de física deve explicitar tais conhecimentos sobre o fazer física?

Para examinar estas questões é preciso valer-se do conhecimento filosófico. Uma das tarefas da filosofia é examinar a natureza das teorias científicas bem-construídas. A epistemologia, em especial, enquanto ramo que se ocupa da teoria da ciência, visa a explicar os condicionamentos do conhecimento científico (sejam eles técnicos, históricos ou sociais, sejam lógicos, matemáticos ou linguísticos), sistematizar as suas relações, esclarecer os seus vínculos, e avaliar os seus resultados e aplicações. A epistemologia pode, portanto, ajudar a encontrar respostas para as questões colocadas. Mas, antes de se aprofundar na epistemologia, é importante recorrer a um pouco de história para compreender como a ciência atual teve origem e evoluiu.

3.1.1 O abandono do mito e a invenção da teoria

A ciência, tradução latina de *episteme*, guardou apenas alguns traços do significado original da palavra grega. A *episteme* teve seu berço nas cidades gregas da Jônia, território da atual Turquia, por volta do século VI a.C., e surgiu como um tipo particular, absolutamente inusitado, de saber, principalmente por duas razões: o abandono do mítico e do divino nas explicações; e o surgimento da teoria, a elaboração de explicações pelo próprio pensamento humano.

Ao contrário de todas as formas de sabedoria antiga, não se recorria, nesse novo tipo de saber, ao auxílio dos deuses ou espíritos superiores para se conseguir a solução de um problema posto. Não se consultavam oráculos, não se faziam aruspícios, nem se recorria a quaisquer sinais vindos do além. A sabedoria não vinha sob a forma de nenhum tipo de revelação ou palavra sagrada (VARGAS, 1978, p. 16).

A mente humana, com sua capacidade de esquematizar situações problemáticas, consegue extrair regularidades comuns a outras situações e outros contextos, produzindo

conhecimento. Mas, para que o próprio pensamento humano fosse entendido como capaz de formular hipóteses e teorias, era necessário que a natureza pudesse ser vista como tendo uma unidade eterna e imutável, a despeito de seus aspectos cambiantes. É assim que surge, nesta época, o conceito “*physis*” – natureza – constantemente mutável, mas que, no fundo, guarda um núcleo subjacente, permanente e imutável que perdura sempre, embora, aparentemente, aspectos seus se modifiquem. A aparência é frívola, enquanto que a substância é persistente. As folhas verdes no verão e as folhas queimadas no inverno carregam uma única substância; pertencem à mesma árvore. A teoria é justamente a tentativa de se apropriar do substrato imutável e eterno que existe por trás das aparências, sobre o qual é possível chegar a conclusões definitivas, não-dependentes de características mutáveis (VARGAS, 1978, p. 17).

É obra dos gregos a criação da ciência e das primeiras teorias científicas em física, astronomia, biologia e ciências humanas. Contudo, o mais valioso legado dos gregos às civilizações atuais foi a invenção da *teoria*, sem a qual as atuais ciências não poderiam existir.

3.1.2 O método científico

Somente no século XVI desta era é que o saber que os gregos chamavam de *episteme* se converteu naquilo que hoje denomina-se *ciência*, com a introdução de uma terceira característica essencial: o método. Naquela época, chegou-se à conclusão que, para se alcançar a verdade, não era suficiente prosseguir no desenrolar lógico de um esquema teórico. Era necessário um guia, um método, que, independente de qual fosse, partiria sempre da premissa de que o intelecto seria capaz de enganar-se a si mesmo. O mundo está cheio de aspectos enganosos, duvidosos e obscuros, os quais se introduzem nos esquemas teóricos e falsificam as conclusões (*ibid.*, p. 18-19).

Três foram os principais métodos de procura da verdade, que deram origem à nossa atual ciência: o experimental, o postulacional e o classificatório.

O método experimental, criado por Galileu, procurava obter as leis matemáticas existentes por trás dos fenômenos cambiantes da natureza. Os cientistas podem ter acesso às fórmulas escritas por Deus, desde que decidam deixar de lado seus preconceitos e emoções.

Galileu descreve seu método:

Primeiro, ‘concebo com a mente’. Uma vez concebido o fenômeno, interrogo a natureza por meio de uma experiência de laboratório, para saber se o que concebi é verdadeiro ou falso. A natureza jamais revela suas leis matemáticas por meio da experiência. Ela simplesmente responde à pergunta do experimentador, com um curto *sim* ou um abrupto *não* (*apud* VARGAS, 1978, p. 19, grifos do autor).

O tipo de experiência proposto por Galileu, vale a pena frisar, não é uma vivência pessoal, mas algo restrito, controlado e que pode ser reproduzido. O método experimental predominou na física clássica até o século XIX.

O método postulacional, apresentado por Descartes no livro *Discurso do Método*, aconselha a procurar-se a verdade, primeiramente pela intuição e pela dúvida sistemática, até chegar a uma ideia clara e distinta, da qual não é mais possível duvidar, e a partir da qual seria possível desenvolver todo um raciocínio rigorosa e logicamente válido. Este método prima pelo pensamento racional e matemático. Nele, acredita-se que a mente é, por si só, instrumento suficiente para atingir a verdade (VARGAS, 1978, p. 20-21).

Finalmente, no terceiro método, Francis Bacon, ao contrário de Descartes, afirma que a mente não é instrumento capaz de, por si só, chegar à verdade. Somente a experiência sensível, entendida como uma observação de fatos feita por um observador cuidadoso, deixando de lado todo e qualquer preconceito, é capaz de levar à verdade. O método baconiano consiste na classificação, de presença, ausência e graduação, de algum aspecto relevante do fenômeno, de alguma aparência ou de algum conceito. Utilizado largamente na zoologia, botânica e mineralogia, propõe que qualquer objeto observado seja classificado em um grupo, o qual exhibe uma determinada característica típica, ausente em todos os outros grupos ou classes (*ibid.*, p. 21).

Os trabalhos de Galileu e Newton, e toda a física clássica que veio a seguir, tiveram uma repercussão inimaginável para o futuro das demais ciências. A explicação mecanicista dominou o pensamento dos séculos seguintes, tornando-se modelo para todos os trabalhos científicos. O modelo mecanicista foi além, ultrapassou os limites da ciência e dominou por completo a filosofia do século XVIII e de parte do século XIX (*ibid.*, p. 23).

3.1.3 A ciência no início do século XX

Duas correntes de pensamento sucederam o modelo mecanicista, aparecendo no século XIX e início do século XX: a primeira, dos idealistas alemães, repudiou o modelo mecanicista e proclamou a separação completa da filosofia e da ciência; a segunda, dos positivistas lógicos, contrariando a corrente idealista, procurou subordinar toda especulação filosófica ao modelo das ciências.

A segunda corrente, por seu turno, teve forte impacto na própria ciência deste período. A ciência deve uma de suas atuais características aos positivistas lógicos: o seu critério de verdade. Para ser aceita, uma teoria científica, embora desenvolvida metodicamente, tem que sofrer o teste da verificação das suas conclusões pela adequação com a realidade objetiva, com o experimento. A *verificabilidade* passou, então, a ser adotada como a quarta característica das ciências (VARGAS, 1978, p. 24). Em seção posterior ver-se-á que o filósofo da ciência Karl Popper contestará essa suposta característica das leis científicas ao mesmo tempo que proporá um critério alternativo para uma teoria ser considerada científica: a refutabilidade.

A teoria newtoniana se firmou como parâmetro científico em outro aspecto: focalizou os aspectos mensuráveis e as aparências determinantes, restringindo-se ao conhecimento dos fenômenos. Os desenvolvimentos posteriores da física e das outras ciências tiveram um papel fundamental na constatação que as “verdades” científicas, embora corroboradas pelos fatos, são sempre relativas, por se referirem sempre a fenômenos, medidas e determinações necessariamente condicionados. A mudança do contexto de verificação pode alterar completamente a “verdade” de uma afirmativa (*ibid.*, p. 24-25).

No início do séc. XX, o aparecimento da teoria da relatividade e da mecânica quântica, apontou mudanças significativas no entendimento da ciência. Ambas as teorias prevêm que a observação científica modifica o fenômeno observado. No macrocosmo, a teoria da relatividade diz que todas as grandezas físicas dependem das condições de movimento do referencial do observador. No microcosmo, o princípio de Heisenberg nos diz que é impossível vir a conhecer simultaneamente todas as grandezas físicas de uma partícula, pois que o próprio ato de observação modifica algumas dessas grandezas (*ibid.*, p. 26-27).

3.1.4 A ciência contemporânea

O último século firmou-se como um período altamente tecnológico. A ciência, parceira da tecnologia que move o mundo atual, tem sido apontada como a solução para os problemas humanos. A investigação científica levou à cura de doenças, à conquista do espaço, à globalização, ao entendimento de mecanismos, ao desenvolvimento de produtos e processos e à obtenção de respostas para inúmeras questões. Esse sucesso tem levado a uma supervalorização da ciência frente a outras formas de conhecimento, como os saberes artístico, histórico, filosófico e religioso, porquanto formas peculiares do homem situar-se no mundo. Os seres humanos esperam que a ciência resolva todos os problemas – incluindo questões muito mais amplas que dependem não apenas de conhecimento, mas também de escolhas, atitudes e ações individuais e coletivas – como a poluição, a devastação ambiental, a escassez de recursos e as desigualdades sociais. Ignoram-se os limites e as limitações da investigação científica. Não se trata de diminuir a importância da ciência, nem de desvalorizá-la, mas de colocar a questão na devida perspectiva.

Nesse sentido, é preciso entender-se a ciência como um produto humano e, portanto, falível e questionável. Conhecer é representar a realidade. Mas a ciência é apenas uma forma de conhecimento, não a única. Existem outras formas de saber e de representação da realidade, nem mais nem menos importantes que a ciência. Algumas dessas outras formas, classificadas hoje como não-ciência, há milênios permeiam a vida dos seres humanos, enquanto a ciência recém se faz presente no cotidiano. Por séculos, a vida humana esteve muito mais ligada à arte (em suas várias manifestações: pintura, música, teatro, etc.), à religião, à literatura e ao mito. Agora é possível que a ciência, ou melhor, que os produtos tecnológicos associados à ciência estejam atuando sobre o homem de uma forma jamais vista anteriormente. A ciência contemporânea vem assumindo um papel essencial na vida das pessoas. Por isso, neste início do terceiro milênio, compreender melhor a ciência, entender suas potencialidades e suas limitações é de suma importância. Faz parte desse entendimento relativizar algumas crenças exageradas a respeito da ciência, até para que possíveis consequências indesejáveis do avanço científico possam ser neutralizadas, caso a sociedade decida exercer seu controle sobre determinadas pesquisas científicas.

Um pesquisador que tem buscado divulgar a história da ciência ao mesmo tempo em que procura desmitificá-la é o geólogo e paleontólogo Stephen Jay Gould. Em seus livros, relata exemplos detalhados de como, em vários episódios científicos, cientistas e comunidades de pesquisadores se deixaram influenciar pelas suas crenças, chegando ao extremo de corroborar resultados ilegítimos, que nada mais eram do que seus arraigados preconceitos, e que posteriormente se mostraram totalmente equivocados.

Em *A Falsa Medida do Homem*, Gould (1991) discute minuciosamente alguns estudos psicológicos que tentaram mostrar uma relação entre raça, inteligência (avaliada através de medidas do crânio e do QI) e criminalidade. Tais pesquisas, na época publicada em revistas científicas conceituadas, visavam demonstrar que os brancos são mais capazes e inteligentes que negros, índios e pardos, além de terem menos tendências homicidas. Gould refaz algumas destas pesquisas e apresenta evidências sobre como as crenças destes psicólogos interferiram em seu trabalho científico, alterando metodologias e, em alguns casos, fazendo-os chegar até mesmo à fraude de dados experimentais.

Para Gould (1992, p. 5) a ciência *não* é uma marcha inexorável em direção à verdade, mediada por uma coletânea de informações objetivas e pela destruição de superstições antigas. Os cientistas, como todos os seres humanos, refletem inconscientemente em suas teorias as restrições políticas e sociais de sua época. Por exemplo, por serem membros privilegiados da sociedade, os cientistas podem se sentir tentados a justificar os arranjos sociais existentes como se fossem biologicamente preordenados.

Outro tipo de relação importante entre a ciência e a sociedade aparece na dificuldade de aceitar determinadas teorias quando estas contradizem a filosofia vigente, mesmo havendo fortes evidências a favor da ciência, e nas profundas implicações filosóficas para o ser humano e a sociedade decorrentes da adoção de novas teorias científicas. Para ser aceito, o legado de Darwin precisou que o *Homo sapiens* abandonasse a visão criacionista e tomasse consciência que ele não é o produto de uma escada (predestinada) que desde o início sobe diretamente em direção ao seu estado atual. O entendimento do darwinismo, de que o ser humano é tão-somente a ramificação sobrevivente de um arbusto outrora exuberante, trouxe de volta a humildade à humanidade (*ibid.*, p. 55).

Segundo Gould (1992, p. 62), os seres humanos, em termos biológicos, são eminentemente animais que aprendem. Não são particularmente fortes, velozes ou bem

desenhados; não se reproduzem rapidamente. Sua vantagem está no cérebro, com sua notável capacidade de aprender através da experiência. Para aperfeiçoar este período de aprendizagem, a infância foi alongada, atrasando a maturidade sexual e o desejo adolescente de liberdade e independência. As crianças humanas ficam mais tempo com os pais, aumentando o período de aprendizagem e reforçando os laços familiares.

Estas características humanas, principalmente a curiosidade e a aprendizagem, foram fundamentais para a criação da ciência, para elaborar hipóteses e querer testá-las. O conhecido geólogo Charles Lyell dizia que “uma hipótese científica é elegante e excitante desde que contradiga o senso comum”, quer dizer, é mais intrigante quando o que se afirma é inesperado (*apud* GOULD, 1992, p. 117).

Portanto, o pensamento criativo em ciência não é uma coleção mecânica de fatos e induções teóricas, mas um complexo processo envolvendo intuição, preconceito e *insight* em outras áreas. A ciência, no seu apogeu, interpõe o julgamento e a engenhosidade humanos em todas as suas atuações. Afinal de contas, ela é praticada por seres humanos, embora às vezes esqueça-se disso (*ibid.*, p. 119).

A maioria dos cientistas afirma – ou pelo menos defende para consumo público – que sua profissão marcha em direção à verdade pela acumulação cada vez maior de dados, guiada por um procedimento infalível chamado “método científico”. Sabe-se, entretanto, que novos fatos, coletados à moda antiga, sob a tutela de velhas teorias, raramente levam a qualquer revisão substancial do pensamento. Os fatos não “falam por si só”; são lidos à luz da teoria. O pensamento criativo, tanto na ciência quanto nas artes, é o motor para a mudança de opinião. A ciência é uma atividade humana quintessencial, não uma acumulação mecanizada, robotizada, de informações objetivas capazes de levar, pelas leis da lógica, a interpretações inevitáveis. O “impossível” é normalmente definido pelas teorias vigentes, não é dado pela natureza. Teorias revolucionárias desenvolvem-se no inesperado (*ibid.*, p.158).

Para analisar criticamente as motivações dos cientistas para a investigação, Gould (1992) relembra seus sonhos juvenis de se tornar cientista:

Adolescente romântico, eu acreditava que minha futura vida como cientista estaria justificada se eu conseguisse descobrir um único fato novo e acrescentar um tijolo no luminoso templo do conhecimento humano. A convicção era bastante nobre; a metáfora, bem tola. Entretanto, ela ainda governa a atitude de muitos cientistas com relação a seu trabalho.

Dentro do modelo convencional de “progresso” científico, começa-se na superstição ignorante e caminha-se em direção à verdade final através de uma acumulação sucessiva de fatos. Mas, a ciência não é uma perseguição desalmada de informação objetiva. É uma atividade humana criativa, onde seus gênios agem mais como artistas do que como processadores de informações. As mudanças que ocorrem nas teorias não são simples resultados derivados de novas descobertas, mas um trabalho de imaginação criativa influenciado por forças contemporâneas sociais e políticas. É por isso que não se deve julgar o passado através das lentes anacrônicas das próprias convicções, aclamando como heróis cientistas, que hoje são considerados certos, valendo-se de critérios que nada têm a ver, em sua época, com as suas preocupações (GOULD, 1992, p. 199).

Para Gould (1992, p. 208), os debates travados sem a existência de provas são os mais reveladores da história da ciência, já que na ausência de restrições factuais, os preconceitos culturais que afetam todo o pensamento (e que os cientistas tentam constantemente negar) ficam expostos. É agradável pensar que o progresso científico afasta a superstição e o preconceito. Mas o que a história da psicologia mostra, a título de exemplo, é que de um rico corpo de dados que poderiam apoiar praticamente qualquer asserção racial, os cientistas selecionaram apenas os fatos que corroboravam suas conclusões prediletas, segundo as teorias em voga naquele momento, quer dizer, aquelas que confirmavam as diferenças entre os caucasianos e os negros (GOULD, 1992, p. 211-213).

Mas é claro que estes exemplos, tristes episódios da história recente da psicologia, não são os únicos possíveis. Eles servem apenas como alerta para não transformar os resultados da ciência em mito, em proposições indubitáveis, que devem ser aceitas sem pensar, sem questionar. Gould (1992, p. 225) bem salienta que a marca registrada da humanidade não é só a capacidade mental, é também a flexibilidade mental. Se por um lado foram os seres humanos que “fizeram” o mundo, eles também podem, afortunadamente, modificá-lo.

3.2 O SENSO COMUM E A CIÊNCIA

O que as pessoas pensam quando as palavras *ciência* ou *cientista* são mencionadas?

Segundo Rubem Alves (1992, p. 10), as imagens mais comuns do cientista são as seguintes:

- o gênio louco, que inventa coisas fantásticas;
- o tipo excêntrico, ex-cêntrico, fora do centro, manso, distraído;
- o indivíduo que pensa o tempo todo sobre fórmulas incompreensíveis ao comum dos mortais;
- alguém que fala com autoridade, que sabe sobre o que está falando, a quem os outros devem ouvir e... obedecer.

A autoridade científica a que o último item faz menção se revela nas expressões, bastante usuais na mídia, de que algo foi “comprovado cientificamente”, de um produto “testado ou produzido cientificamente”.

Para a maioria da sociedade o cientista virou mito. E todo mito é perigoso, porque ele induz e inibe o pensamento. Não é preciso pensar, porque há indivíduos especializados e competentes em pensar. Os médicos, por exemplo. Não seria correto questioná-los, nem tentar entender detalhes das doenças, tarefas reservadas aos profissionais da saúde. Bastaria confiar cegamente e seguir suas orientações. Embora sejam evidentes os perigos de tais recomendações, é somente quando os remédios não têm o resultado esperado que as pessoas costumam questionar o médico ou o diagnóstico.

Para Alves (1992, p. 11), é preciso acabar com o mito de que o cientista é uma pessoa que pensa melhor que as outras. A ciência é uma especialização, um refinamento de potenciais comuns a todos. Da mesma forma que telescópios ou microscópios não são novos órgãos dos sentidos, são extensões de órgãos já existentes. Assim, a ciência não é um órgão novo de conhecimento. A ciência é a hipertrofia de capacidades que todos têm. Isto pode ser bom, mas pode ser muito perigoso. Quanto maior a visão em profundidade, menor a visão em extensão. A tendência da especialização é conhecer cada vez mais de cada vez menos (*ibid.*, p. 12).

O “senso comum” é um rótulo que os cientistas dão a pessoas que não passaram pelo treinamento científico. Mas será que o comportamento de uma dona-de-casa na feira é senso comum? Escolher, pesquisar, comparar, levar em conta detalhes financeiros, psicológicos e sociais na escolha dos alimentos é um comportamento simplista, ingênuo, pouco inteligente? Alves (1992, p. 13-14) discorda. Senso comum seria aquilo que não é ciência. Mas a ciência é

uma forma de conhecimento que não é fundamentalmente diferente do senso comum. Não é um órgão novo. Apenas uma especialização de certos órgãos e um controle disciplinado do seu uso. A ciência é uma metamorfose do senso comum. Sem ele, ela não pode existir. E esta é a razão por que não existe na ciência nada de misterioso ou de extraordinário.

Há lógica no pensamento do senso comum ou mesmo no pensamento mágico? Antes de responder negativamente, é importante pensar que, aquilo que outros homens, em outras épocas, consideraram ciência, sempre parece ridículo séculos depois. E que isto também acontecerá com a ciência atual. Pode-se argumentar que a ciência não acredita em magia e que o senso comum teimosamente se agarra a ela. Mas o que Alves está tentando demonstrar é que o quebra-cabeças do senso comum é muito semelhante ao quebra-cabeças da ciência, a despeito das diferenças encontradas na superfície (ALVES, 1992, p. 16-19).

Ser bom em ciência, como ser bom no senso comum, não é saber soluções e respostas já dadas. É ser capaz de inventar soluções. Abrir novas portas e descobrir novas trilhas. Aprender maneiras novas de sobreviver. Adaptar-se. Adaptação, eis a capacidade de inventar uma forma nova de sobrevivência. Vida é sinônimo de mudança. Mudança requer adaptação. Talvez nada seja mais importante, em nossa compreensão do comportamento dos organismos, que o processo de aprendizagem, como ele ocorre e o que o motiva (*ibid.*, p. 19-20).

O senso comum e a ciência são expressões da mesma necessidade básica (de aprender), a necessidade de compreender o mundo, a fim de viver melhor e sobreviver. Muitas pessoas, nos dias de hoje, costumam considerar que o senso comum é visivelmente inferior à ciência. Para estes é relevante observar que, por dezenas de milhares de anos, os homens sobreviveram sem nada que se assemelhasse à ciência contemporânea. E ponderar também que a ciência, depois de cerca de quatro séculos desde que surgiu em sua forma atual, gerou produtos capazes de representar séria ameaça à sobrevivência da vida na Terra, como, por exemplo, o perigo de uma catástrofe nuclear em escala planetária, o que não deixa de ser preocupante. Nesse sentido, tanto o senso comum como a ciência podem ser úteis ou perigosos, dependendo da situação, da questão que se pretende enfrentar (*ibid.*, p. 20).

As pessoas pensam quando algo incomoda. Quando tudo vai bem, as pessoas não pensam, simplesmente gozam e usufruem. Todo pensamento começa com um problema. Quem não é capaz de perceber e formular problemas com clareza, não pode fazer ciência. Não é curioso, então, que os processos vigentes de ensino de ciência se concentram mais na

capacidade do aluno de responder do que de perguntar? Esta é, possivelmente, uma das razões do insucesso de muitos episódios e propostas educativas.

Ao tentar solucionar um problema típico, por exemplo um motor que não funciona, Alves (1992, p. 23) indica os seguintes passos típicos:

1. Tomar consciência do problema, isto é, pensar sobre o problema.
2. Construir um modelo ideal da máquina, um plano geral do mecanismo.
3. Elaborar hipóteses sobre o defeito. Hipóteses são simulações ideais das possíveis causas do enguiço do motor.
4. Testar as hipóteses e assim descobrir as causas do defeito.

Este é o caminho que normalmente segue-se na ciência. É uma via cheia de perguntas, de indagações. Mas a ciência tem outras características interessantes. Uma delas é a *ordem*. A ordem sempre fascinou os homens. Por que é que as estações se sucedem sempre numa mesma ordem e com regularidade constante? Por que é que as estrelas giram permanentemente? Por que é que certas aves migram em momentos precisos? Por que é que determinadas causas produzem sempre efeitos determinados e previsíveis? (*ibid.*, p. 26-27).

A ordem permite que se façam previsões. A ordem é a primeira inspiração da ciência. Quando um cientista enuncia uma lei ou uma teoria, ele está contando *como* se processa a ordem, está oferecendo um modelo da ordem. Assim ele poderá prever como a natureza vai se comportar no futuro (*ibid.*, p. 27).

Sem ordem não há problema a ser resolvido. Por que o problema é exatamente construir uma ordem ainda invisível de uma desordem visível e imediata. Só são atacados os problemas que se julga poder resolver com os recursos disponíveis. O “mecanismo” a que os modelos se referem não é dado à observação direta. Eles se referem a uma ordem oculta, invisível. Esta é a razão por que, muito embora a observação ofereça pistas para a sua construção, a imaginação é o artista que dá forma a esta matéria bruta e informe (*ibid.*, p. 29).

O conhecimento só ocorre em situações-problema. A primeira coisa é ver o problema com clareza. Em ciência, como no senso comum, existe uma estreita relação entre ver com clareza e dizer com clareza. Quem não diz com clareza, não está vendo com clareza. Dizer com clareza é a marca do entendimento, da compreensão (*ibid.*, p. 32).

A inteligência segue o caminho inverso da ação. O sábio começa no fim; o tolo termina no começo. Dados são como tijolos, de nada servem se não existir uma imagem da casa na mente do construtor, que organizará os tijolos segundo essa entidade ainda inexistente: a casa. Portanto, ciência é construção, senso comum elaborado, busca da ordem, análise de situações-problema, elaboração de hipóteses e sua testagem, explicação e explicitação (ALVES, 1992, p. 33).

3.3 AS MÚLTIPLAS FACETAS DA CIÊNCIA HOJE

... A ciência, grande destruidora do obscurantismo e dos mitos perante a história, substitui a religião e põe-se, por sua vez, a secretar sua própria mitologia, e até mesmo sua mística (CHRÉTIEN, 1994, p. 12).

Outro autor que alerta para os perigos da falta de criticidade na ciência é Chrétien (1994). Afirma que a ciência pretende ser melhor do que outras formas de conhecimento. Mas, muitas vezes, apesar do que propaga, ela acaba por utilizar métodos semelhantes aos que censura. Por exemplo, a ciência costuma criticar a religião afirmando que é dogmática. Mas na ciência também se vê comportamentos fundamentalistas, às vezes até mais arraigados que na religião. Apesar dessas ressalvas, a tendência atual, por parte dos cientistas, é considerar que não existe outro saber, outro pensamento legítimo, que não aqueles que merecem a etiqueta “científico”.

Existem também outros dogmas professados por cientistas. A experimentação, por exemplo, induz a crer que é verdadeiro aquilo que é verificado pela experiência. Muitos cientistas, em seus laboratórios, defendem que é preciso separar suas crenças, interesses, sentimentos ou características pessoais das obras de conhecimento às quais se dedicam – o conhecido princípio da objetividade – que não é nem demonstrado, nem demonstrável (*ibid.*, p. 22). O que não significa que os cientistas possam ou devam abdicar de fazer uso de procedimentos científicos, da busca de uma certa isenção e objetividade.

No séc. XIX, a crença ilimitada na invencibilidade da ciência levou muitos cidadãos e vários cientistas ao culto exagerado do científico sobre todo o resto. Marcelin Berthelot (*apud*

CHRÉTIEN, 1994, p. 26), por exemplo, proclamou que só a ciência presta serviços definitivos, que o triunfo universal da ciência chegaria a garantir para o homem o máximo de felicidade e moralidade, e que a política, a arte, a vida moral dos homens, a indústria, e tudo o mais, têm origem no conhecimento da verdade e nos métodos científicos pelos quais esse conhecimento é adquirido e propagado.

Hoje estas palavras são apenas uma mostra do *cientificismo*: a teoria em que a ciência era tida como invencível, inexorável, imbatível, quase uma “religião”. Seus defensores aguardavam ansiosos o dia em que, como afirma Renan (*apud* CHRÉTIEN, 1994, p. 27), “a humanidade não mais crerá, e sim saberá...” Organizar cientificamente a humanidade era, na época, a última palavra da ciência moderna, sua audaciosa, porém legítima, pretensão.

Entre as crenças do *cientificismo* está a que o avanço na ciência se dá apenas por acumulação, por acréscimo de novos conhecimentos. Nessa concepção, a ciência seria um processo aberto apenas no sentido cumulativo.

Outra crença importante é na universalidade e na onipotência do método. “O método consiste em extrair todo conhecimento exato da observação e da experiência dissipando o mistério das revelações” (BERTHELOT *apud* CHRÉTIEN, 1994, p. 28). Não raro esta visão onipotente culmina com o sonho do cientista louco, ébrio de vontade de poder, que se considera o “dono do mundo”. Depois de Oppenheimer e o apocalipse nuclear em Hiroshima, Mengele e o holocausto médico nos campos de concentração nazistas, entre outros, o mundo ainda treme diante do que a ciência pode fazer quando inspira ou serve a políticas megalômanas (*ibid.*, p. 30-31). E ainda há os que sonham com um governo ideal, “científico”, sem se dar conta dos perigos de tal aspiração.

O triunfalismo científico do início do século XX, solapado pelas crises, deu lugar a uma nova mentalidade entre os pesquisadores, na medida em que os obrigou a reverem os fundamentos e os limites de suas disciplinas. A ciência perdeu suas ilusões de onisciência, ao mesmo tempo que deixou sua posição de ascendência sobre a natureza e de imperialismo sobre a cultura (*ibid.*, p. 31).

Contudo isso não teve impacto sobre o público, no papel de mero consumidor de ciência “morta”, isto é, materializada em suas aplicações tecnológicas, apresentada através da mídia sob uma forma espetacular ou sensacional, ou imobilizada nas receitas operatórias que

se aprende na escola, geralmente alheias a uma perspectiva histórica ou a uma reflexão epistemológica. É, na verdade, anticiência, porque é acrítica, irracional, alicerçada no ocultismo, no iluminismo ou no obscurantismo (CHRÉTIEN, 1994, p. 32-33).

Quando se conhece a evolução da ciência, suas tentativas e conflitos, dimensiona-se melhor a relatividade do conhecimento: os erros de ontem mostram que as “verdades” de hoje não passam de erros esperando para serem revelados. A história ensina a relatividade e a dúvida, antídotos do dogmatismo cientificista (*ibid.*, p. 36).

De uma ciência artesanal, personalizada, baseada na vocação e na criação pessoais dos cientistas, passou-se à ciência moderna, industrializada, um empreendimento envolvendo centenas de pesquisadores associados. A ciência, na verdade, não é mais, hoje (se é que o foi algum dia totalmente), uma obra individual. Ela se constitui através de toda uma rede social de homens e instituições, aparelhos, publicações, fluxo de informações e capitais (*ibid.*, p. 39).

A ciência é uma produção humana e social. Está mesmo histórica e geograficamente situada no Ocidente moderno. A ciência possui uma identidade, uma herança, uma cultura, que nada tem de casual ou de universal. Consequentemente, seria uma ingenuidade acreditar em sua pureza e transcendência, em sua neutralidade.

De fato, a ciência apresenta várias facetas. Aprender ciência durante a formação escolar é muito mais do que absorver leis e princípios científicos consagrados. Inclui aprender a avaliar, também, os benefícios e as limitações da ciência. Fazer juízos de valor, escolhas. Analisar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Compreender e defender a ciência a serviço do ser humano, do cidadão, e rechaçar os abusos. Por exemplo, uma atitude crítica dos cidadãos pode evitar que sejam vítimas de ideias cientificistas ou pseudocientíficas. Ou que fiquem à mercê de cientistas mal-intencionados, mesmo que eles sejam uma pequena minoria. O cientista não é melhor nem pior do que outros profissionais. Como em todas as áreas, é necessário estar atento, ter discernimento, refletir.

Adotar essa visão crítica da ciência remete a uma necessidade de aprofundar mais sobre como a ciência é elaborada, construída, produzida pelos cientistas. Requer examinar um pouco mais a fundo o fazer científico. Para tanto, serão analisadas algumas ideias de filósofos da ciência consagrados do séc. XX que se debruçaram sobre estas questões, procurando subsídios epistemológicos para o ensino e a pesquisa em ensino.

3.4 O EMPIRISMO-INDUTIVISMO

Uma análise dos livros de física ou uma rápida conversa com professores e estudantes revela que o empirismo-indutivismo ainda é dominante no ensino de física. As teses centrais desta epistemologia podem ser resumidas como (SILVEIRA, 1996a):

- 1. A observação é a fonte e a função do conhecimento.** Todo o conhecimento deriva, direta ou indiretamente, dos órgãos dos sentidos; as experiências sensoriais – as sensações e as percepções – são os instrumentos para conhecer o mundo. Conhecer é observar e experimentar.
- 2. Existe um único método eficaz para produzir conhecimento: o método científico.** Para chegar às generalizações, às leis, às teorias científicas, o cientista utiliza uma série de procedimentos pré-definidos – o método científico – passos que garantem a produção de conhecimento. As leis são uma síntese indutiva do que é observado, experimentado, nos fenômenos. As teorias são, portanto, obtidas dos dados empíricos.
- 3. O conhecimento deve ser livre de pré-conceitos.** A especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar qualquer papel na obtenção do conhecimento. O verdadeiro conhecimento é livre de pressupostos.
- 4. As teorias científicas são descobertas a partir de dados empíricos.** As teorias científicas não são criadas, inventadas, elaboradas ou construídas, mas descobertas nos laboratórios. A teoria organiza e sintetiza os dados observados e ajuda a fazer previsões de novas observações. Não tem sentido ir além do observado.
- 5. O conhecimento científico consiste em proposições certas, comprovadas.** Conhecimento científico significa conhecimento comprovado tanto pelo poder do intelecto como pela evidência dos sentidos. Para os empiristas, o valor de verdade das proposições recai sobre a experiência. A base *empírica* da ciência tem o poder de provar e comprovar experimentalmente uma teoria.

6. **O desenvolvimento científico é um processo cumulativo.** Cada cientista coloca um tijolo na grande casa do conhecimento. A ciência é a soma de todas as contribuições individuais, de todas as invenções, de cada pequena verdade descoberta.

Além das teses centrais apontadas acima, o positivismo lógico também apresenta as seguintes características:

- atitude antimetafísica;
- redução da filosofia ao esclarecimento da linguagem da ciência;
- empirismo;
- tentativa de solucionar os problemas da indução (justificar a passagem do particular ao geral);
- valorização da lógica, das matemáticas e das ciências naturais;
- atitude extrema de autocrítica.

Os roteiros de laboratório frequentemente reproduzem estas teses empiristas-indutivistas. Neles, costumam ser listadas uma série de instruções para guiar o aluno nas atividades experimentais. Tipicamente o estudante deve: investigar a relação entre duas grandezas, variando uma e observando como a outra se comporta; coletar várias medidas das variáveis; organizar os dados em tabelas; avaliar os erros de medida e dispersões; construir gráficos adequados; obter a função que descreve os resultados experimentais, isto é, a lei que rege o comportamento observado. Esses procedimentos pressupõem que um conjunto de dados é compatível somente com uma função. O experimentador deve apenas *descobrir* a lei que está implícita nos dados, ou seja, induzir a lei a partir do fenômeno.

O ensino, quando orientado pela epistemologia empirista-indutivista, desvaloriza a criatividade do trabalho científico e leva os alunos a tomarem o conhecimento científico como um corpo de verdades inquestionáveis, introduzindo rigidez e intolerância em relação a opiniões diferentes (GIL PEREZ, 1986). É essencial, portanto, combater as crenças empiristas-indutivistas no ensino de física e adotar práticas educativas epistemologicamente coerentes com as atuais concepções de como a ciência é construída e validada (MOREIRA; OSTERMANN, 1993).

3.5 THOMAS KUHN: CIÊNCIA NORMAL E REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS



Fotografia 5 – O físico, filósofo e historiador da ciência Thomas Samuel Kuhn.

Thomas Kuhn deixou a física para se dedicar à história da física no momento em que descobriu que a ciência encontrada nas fontes históricas parecia ser um empreendimento muito diferente daquele descrito nos manuais didáticos. Começou, então, a se perguntar como realmente a comunidade de cientistas trabalhava, como a ciência era gestada.

Passou, a partir daí, a defender que a história da ciência transcendesse seu papel clássico de mera fonte de exemplos. Para Kuhn, a história da ciência não é uma simples crônica, uma coleção de fatos arranjados na ordem de sua ocorrência. É uma narrativa histórica – um empreendimento explicativo – devendo tornar plausível e compreensível os acontecimentos que descreve. Deve revelar não apenas os fatos, mas principalmente as conexões entre eles. Já o filósofo da ciência procura obter generalizações com alcance universal, válidas independentemente de cientistas específicos, de tempo e lugar. A história da ciência e a filosofia da ciência são, portanto, disciplinas diferentes, embora relacionadas.

Veja-se, por exemplo, o papel que os experimentos têm desempenhado na ciência. Na tradição antiga e medieval reinavam os experimentos de pensamento. As experiências reais eram poucas e seus objetivos resumiam-se a demonstrar uma conclusão já conhecida por outros meios ou a fornecer respostas concretas para questões postas pela teoria existente, p. ex., determinar algum pormenor exigido para alargar o uso da teoria (KUHN, 1989, p. 76-78).

Posteriormente, na tradição baconiana, os experimentos eram executados para ver como a natureza se comportava em circunstâncias não observadas, para obter conjuntos de dados. A ênfase era nos experimentos que constrangiam a natureza, exibindo-a sob condições que não poderiam ter sido atingidas sem a intervenção eficaz do homem. Também tinham destaque o aparato instrumental e a construção de dispositivos experimentais. Neste período a ciência tornou-se instrumental, a ênfase deixou de ser nos experimentos mentais e passou aos experimentos reais (KUHN, 1989, p. 76-78).

No séc. XIX a matemática se uniu à experimentação. A física tornou-se totalmente matemática depois de 1850. Nesta época, na Alemanha, experimentalistas e teóricos matemáticos se associaram como praticantes da física. É o começo do positivismo lógico, corrente defensora de que o conhecimento científico começa com a observação neutra, usa a indução, é cumulativo, linear e definitivo.

A epistemologia kuhniana inicia com duras críticas ao positivismo lógico. Kuhn vê a observação como dirigida por pressupostos teóricos, crê não haver justificativa lógica para o método indutivo e reconhece o caráter construtivo, inventivo e provisório do conhecimento. Nesse sentido, Kuhn critica a impressão transmitida pela análise isolada de experiências, conceitos, leis e teorias dos manuais técnicos, e combinada com a atmosfera geralmente a-histórica dos escritos científicos, de que a

ciência alcançou seu estado atual através de uma série de descobertas e invenções *individuais*, as quais, uma vez reunidas, constituem a coleção moderna dos conhecimentos técnicos (KUHN, 1987, p. 178, grifo nosso).

Para Kuhn, na ciência, ocorre uma sucessão de períodos de *ciência normal*, em que a comunidade de pesquisadores professa um *paradigma*, interrompidos por breves momentos de *ciência extraordinária* – as chamadas *revoluções científicas* – que são a fase de ruptura do paradigma dominante, devido ao acúmulo de *anomalias* e à instauração de *crises*, e a adoção de um novo paradigma.

Kuhn (1987, p. 29) explica que a *ciência normal* é

a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica para sua prática posterior. [...] hoje em dia essas realizações são relatadas pelos manuais científicos elementares e avançados. Tais livros expõem o corpo da teoria aceita, ilustram muitas (ou todas) as suas aplicações bem sucedidas e comparam essas aplicações com observações e experiências exemplares.

Para este filósofo, a ciência normal deve ser entendida como uma tentativa de forçar a natureza

a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma. A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômeno; na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma frequentemente nem são vistos (KUHN, 1987, p. 45).

Kuhn explicita, também, que os cientistas cuja pesquisa está baseada em paradigmas compartilhados estão comprometidos

com as mesmas regras e padrões para a prática científica. Esse comprometimento e o consenso aparente que produz são pré-requisitos para a ciência normal, isto é, para a gênese e a continuação de uma tradição de pesquisa determinada (*ibid.*, p.30-31).

Os *paradigmas* – que caracterizam a ciência normal – são modelos ou padrões aceitos. São as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. Mais ainda:

Ao aprender um paradigma, o cientista adquire ao mesmo tempo uma teoria, métodos e padrões científicos que usualmente compõem uma mistura inextrincável. Por isso, quando os paradigmas mudam, ocorrem alterações significativas nos critérios que determinam a legitimidade, tanto dos problemas, como das soluções propostas (*ibid.*, p. 144).

Em sentido amplo, paradigmas⁵ são todo o conjunto de compromissos de pesquisa de uma comunidade científica, ou seja, suas crenças, valores e técnicas partilhadas. Esta *matriz disciplinar* é constituída de generalizações simbólicas (ex. $F_R = ma$), modelos particulares que fornecem as metáforas e as analogias aceitáveis (ex. moléculas comportam-se como pequenas bolinhas elásticas movendo-se ao acaso), valores compartilhados (ex. as teorias científicas devem ser simples e plausíveis) e exemplares, que são as soluções, os exemplos, de problemas compartilhados (ex. aplicar a segunda lei de Newton à queda livre de uma pedra) fornecidos aos estudantes nos manuais científicos (OSTERMANN, 1996; KUHN, 1987, p. 226-232).

Uma *comunidade científica* é a que adota um paradigma único. Apoiado no paradigma, o cientista dedica-se aos aspectos mais sutis dos fenômenos naturais que

⁵ Ao ser proposto, o conceito de *paradigma* suscitou muitas discussões e críticas. Masterman (1979 *apud* OSTERMANN, 1996), por exemplo, constatou a ambiguidade do termo na primeira obra de Kuhn, onde fora utilizado pelo autor de vinte e duas maneiras diferentes. Em escritos posteriores Kuhn procurou elucidar os significados atribuídos a seu principal conceito.

preocupam o grupo (a construção dos primeiros princípios, justificando o uso de cada conceito, é deixada para os autores de manuais ou livros). O sucesso do empreendimento científico está ligado às características da ciência normal,

atividade que consiste em solucionar quebra-cabeças; é um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem sucedido no que toca a seu objetivo, a ampliação contínua do alcance e da precisão do conhecimento científico (KUHN, 1987, p. 77).

Na *ciência normal*, a pesquisa se caracteriza por uma eficiência peculiar. É uma tentativa rigorosa e devotada de forçar a natureza a esquemas conceituais fornecidos pela educação profissional. Esse sucesso deriva da disposição da comunidade científica para defender o pressuposto de que ela sabe como é o mundo (*ibid.*, p. 24).

A educação em ciência continua a ser uma iniciação dogmática em uma tradição preestabelecida que o estudante não está equipado para avaliar. Os aprendizes em ciência recebem a instrução necessária, aceitam-na. Um treino rigoroso no pensamento convergente, deve-se reconhecer, tem sido intrínseco às ciências quase desde a sua origem. Sem esse treinamento, as ciências não teriam atingido seu estado atual (KUHN, 1989, p. 279-280).

A ciência normal frequentemente suprime novidades fundamentais porque estas subvertem necessariamente seus compromissos básicos. Algumas vezes um problema comum resiste ao ataque violento dos mais hábeis. Em outras, uma peça do equipamento, projetada e construída para fins da pesquisa normal, não funciona segundo a maneira antecipada, revelando uma anomalia que não pode ser ajustada às expectativas profissionais, não obstante esforços repetidos. Em dado momento, estas anomalias podem desencadear uma crise que culminará na mudança de paradigma. Mas de que maneira o fracasso repetido na tentativa de ajustar uma anomalia pode induzir à emergência de uma crise?

Para Kuhn (1987, p. 15), “as condições externas podem ajudar a transformar uma simples anomalia numa fonte de crise aguda”. O conceito de *crise* implica uma unanimidade prévia do grupo que a experimenta. As *anomalias*, por definição, só existem com respeito a expectativas firmemente estabelecidas:

A anomalia aparece somente contra o pano de fundo proporcionado pelo paradigma. Quanto maiores forem a precisão e o alcance de um paradigma, tanto mais sensível este será como indicador de anomalias e, conseqüentemente, de uma ocasião para a mudança de paradigma (*ibid.*, p. 92).

Os experimentos, ao saírem constantemente errados, podem criar uma crise somente para um grupo que previamente experienciou o que parecia estar certo (KUHN, 1989, p. 270).

É claro que os cientistas não rejeitam paradigmas simplesmente porque se defrontam com anomalias. Uma teoria científica, após ter atingido o status de paradigma, somente será abandonada quando houver uma alternativa melhor para substituí-la:

Decidir rejeitar um paradigma é sempre decidir simultaneamente aceitar outro e o juízo que conduz a essa decisão envolve a comparação de ambos os paradigmas com a natureza, *bem como* sua comparação mútua (KUHN, 1987, p. 108, grifos do autor).

A emergência do novo paradigma não é gradativa, mas se dá de forma repentina, geralmente alavancada por pesquisadores jovens, menos comprometidos com o velho paradigma. Para serem candidatos à adoção, os novos paradigmas deverão ser realizações

suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares. [...] realizações suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes de ciência (*ibid.*, p. 30).

Grande parte da investigação empreendida numa tradição científica é uma tentativa para ajustar a teoria ou a observação existentes a fim de levar ambas a uma concordância cada vez mais estreita. Os cientistas, na maior parte do tempo, pretendem elucidar a tradição científica em que foram criados, em vez de a mudarem. Em condições normais, o cientista investigador não é um inovador, mas um solucionador de *quebra-cabeças* e os enigmas em que se concentra são justamente aqueles que ele julga ser possível responder no interior da tradição científica existente (KUHN, 1989, p. 284-285).

A comunidade profissional deve concordar sobre os conceitos, ferramentas e problemas fundamentais da sua ciência. Sem esse consenso profissional, não haveria qualquer base para a espécie de atividade de solução de enigmas em que a maior parte dos físicos estão em geral empenhados. Nas ciências físicas, o desacordo em torno dos fundamentos, como a busca de inovações básicas, está reservado para períodos de *crise* (*ibid.*, p. 270).

Revoluções científicas são episódios extraordinários nos quais ocorre uma alteração de compromissos profissionais (KUHN, 1987, p. 25). Pode-se pensar a revolução científica como uma revolução de ideias. São episódios – exemplificados nas suas formas mais extremas e facilmente reconhecidos pelo advento do copernicanismo, darwinismo ou einsteinismo – em

que uma comunidade científica abandona o caminho, outrora venerado, de olhar para o mundo e de exercer a ciência, a favor de outra abordagem da sua disciplina, em geral incompatível. Cada revolução científica altera a perspectiva histórica da comunidade que a experimenta. Esta mudança de perspectiva afetará também a estrutura das publicações de pesquisa e dos manuais do período pós-revolucionário (KUHN, 1989, p. 277).

Segundo Kuhn (1987, p. 125), uma revolução científica é “um episódio de desenvolvimento *não-cumulativo*, em que um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior”. Para este autor, “quando mudam os paradigmas, muda com eles o próprio mundo. Guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções” (*ibid.*, p. 145). Os novos grupos formados adotam, inclusive, novos critérios de avaliação.

Na revolução científica, existe uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios e não é, portanto, um processo de acumulação, mas de substituição. Os paradigmas rivais apresentam diferentes concepções de mundo e são, por isso, incompatíveis. Essa incomensurabilidade faz com que os proponentes de paradigmas competidores pratiquem seus ofícios em mundos não apenas diferentes, mas irreconciliáveis (OSTERMANN, 1996).

A mudança de um paradigma a outro requererá uma experiência de conversão, baseada na persuasão, porque

os dois grupos de cientistas vêem coisas diferentes quando olham de um mesmo ponto para a mesma direção. [...] Precisamente por tratar-se de uma transição entre incomensuráveis, a transição entre paradigmas em competição não pode ser feita passo a passo, por imposição da lógica e de experiências neutras (KUHN, 1987, p. 190).

Ao se aproximar a revolução científica, os paradigmas rivais estão em permanente embate. A adoção do novo paradigma, contudo, não virá de uma confrontação objetiva, envolvendo dados empíricos, entre os dois paradigmas em competição. Não é uma questão de argumentação, mas de conversão, de persuasão. A migração para o novo paradigma requer que o cientista acredite que ele é capaz de resolver os grandes problemas em aberto de sua área.

Porque a mudança de paradigma, na epistemologia kuhniana, envolve conversão e persuasão, os críticos de Kuhn o acusaram de propor uma epistemologia irracional. De fato,

Kuhn atribui um grau expressivo de arbitrariedade aos debates envolvendo julgamentos de valor (decidir qual teoria apresenta mais precisão, consistência, simplicidade, fecundidade, etc.), que ele considera elementos importantes da prática científica e defende que as influências sociais e filosóficas são importantes na ciência, o que o aproxima do relativismo.

Por outro lado, é inegável a grande contribuição de Kuhn ao questionar firmemente o desenvolvimento científico como um processo cumulativo, linear e definitivo. Ao criticar a visão de ciência como a soma de uma série de descobertas e invenções individuais, Kuhn mostra, claramente, que o fazer ciência não corresponde a esse mito. Nesse sentido, a epistemologia de Kuhn constitui-se um importante referencial para o ensino e a pesquisa. Suas ideias podem ser utilizadas nas aulas, fundamentando as estratégias de ensino e explicitando melhor como se dá a evolução da ciência, como faz Zylbersztajn (1991).

Kuhn defende um papel para a história da ciência porque entende que só ela é capaz de esclarecer como, de fato, se dá o desenvolvimento científico. Só a história da ciência poderia se encarregar de mostrar, por exemplo, como as influências sociais e filosóficas que favoreceram o desenvolvimento de um campo particular numa dada época, podem, por vezes, dificultá-lo noutro período (*ibid.*, p. 66).

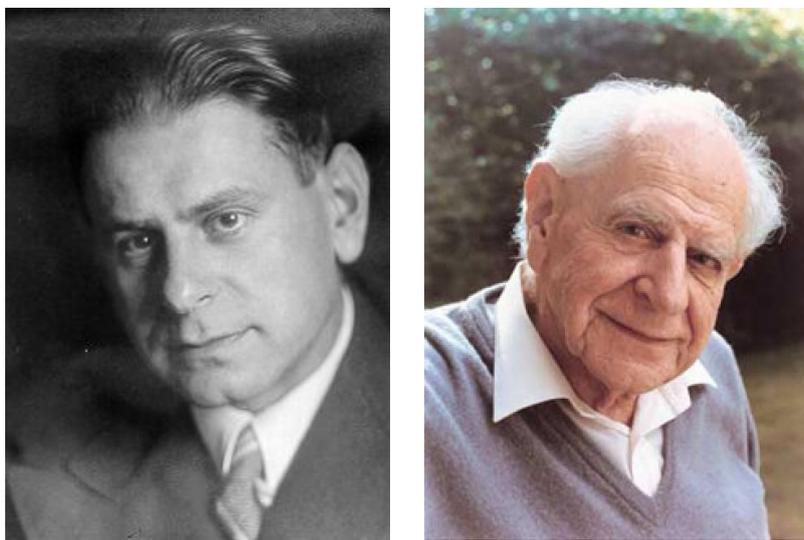
Nesse sentido, ao contar sua história em *A Dupla Hélice*, James Watson (1987) faz um excelente relato sobre como ocorre a resolução de quebra-cabeças (enigmas) em ciência. Sua narrativa evidencia as interações e disputas que ocorrem dentro da comunidade de cientistas e deixa entrever um pouco do processo criativo de fazer ciência, sem esconder as razões e as motivações que movem os cientistas em seu trabalho.

Adotar a postura epistemológica kuhniana é questionar a imagem que cientistas e leigos têm da atividade científica, que disfarça a existência e o significado das revoluções no campo da ciência (OSTERMANN, 1996).

Em síntese, na visão kuhniana da ciência, o desenvolvimento científico é um empreendimento, um processo que pouco ou nada tem de individual, cumulativo, linear ou definitivo. E tampouco é obtido através a partir da experimentação utilizando a lógica indutiva.

A seguir será explicitado um pouco do pensamento de Karl Popper e Paul Feyerabend.

3.6 KARL POPPER E A DEFESA DO RACIONALISMO



Fotografia 6 – O filósofo da ciência Karl Raimund Popper.

A filosofia de Karl Popper – o racionalismo crítico – esmiuçada no livro *Lógica da Pesquisa Científica*, é uma crítica ao positivismo lógico do Círculo de Viena, e defende que todo o conhecimento é falível e corrigível, virtualmente⁶ provisório. Para Popper, o conhecimento científico é criado, construído, e não descoberto a partir de observações e experimentos (SILVEIRA 1996a).

O *racionalismo* é a concepção segundo a qual o conhecimento deriva da razão, do intelecto. As percepções são secundárias e até prejudiciais ao conhecimento.

Em posição diametralmente oposta ao racionalismo encontra-se o *empirismo* – assentado na máxima de Aristóteles “*nada há no intelecto que não tenha estado antes nos órgãos dos sentidos*” – a concepção que defende que todo o conhecimento provém, direta ou indiretamente, da experiência sensível, do observado, seja negando a existência de princípios puramente racionais, seja negando que tais princípios, embora existentes, possam, independentemente da experiência, levar ao conhecimento da verdade.

⁶ *Filos.* Diz-se do que está predeterminado e contém todas as condições essenciais à sua realização. [Opõe-se, nesta acepção, a *potencial* e *atual*].

O conhecimento científico procura explicar a realidade. A ciência é composta de enunciados universais (princípios, leis, etc.) e enunciados singulares (condições específicas). Qualquer explicação envolve no mínimo uma lei universal que, combinada com as condições específicas, possibilita *deduzir* o que se deseja explicar.

A lógica dedutiva permite unir os enunciados universais e os singulares e estabelecer consequências, que podem ser testadas (através da observação, da experimentação). Como a lógica dedutiva é retransmissora da falsidade⁷, se a consequência é falsa, com certeza tem-se algum enunciado falso, resta identificar se é universal ou singular. Mas a lógica dedutiva é não-retransmissora da verdade⁸, logo, se a consequência é verdadeira, a teoria somente pode ser suposta como verdadeira, admitida provisoriamente como verdadeira (SILVEIRA 1996a).

Mas como obter as leis universais? Como saber que são corretas?

A resposta dos positivistas é que a *indução* seria a lógica que permitiria obter os enunciados universais a partir de enunciados singulares: a observação de que determinado objeto, em um grande número de casos e em condições variadas, apresenta determinada propriedade, nos autorizaria a concluir que *provavelmente* o objeto *possui* tal propriedade.

Karl Popper acumulou argumentos (lógicos, psicológicos e históricos) contra o empirismo-indutivismo. Particularmente ele se preocupou com o problema da indução, que pode ser subdividido em duas partes (SILVEIRA 1996a):

Problema da Indução 1 (contexto da descoberta):

Como se justificam as inferências indutivas? Como se justifica a passagem de enunciados singulares (relatos de observações) para os enunciados universais (leis, teorias)?

Problema da Indução 2 (contexto da justificação):

É possível demonstrar a verdade ou a probabilidade de enunciados universais (leis, teorias) a partir de enunciados singulares verificados observacionalmente?

Eis uma situação típica que exemplifica o problema da indução. Ao realizar um experimento no laboratório e colher uma série de dados, como encontrar a função que

⁷ A falsidade das consequências garante a falsidade de um ou mais enunciados universais ou singulares.

⁸ A verdade das consequências não garante a confirmação da verdade das premissas.

descreve esses pontos? Após algum esforço matemático, logo se verifica que não existe *uma* função, mas *infinitas* funções que aderem exatamente aos pontos experimentais. Existem também infinitas funções que aderem aos pontos em um *certo grau* de aproximação fixado. Os pontos não determinam uma função *única*. A escolha por uma delas envolve suposições que transcendem aos resultados experimentais. Portanto, a resposta ao problema da indução 2 é que existem infinitos enunciados universais compatíveis com um conjunto de enunciados singulares. Não é possível garantir logicamente a passagem do particular ao geral.

Para Popper, o método da ciência não é a indução, mas o *método crítico de teste dedutivo*. Dada uma teoria, é possível, com auxílio de condições específicas (ou iniciais ou de contorno) e com auxílio da lógica dedutiva, derivar conclusões. Não importa quantas asserções de teste (experimentais) se tenha, não é possível justificar a verdade de uma teoria, pois a lógica dedutiva não retransmite a verdade. O confronto da teoria com as asserções de teste nunca é direto; há sempre a necessidade de se combinar as leis universais com condições específicas e derivar dedutivamente hipóteses com baixo nível de generalidade (SILVEIRA 1996a). Estas podem, em princípio, ser confrontadas com os fatos:

Se a decisão for positiva, isto é, se as conclusões singulares se mostrarem aceitáveis ou *comprovadas*, a teoria terá, pelo menos provisoriamente, passado pela prova: não se descobriu motivo para rejeitá-la. Contudo, se a decisão for negativa, ou, em outras palavras, se as conclusões tiverem sido *falseadas*, esse resultado falseará também a teoria da qual as conclusões foram logicamente deduzidas (POPPER, 1993, p. 34).

Isso significa que, mesmo se os fatos apoiarem as conclusões, não é possível garantir, a partir desse processo, a verdade dos enunciados com alto nível de generalidade (universais). A teoria foi apenas corroborada (provisoriamente aceita como verdadeira). Ou seja, a *comprovação*, quando ocorre, não é definitiva:

Importa acentuar que uma decisão positiva só poderá proporcionar alicerce temporário à teoria, pois subsequentes decisões negativas sempre poderão constituir-se em motivo para rejeitá-la. Na medida em que a teoria resista a provas pormenorizadas e severas, e não seja suplantada por outra, no curso do progresso científico, poderemos dizer que ela “comprovou sua qualidade” ou foi “*corroborada*” pela experiência passada (POPPER, 1993, p. 34).

Quer dizer, por mais corroborada que uma teoria tenha sido, sempre poderá mostrar-se problemática no futuro. As corroborações experimentais estão no nível particular enquanto as leis repousam no nível geral. Não é possível passar de um a outro por meio da indução.

Portanto, não é possível demonstrar a verdade (ou mesmo a probabilidade) das hipóteses universais. Todo o conhecimento é *conjectural, provisório, sujeito a críticas e a reformulações*.

Há quem considere ser o propósito da ciência a obtenção de enunciados absolutamente certos, irrevogavelmente verdadeiros. Popper, ao contrário, entende que a ciência não é capaz de obter enunciados definitivos. A história da ciência revela teorias que durante um certo período de tempo foram corroboradas e, apesar disso, acabaram se tornando problemáticas, sendo, então, substituídas. O exemplo mais contundente é o da mecânica newtoniana, espetacularmente corroborada por mais de dois séculos. Seu sucesso não impediu que ela fosse substituída pela mecânica quântica, no mundo microscópico, e pela relatividade, nos casos de velocidades próximas a da luz (SILVEIRA 1996a).

As corroborações importantes para uma teoria são aquelas que colocam em risco a teoria, que conflitam com o conhecimento “básico”. Quando ela é colocada à prova e resiste:

toca-nos a tarefa de averiguar que testes, que críticas essa hipótese conseguiu superar; cabe-nos tentar averiguar até que ponto a hipótese mostrou-se capaz de manter-se incólume, resistindo aos testes a que foi submetida. Em resumo, cabe-nos averiguar até que ponto ela foi “corroborada” (POPPER, 1993, p. 275).

Popper destaca que todo o nosso conhecimento está impregnado de teoria, inclusive as observações. Não existem dados puros, fatos neutros. São os pressupostos que decidem o que observar, para onde dirigir a atenção. Os relatos observacionais contém termos teóricos. “Nossa linguagem comum está cheia de teorias; a observação é sempre *observação à luz de teorias*” (POPPER, 1993, p. 61). Sobre essa questão, continua afirmando:

Mesmo o teste cuidadoso e sóbrio de nossas ideias, através da experiência, é, por sua vez, inspirado por ideias: o experimento é ação planejada, onde cada passo é orientado pela teoria. Não deparamos com experiências, nem elas caem sobre nós como chuva. Pelo contrário, temos de ser ativos: temos de “fazer” nossas experiências. Somos sempre *nós* que propomos questões à natureza; somos *nós* que repetidamente procuramos formular essas questões, de modo a provocar um claro “sim” ou “não” (pois a natureza só dá uma resposta quando compelida a isso) (POPPER, 1993, p. 307-308, grifos do autor).

Mas, por outro lado, Popper não deixa de reconhecer o valor da experimentação:

E, conquanto eu acredite que os caminhos para novos conhecimentos são sempre abertos pelas teorias e não pelos experimentos, pelas ideias e não pelas observações, também acredito que é o experimento o fator que nos leva a evitar as rotas sem saída, infrutíferas, obrigando-nos a cogitar de rumos novos (*ibid.*, p. 294).

Contudo, há fortes evidências da primazia da teoria sobre o experimento. A história da ciência mostra que algumas observações somente foram levadas em consideração, tornando-se importantes, muito tempo depois de terem sido realizadas. No momento da observação não passaram de um “fato curioso ou estranho”. A importância das observações somente foi reconhecida quando surgiu uma teoria que as explicava. O movimento browniano (movimento aleatório de partículas suspensas em um fluido), por exemplo, foi observado pelo biólogo Robert Brown em 1827. Somente depois de Einstein ter previsto este movimento, sem saber que já havia sido observado, é que ele veio a constituir-se em uma “prova” da hipótese atômica da matéria (SILVEIRA 1996a). Portanto, as observações não se constituem uma base segura, inquestionável, como pretende o empirismo-indutivismo. Elas são falíveis como as teorias que as impregnam.

A inexistência de fatos livres de teoria implica a insustentabilidade de uma versão de falseacionismo ingênuo erradamente atribuída a Popper. Nela, uma teoria estaria irremediavelmente refutada se houvessem fatos incompatíveis com alguma consequência ou conclusão dela extraída. Como o problema sempre pode estar nas condições específicas ou nos próprios fatos, também as falsificações são conjecturais e podem sofrer críticas. Nenhuma teoria pode ser dada como definitivamente falsificada. Toda falsificação pode ser testada de novo. Fica evidente que as falsificações também não são definitivas, pois

sempre é viável encontrar alguma forma de evitar a falsificação, introduzindo, por exemplo, uma hipótese auxiliar *ad hoc* ou alterando, *ad hoc*, uma definição. É mesmo possível, sem incoerência lógica, adotar a posição de simplesmente recusar reconhecimento a qualquer experiência falseadora (POPPER, 1993, p. 43).

Para Popper, o progresso da ciência depende da objetividade científica, que se encontra única e exclusivamente na tradição crítica. Não é uma questão individual do cientista, mas social da comunidade de cientistas, porque envolve a crítica recíproca, a divisão hostil-amistosa do trabalho, a cooperação e a competição. O fato do cientista individualmente ser parcial ou dogmático é até desejável, pois, se o cientista se sujeita à crítica com facilidade, nunca descobrirá a força de suas teorias. É uma defesa da existência de *pluralismo teórico*.

Popper acredita que a ciência busca a verdade, apesar de não haver critérios através dos quais se possa demonstrar que uma dada teoria seja verdadeira. Isso significa que a filosofia popperiana é realista, quer dizer, pressupõe a existência de uma realidade

independente de nossa mente, mas que pode ser conhecida, mesmo que parcialmente e por aproximações sucessivas.

As ciências empíricas são sistemas de teorias. As teorias são invenções humanas. Algumas teorias são tão ousadas que podem entrar em conflito com a realidade: são essas as teorias “testáveis” da ciência. E quando entram em conflito, aí se sabe que há uma realidade. Portanto,

não é a posse do conhecimento, da verdade irrefutável, que faz o cientista – o que o faz é a persistente e arrojada procura crítica da verdade. Ele avança rumo a um objetivo remoto e, não obstante, atingível: o de sempre descobrir problemas novos, mais profundos e mais gerais, e de sujeitar suas respostas, sempre provisórias, a testes sempre renovados e sempre mais rigorosos (POPPER, 1993, p. 308).

O trabalho do cientista consiste em elaborar teorias e pô-las à prova. Por não acreditar em um método lógico de conceber ideias novas ou de reconstruir logicamente esse processo, pois que toda descoberta encerra um “elemento irracional”, Popper não se detém a examinar como se dá o ato de inventar uma teoria:

Distinguirei nitidamente entre o processo de conceber uma ideia nova e os métodos e resultados de seu exame sob um prisma lógico. Quanto à tarefa que toca à lógica do conhecimento – em oposição à psicologia do conhecimento [que se ocuparia do processo criativo] –, partirei da suposição de que ela [a lógica] consiste apenas em investigar os métodos empregados nas provas sistemáticas a que toda ideia nova deve ser submetida para que possa ser levada em consideração (*ibid.*, p. 31-32).

Mas como é que se pode distinguir teorias científicas das não-científicas, pseudocientíficas e metafísicas? Este é o chamado *problema da demarcação* (entre ciência e não-ciência). O critério empirista-indutivista é a *verificabilidade*. As teorias científicas podem ser verificadas pelos fatos, pela experimentação, em confronto com a realidade. Já foi comentado que este critério não se sustenta. O critério racionalista crítico, proposto por Popper, é a *refutabilidade*. As teorias científicas são, em princípio, refutáveis. Quando combinadas com as condições específicas permitem derivar consequências que, em princípio, podem ser falsas. Em suas palavras:

Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação não a *verificabilidade*, mas a *falseabilidade* de um *sistema*. [...] exigirei que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: *deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico* (*ibid.*, p. 42).

Todo enunciado científico deve ser suscetível de teste. Não se exige que todo enunciado científico tenha sido efetivamente submetido a teste antes de merecer aceitação. Quer-se apenas que o todo enunciado científico se mostre capaz de ser submetido a teste:

Pois o requisito de objetividade científica também pode ser interpretado em termos de regra metodológica: regra segundo a qual só esses enunciados devem ser introduzidos em ciência, por serem intersubjetivamente passíveis de prova (POPPER, 1993, p. 58).

As teorias não-científicas, pseudocientíficas e metafísicas são irrefutáveis. Elas possuem mecanismos intrínsecos de abarcar quaisquer possibilidades de teste, são vagas o suficiente, amplas o suficiente, para nunca poderem ser falseadas. Popper considera como pseudociências: a astrologia, a teoria psicanalítica de Freud e o materialismo histórico pós-revolução russa. Mas considera que as teorias metafísicas *não* são sem sentido. Elas podem se constituir em ponto de partida para teorias científicas. Por exemplo, o platonismo inspirou Copérnico, Kepler e Galileu. O atomismo especulativo de Demócrito e Leucipo, Boyle e Newton conduziu à teoria atômica e cinética da matéria no século XX (SILVEIRA 1996a).

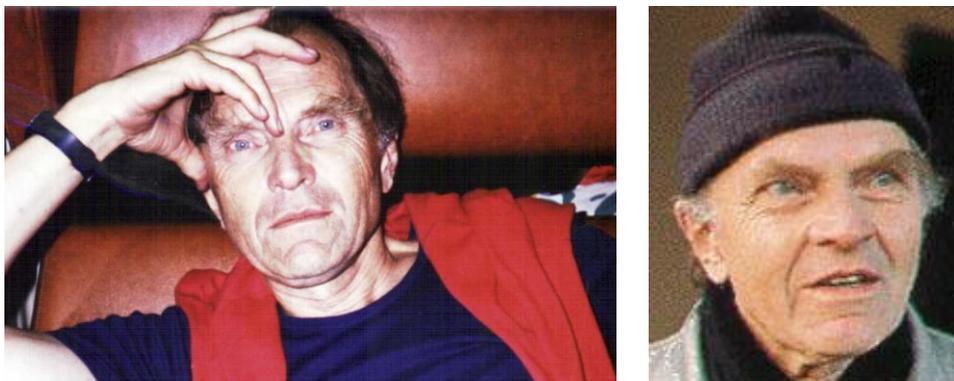
Assim como as teorias metafísicas podem servir de impulso à ciência, também podem se tornar um empecilho para o avanço do conhecimento. A ciência também está sujeita a influências externas, da sociedade ou de partes dela.

Para os positivistas, a experiência deveria ser a fonte e a função do conhecimento científico. A invenção, a imaginação e a especulação não deviam desempenhar papel importante nesse processo. Para Popper, as teorias científicas são invenções e o processo criativo envolve aspectos não-rationais. A imaginação, a criatividade e a especulação desempenham papel relevante. E até mesmo a metafísica pode servir de fonte inspiradora:

Não sabemos: só podemos conjecturar. Nossas conjecturas são orientadas por fé não científica, metafísica (embora biologicamente explicável), em leis, em regularidades que podemos desvelar, descobrir. À semelhança de Bacon, procederia descrever a ciência contemporânea – “o método de raciocínio que hoje os homens aplicam comumente à natureza” – como consistindo de “antecipações, de intentos temerários e prematuros” e de “preconceitos” (*ibid.*, p. 306, grifos do autor).

As teorias são redes, lançadas para capturar aquilo que se denomina “o mundo”: para racionalizá-lo, explicá-lo, dominá-lo. Nossos esforços são no sentido de tornar as malhas da rede cada vez mais estreitas. As teorias estão, portanto, em perpétua mutação (*ibid.*, p. 61, 62, 74).

3.7 PAUL FEYERABEND: A ANARQUIA EM OPOSIÇÃO AO MÉTODO



Fotografia 7 – O físico e filósofo da ciência Paul Karl Feyerabend.

Paul Feyerabend esboça uma linha de análise do processo de criação e elaboração da ciência diferente da de Kuhn e Popper. Feyerabend (1989) pondera, conforme o próprio título de seu livro o atesta, contra a existência de um “método científico”. Partidário do *anarquismo epistemológico*, Feyerabend defende a ideia de que não existe uma forma única de fazer ciência, mas que vários caminhos são igualmente válidos, sendo utilizados pelos cientistas de acordo com sua conveniência, preferência ou oportunidade.

O *anarquismo epistemológico* é uma atitude, que se traduz na defesa de um *pluralismo metodológico*. Anarquismo significa antes oposição a um princípio único, absoluto, imutável de ordem, do que oposição a toda e qualquer organização. Em termos metodológicos não significa, portanto, ser contra todo e qualquer procedimento metodológico, mas contra a instituição de um conjunto único, fixo, restrito de regras que se pretenda universalmente válido, para toda e qualquer situação (REGNER, 1996, p. 233-234).

O anarquista epistemológico não se recusa a examinar qualquer concepção porque admite que a escolha de uma posição particular para ver a realidade não é mais racional ou objetiva que outra. Entende que por trás do mundo descrito pela ciência possa ocultar-se uma realidade mais profunda, ou que as percepções possam ser dispostas de diferentes maneiras.

Segundo Feyerabend, a história da ciência é muito mais rica do que poderia supor o melhor historiador ou epistemólogo. Sobre o procedimento do cientista, p. ex., Einstein afirma:

As condições externas que os fatos da experiência colocam [diante do cientista] não lhe permitem, ao erigir seu mundo conceitual, que ele se prenda em demasia a um dado sistema epistemológico. Em consequência, o cientista aparecerá, aos olhos do epistemologista que se prende a um sistema, como um oportunista inescrupuloso... (*apud* FEYERABEND, 1989, p. 20).

A história da ciência não consiste apenas de fatos e de conclusões retiradas de fatos. Contém, a par disso, ideias, interpretações de fatos, problemas criados por interpretações conflitantes, erros e assim por diante. Análise mais profunda mostra que *a ciência não conhece “fatos nus”*, pois os fatos de que se toma conhecimento já são vistos sob certo ângulo, sendo, em consequência, essencialmente *ideativos* (*ibid.*, p. 20).

Diferentemente da educação científica, que repousa suas ações na uniformidade, simplicidade, objetividade, reprodutibilidade, fidelidade a um método, a história da ciência mostra uma trajetória bastante complexa, não-linear, permeada de idas e vindas, de acertos e enganos, traduzindo-se num processo mais caótico do que ordenado (*ibid.*, p. 20-21).

A formação do pesquisador, enquanto educação científica, molda o aluno, ensina-lhe que é melhor a estabilidade, a meticulosidade e a receita de trabalho. Ignoram-se ou tratam-se como perigosas a intuição, as convicções, as ideias prévias, os pré-conceitos. Como ensinar, então ausubelianamente falando, se toda a filosofia por trás da experimentação fala mais alto, afirma que o proceder correto do cientista é o treinamento, a isenção, o assepticismo, o não-envolvimento?

A crença propagada é que o bom pesquisador é aquele que consegue colocar de lado sua religião, suas crenças, sua metafísica, seu senso de humor. Ele deve restringir sua imaginação e sua linguagem. Os fatos científicos devem ser vistos independentes de opinião, de crença ou de formação cultural (*ibid.*, p. 21).

Feyerabend (1989, p. 22) propõe que a educação científica seja conciliada com uma atitude *humanista*, libertadora, de vida completa e gratificante, junto à “tentativa de descobrir os segredos da natureza e do homem”.

Contudo, abdicar da ideia que existe um método seguro para fazer “descobertas” científicas não é sinônimo de abdicar da seriedade, dos severos padrões científicos e lógicos em que se baseia a pesquisa científica e qualquer atividade geradora de conhecimento.

Para Feyerabend, é o anarquismo que favorece a concretização do progresso em qualquer de seus sentidos: seja aquela teoria capaz de permitir testes empíricos mais diretos ou a que contenha unificação e harmonia, mesmo que perca empiricamente:

A ciência é um empreendimento essencialmente anárquico. O anarquismo teórico é mais humanitário e mais suscetível de estimular o progresso do que suas alternativas representadas por ordem e lei (FEYERABEND, 1989, p. 17).

O rico material da história da ciência mostra que só há um princípio que pode ser defendido em *todas* as circunstâncias e em *todos* os estágios do desenvolvimento humano. É o princípio: “*tudo vale.*” Dada uma regra qualquer, por “fundamental” e “necessária” que se afigure para a ciência, sempre haverá circunstâncias em que se torna conveniente não apenas ignorá-la como adotar a regra oposta. Também não é incomum os cientistas partirem de uma firme convicção, contrária à razão e à experiência de sua época. As teorias só se tornam claras e “razoáveis” depois de terem sido usadas por longo tempo (*ibid.*, p. 30-34).

É útil analisar a regra segundo a qual é a *experiência* ou são os *fatos* ou são os *resultados experimentais* que medem o êxito de nossas teorias, e que a concordância entre a teoria e os *dados* favorece a teoria, ao passo que uma discordância ameaça a teoria e nos força, por vezes, a eliminá-la. Tal regra é elemento importante de todas as teorias da confirmação e da corroboração. Está na essência do empirismo. Sua contra-regra aconselha-nos a introduzir e elaborar hipóteses que não se ajustam a teorias firmadas ou a fatos bem estabelecidos. Quer dizer, aconselha-nos a proceder contra-indutivamente:

É permitido recorrer a hipóteses que contradizem teorias confirmadas e/ou resultados experimentais bem estabelecidos. É possível fazer avançar a ciência procedendo contra-indutivamente (FEYERABEND, 1989, p. 37).

Em outras palavras, o cientista deve adotar metodologia *pluralista*. Compete-lhe comparar ideias antes com outras ideias do que com a *experiência*. Assim ele tentará antes aperfeiçoar que afastar as concepções que forem vencidas no confronto.

O conhecimento, concebido segundo essas linhas, não é uma série de teorias coerentes, a convergir para uma doutrina ideal. Não é um gradual aproximar-se da verdade. É, antes, um *oceano de alternativas mutuamente incompatíveis (e, talvez, até mesmo incomensuráveis)*, onde cada teoria singular, cada conto de fadas, cada mito que seja parte do todo força as

demais partes a manterem articulação maior, fazendo com que todas concorram, através desse processo de competição, para o desenvolvimento de nossa consciência. Nada é jamais definitivo. A tarefa do cientista não é mais *buscar a verdade* ou *sistematizar observações* ou *aperfeiçoar as previsões*. Esses são apenas efeitos colaterais de uma atividade para a qual sua atenção se dirige diretamente e que é “tornar forte o argumento fraco” (FEYERABEND, 1989, p. 40-41).

Qualquer teoria interessante está cercada de um oceano de anomalias cujos elementos dão origem a ulteriores anomalias, quando se busca corroborá-la. Não há uma única teoria digna de interesse que esteja em harmonia com todos os fatos conhecidos:

Nenhuma teoria está em concordância com todos os fatos de seu domínio. O conflito entre fatos e teorias constitui um primeiro passo na tentativa de identificar princípios implícitos em noções observacionais comuns (FEYERABEND, 1989, p. 77).

Dada uma teoria qualquer, é possível mostrar numerosos resultados experimentais que estão em conflito com ela. Dado um resultado experimental qualquer, parcialmente confirmado, pode-se indicar experimentos que negam aquele resultado e assim por diante. A questão é saber se tais discrepâncias entre a teoria e os fatos devem ser aprofundadas ou reduzidas, saber o que fazer com elas (*id.*, 2008, p. 71).

“Se fôssemos excluir uma ideia só porque dados empíricos a contradizem, teríamos matado a ciência há muito tempo”. Toda teoria científica interpretada em sentido literal está em conflito com numerosos fatos! (*ibid.*, p. 58).

Tanto as teorias *quanto* as observações podem ser abandonadas: teorias podem ser abandonadas em virtude de observações conflitantes; observações podem ser afastadas devido a razões teóricas. Enfim, descobre-se que o aprendizado não se desenvolve da observação para a teoria, mas sempre envolve *ambos* esses elementos. A experiência aparece *acompanhada* de pressupostos teóricos e *não* antes deles; e a experiência sem teoria é tão incompreensível quanto (supostamente) a teoria sem experiência (FEYERABEND, 1989, p. 262-263).

Um ponto interessante é que, segundo Feyerabend, nenhuma ideia interessante foi jamais completamente sufocada, por mais escassas que fossem as provas a seu favor (*id.*, 2008, p. 75).

Para progredir, é preciso fazer recuo, afastando-se da evidência, reduzindo o grau de adequação empírica (conteúdo empírico) das teorias, abandonando o que já se conseguiu e começar de novo (FEYERABEND, 1989, p. 179).

O “anarquismo” de Feyerabend não elimina a metodologia, mas a reforma simplesmente; em vez de “princípios”, “pressuposições”, “condições necessárias de cientificidade”, colocam-se regras empíricas (*ibid.*, p. 87).

O objetivo de Feyerabend não é o de substituir um conjunto de regras por outro conjunto de mesmo tipo: é, antes, o de convencer o leitor de que todas as metodologias, inclusive as mais óbvias, têm limitações. Para isso a melhor maneira é apontar os limites e a irracionalidade de algumas regras que alguém possa considerar fundamentais:

A condição de coerência, por força da qual se exige que as hipóteses novas se ajustem a teorias aceitas, é desarrazoada, pois preserva a teoria mais antiga e não a melhor. Hipóteses que contradizem teorias bem assentadas proporcionam-nos evidência impossível de obter por outra forma. A proliferação de teorias é benéfica para a ciência, ao passo que a uniformidade lhe debilita o poder crítico. A uniformidade, além disso, ameaça o livre desenvolvimento do indivíduo (FEYERABEND, 1989, p. 45).

Quer dizer, a unanimidade de opinião pode ser adequada para uma igreja, para as vítimas temerosas ou ambiciosas de algum mito (antigo ou moderno) ou para os fracos e conformados seguidores de algum tirano. A variedade de opiniões é necessária para o conhecimento objetivo. E um método que estimule a variedade é o único método compatível com a concepção humanitarista (*ibid.*, p. 57).

O pluralismo das teorias e das doutrinas metafísicas não é apenas importante para a metodologia; também é parte essencial da concepção humanitária. O princípio da pluralidade não apenas recomenda a invenção de novas alternativas, mas também impede a eliminação de teorias *mais velhas* e já refutadas (FEYERABEND, 1989, p. 71-73).

Qualquer ideia, embora antiga e absurda, é capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. Teorias superadas podem ser usadas também para a crítica das que as sucederam com melhor sorte. Os ingredientes ideológicos de nosso conhecimento e, mais especialmente, de nossas observações, são descobertos com o auxílio de teorias por eles refutadas.

E há que considerar que, assim como o conhecimento de hoje pode, amanhã, passar a ser visto como conto de fadas, o reverso também é possível: o mito atual mais ridículo pode vir a transformar-se no futuro na mais sólida peça da ciência (*ibid.*, p. 71). Não será a primeira vez que uma ideia derrotada se revela *a posteriori* justa – basta pensar no dilema imobilidade/movimento da Terra para verificar que na ciência são comuns as reviravoltas.

Muitos cientistas, entretanto, não pensam assim. E, embora tenham opiniões errôneas sobre a natureza da ciência, no entanto fazem descobertas, promovem revoluções, ampliam de maneira constante o nosso horizonte. Disso deduz-se que se deve distinguir entre a prática da ciência – que é complicada, não de todo transparente, mas parece produzir bons resultados – e as ideias filosóficas, que não apenas não tem influência sobre a prática, como oferecem somente a sua ridícula caricatura. Uma boa filosofia não preserva ninguém da possibilidade de tornar-se ridículo acerca de questões científicas, ao passo que uma má filosofia não arruína completamente um cientista (*id.*, 2008, p. 70).

Peter Galison (*apud* FEYERABEND, 2008, p. 90-91), em *Como Terminaram os Experimentos*, chama a atenção sobre a maneira como se modificou a pesquisa em largos setores da física durante os últimos cinquenta anos: os indivíduos isolados que utilizavam instrumentos minúsculos foram substituídos por equipes de pesquisadores formadas por grande número de pessoas e que trabalham em centros de pesquisa (como o CERN) com uma aparelhagem que lembra os grandes complexos industriais. Galison demole também a distinção entre o contexto da descoberta e o da justificação e demonstra que o racionalismo, independente da pesquisa, não tem pontos de engate com a prática científica. De particular interesse é sua tese de que o processo mediante o qual são resolvidas as disputas científicas tem muito em comum com os processos que antecedem a conclusão de uma tratativa política: há diferentes partidos dotados de informações, habilidades, ideologias diversas e diversos acessos àquilo que os partidos estariam prontos para aceitar como fatos “objetivos”.

A ciência é um *processo histórico* heterogêneo e complexo, que encerra vagas e incoerentes antecipações de futuras ideologias e, a par delas, contém sistemas teóricos altamente refinados convivendo com antigas e petrificadas formas de pensamento. Atualmente tem-se uma compreensão de que a ciência não é sacrossanta e de que o debate entre ciência e mito se encerrou sem vitória para qualquer dos lados, o que empresta maior força ao anarquismo (FEYERABEND, 1989, p. 230, 267).

Claro se torna que a adesão às novas ideias terá de ser conseguida por meios outros que não argumentos. Terá de ser obtida por *meios irracionais*, como a propaganda, a emoção, as hipóteses *ad hoc* e os preconceitos de toda a espécie. Tornam-se necessários esses “meios irracionais” para dar apoio àquilo que não passa de fé cega, até que se disponha das ciências auxiliares, de fatos, de argumentos que transformem a fé em “conhecimento” bem fundado (FEYERABEND, 1989, p. 238).

As ideias introduzidas para ampliar e aperfeiçoar o conhecimento *podem* surgir de maneira desordenada e a *origem* de um particular ponto de vista talvez esteja na dependência de preconceito de classe, paixão, idiosincrasias pessoais, questões de estilo e até mesmo de puro e simples erro. Mas a razão exige também que, ao *julgar* essa ideias, se obedeça a certas regras bem definidas: a *avaliação* de ideias não deve deixar-se penetrar por elementos irracionais. Ora, o que nossos exemplos históricos mostram é, aparentemente, o seguinte: houve situações em que nossos juízos mais liberais, e as mais liberais de nossas regras teriam eliminado uma ideia ou um ponto de vista que, hoje, é considerado essencial para a ciência. E tais situações se repetem com frequência. As ideias sobreviveram e *agora* pode-se dizer que estão em harmonia com a razão. Sobreviveram graças ao preconceito, à paixão, à presunção, aos erros, à pura teimosia. Consequentemente, convém permitir que, *em quaisquer circunstâncias*, as inclinações se contraponham à razão, pois isso pode beneficiar a ciência. *Quer dizer, a razão é suscetível de impedir o progresso. A irracionalidade pode auxiliá-lo* (*ibid.*, p. 239-240).

Hoje a propaganda não é mais considerada uma atividade marginal a ser evitada pelo “cientista profissionalmente honesto”. Pela forma como agora se compreende a ciência, em certas circunstâncias, a *propaganda é fundamental* (*ibid.*, p. 242).

Por defender estas ideias inusitadas, Feyerabend foi acusado de ser um pregoeiro do relativismo e do anarquismo intelectual. Mas quais são as intenções deste anarquista?

Feyerabend responde: “Eu diria que um relativista deveria ter a intenção de proteger os indivíduos, os grupos e as culturas das ações cuja verdade julga ter encontrado.” (*id.*, 2008, p. 58). Sua fala é uma apelo à tolerância, à aceitação do diferente, porque o relativismo equivale agora ao reconhecimento de que não há uma natureza estável, mas uma realidade indeterminada, não cognoscível em princípio, o que pode refutar certas abordagens – algumas

ações permanecem sem verificação – mas deixa um espaço de manobra maior do que tudo quanto os realistas como Platão ou Einstein poderiam supor (*ibid.*, p. 61).

Fazendo ciência de um modo produtivo, é possível apoiar-se na fé ou na razão. Neste último caso, será preciso que os cientistas se tornem metafísicos, porquanto a metafísica é definida como uma disciplina que não se baseia na observação, mas examina as coisas independentemente daquilo que a observação parece nos dizer. Numa palavra, a boa ciência tem a necessidade de argumentos metafísicos para continuar a se desenvolver; hoje ela não seria o que é sem essa dimensão filosófica (*ibid.*, p. 17-18).

Dever-se-ia admitir também que a objetividade não é um ingrediente *a priori* da ciência, porém um instrumento da pesquisa que pode produzir resultados, mas pode também falhar. O conhecimento “objetivo”, emotivamente descontaminado, é apenas uma forma de conhecimento, e de modo algum a mais importante. As relações humanas são criadas e mantidas pela empatia, a qual, só para agradar os objetivistas, poderia ser considerada uma operação especial, como o uso de um microscópio, que leva a intuições não disponíveis através de outras operações (*ibid.*, p. 83, 85).

As leis científicas não são universalmente verdadeiras, dependem do “contexto cultural”, isto é, do modo de viver do qual se faz parte. Elas são corretas para quem pertence à civilização ocidental, são corretas em relação aos seus procedimentos e em face dos critérios desenvolvidos por essa civilização, porém não só não são verdadeiras, mas com certeza elas não têm sentido numa cultura diferente (*ibid.*, p. 28).

Em síntese, o objetivo de Feyerabend é convencer o leitor que “todas as metodologias, mesmo as mais óbvias, têm limitações”. Portanto, eleger “o” método científico é perigoso e inadequado. Sua argumentação procura mostrar a “irracionalidade do racionalismo” ao mesmo tempo que tenta fazer emergir a “razoabilidade do irracionalismo” (REGNER, 1996, p. 238).

Com esta discussão acerca do que é a ciência, das aplicações tecnológicas da ciência e das suas limitações, bem como das ideias de Kuhn, Popper e Feyerabend apresentadas, objetivou-se completar os subsídios epistemológicos para a pesquisa e a prática em sala de aula. No próximo capítulo serão discutidas as metodologias passíveis de serem utilizadas.

METODOLOGIA

*“Caminhante, não há caminho;
faz-se caminho ao andar.”*

Antonio Machado, poeta espanhol

4 METODOLOGIA

4.1 ENFOQUE QUANTITATIVO

Na abordagem quantitativa, os instrumentos de medida usados na pesquisa em ensino devem atender a duas características básicas de qualquer instrumento de medida: a fidedignidade e a validade. De acordo com Moreira (2003, p. 107),

A fidedignidade de um instrumento refere-se à estabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, i. e., ao grau de consistência dos valores medidos. A validade, por sua vez, tem a ver com até que ponto o instrumento está, de fato, medindo o que se supõe que esteja medindo.

A importância da fidedignidade de um instrumento também pode ser inferida das palavras de Vianna (1973, p. 145):

Se um teste é aplicado ao mesmo grupo um grande número de vezes, espera-se que os resultados sejam os mesmos, desde que o grupo não se modifique. Se em cada vez que o teste for aplicado, satisfeitas determinadas condições, os escores forem diferentes para o mesmo grupo, não se poderá ter confiança no instrumento, porque não haverá consistência nas medidas.

Como não é possível, nem desejável, aplicar várias vezes o instrumento ao mesmo grupo, recorre-se a procedimentos estatísticos que permitem estimar a fidedignidade do instrumento a partir dos dados de um certo número de indivíduos.

A ferramenta estatística básica usada para estimar a fidedignidade é a correlação. Correlações de + 1,00 indicam perfeita fidedignidade enquanto correlações próximas a zero indicam ausência de fidedignidade. Correlações entre zero e um significam níveis intermediários de confiança. Na prática, os valores aceitáveis do coeficiente de fidedignidade dependem do que se está medindo. Na área de atitudes e interesses, por exemplo, onde os dados são mais flexíveis e mutáveis, correlações da ordem de 0,7 são aceitáveis. Em outras áreas espera-se valores acima de 0,85 (MOREIRA, 2003, p. 101).

A fidedignidade de um instrumento é condição necessária mas não suficiente para que este instrumento seja útil. É preciso que tenha também validade, ou seja, que meça aquilo que se pretende medir. A validade, por depender da situação e da finalidade com que é usado o instrumento, é mais complexa de ser avaliada. Na pesquisa em ensino costuma-se utilizar a validade de conteúdo, a validade concorrente e a validade preditiva (MOREIRA, 2003, p. 108).

Mas até que ponto se pode concluir que os efeitos observados de fato podem ser atribuídos ao tratamento X que se está investigando? Segundo Best (1970 *apud* MOREIRA, 2003, p. 111), deve-se tentar determinar se não há outros fatores explicativos, se existe um efeito sistemático (validade interna) e se as relações identificadas podem ser generalizadas, isto é, se podem ser usadas para fazer previsões em outros contextos (validade externa).

Se os dados coletados forem válidos e fidedignos, então a estatística poderá facilitar grandemente sua organização e interpretação. Caso contrário, a estatística será inútil.

Usa-se a estatística descritiva para sumariar, sintetizar, reduzir as propriedades de uma massa de dados; é uma ferramenta que procura organizar e facilitar a manipulação dos dados. Já a estatística inferencial permite inferir propriedades de uma população a partir de uma amostra da mesma; sua finalidade é fazer inferências sobre a população a partir de medidas de parte dela. A estatística inferencial é utilizada, por exemplo, para verificar se as diferenças medidas entre grupos são estatisticamente significativas. Para duas amostras, usa-se os testes de significância estatística, como o “teste t” ou o “teste F”. Se a pesquisa envolver mais de duas amostras, recorre-se à análise de variância (*ibid.*, p. 112-114).

Tipicamente, na pesquisa quantitativa o investigador deve interferir o mínimo possível, evitando perturbar o “sistema” a ser medido. Gohn (1984 *apud* MOREIRA, 2003, p. 115) critica tal postura, afirmando que a pesquisa nunca é neutra, pois é sempre influenciada, marcada, pelos pressupostos teórico-metodológicos e epistemológicos de seu autor. Os fatos são sempre selecionados e analisados à luz de hipóteses, teorias e visões de mundo. Como salienta Kerlinger (1980 *apud* MOREIRA, 2003, p. 115-117), a pretensa objetividade científica é um ideal enganador. Os seres humanos – e entre eles os cientistas – são conduzidos por seus valores e motivos. Mas ele também contra-argumenta que, embora os cientistas possam ser influenciados por suas preferências, os procedimentos da ciência podem ser objetivos, isto é, busca-se a objetividade como um procedimento metodológico, balizada quando os resultados das pesquisas estão sujeitos à crítica pública. Não há, portanto, verdades

absolutas, cientificamente falando, apenas graus relativos de conhecimento válido e fidedigno.

Recentemente o enfoque quantitativo tem sido alvo de muitas críticas, principalmente porque nos fenômenos educativos não costuma haver a mesma uniformidade e estabilidade que se observa em outras ciências aplicadas, como por exemplo na agricultura, na qual os efeitos de tratamentos ou condições são suficientemente constantes em forma e limitadas em escopo para permitir a pesquisa e o desenvolvimento através de repetidas medições, previsões e intervenção experimental controlada (MOREIRA, 2003, p. 117-118).

Por essa razão, e também devido a discussões mais amplas de cunho ideológico, muitos pesquisadores têm optado por abandonar o paradigma quantitativo, adotando um viés alternativo para conduzir suas pesquisas em ensino: o *enfoque qualitativo*.

4.2 ENFOQUE QUALITATIVO

Na perspectiva da pesquisa qualitativa, não existe uma realidade objetiva independente, a realidade é socialmente construída. O pesquisador preocupa-se mais com a compreensão do fenômeno social do que com a identificação de causas. Para os realistas, instrumentos são uma maneira de atingir uma medição acurada de um objeto com existência própria; então os instrumentos quantitativos válidos são aqueles que produzem representações acuradas. Já a validade da pesquisa qualitativa, diferentemente, é determinada por seu grau de credibilidade, de persuasão.

Esta abordagem dá ênfase às experiências e às ações das pessoas. O foco está nos significados de tais ações para o indivíduo e para os outros, dentro da subcultura em estudo. Trata-se de uma abordagem interpretativa, “artística”, que, embora não exclua informações quantitativas, tem como interesse central a questão dos significados que as pessoas atribuem a eventos e objetos, em suas ações e interações dentro de um contexto social e na elucidação e exposição desses significados pelo pesquisador (*ibid.*, 118-121).

Significados podem ser denotativos e conotativos. Os significados denotativos são aqueles compartilhados culturalmente, que permitem a comunicação entre os indivíduos de uma determinada cultura. Significados conotativos são aqueles pessoais, individuais,

idiossincráticos. Quer dizer, um certo objeto ou evento dentro de uma certa cultura tem significados comuns aos membros dessa cultura, mas ao mesmo tempo cada indivíduo pode interpretá-lo de maneira diferente. Naturalmente, essa diversidade de interpretações significativas está presente na microcultura da sala de aula (MOREIRA, 2003, p. 121).

A sala de aula é vista como um ambiente organizado social e culturalmente no qual ações mudam constantemente, significados são adquiridos, trocados, compartilhados. A pesquisa interpretativa procura analisar criticamente cada significado em cada contexto, já que os significados e as ações são contextuais.

Assim como indivíduos compartilham certos significados, alguns aspectos do que ocorre em qualquer situação de ensino são generalizáveis para outras situações, outros são específicos de uma situação ou um indivíduo em particular. A tarefa do pesquisador é desvelar o que é largamente universal, generalizável a outras situações, e o que é peculiar a este caso.

Para Lutz e Ramsey (1974, p. 5 *apud* Moreira, 2003, p. 122), as diferenças entre os enfoques quantitativo e interpretativo

não decorrem do fenômeno de interesse estudado, mas da maneira como ele é estudado. Em um estudo qualitativo observacional o pesquisador não procura testar hipóteses e sim desenvolvê-las. Ao invés de começar com hipóteses, ele parte de suposições tentativas sobre o fenômeno a ser investigado. Tais suposições servem de guia ao pesquisador.

Em termos de metodologia, o investigador interpretativo

observa, participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, registrando eventos [...], coletando documentos tais como trabalhos dos alunos, materiais distribuídos pelo professor, ocupa-se de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instância tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares (MOREIRA, 2003, p. 122).

No paradigma da pesquisa interpretativa, a narrativa é de grande importância. O pesquisador se preocupa em descrever com precisão e minúcia tudo o que foi feito e a que resultados chegou. Através da argumentação, visa a convencer o leitor, obter credibilidade para seus modelos interpretativos. Os relatos pormenorizados procuram evidenciar a validade e a fidedignidade dos estudos. Esse proceder viabiliza, ainda, possíveis replicações. Sua retórica deve ser persuasiva, descritiva, detalhada:

Para isso, o pesquisador enriquece a narrativa com trechos de entrevistas, excertos de suas anotações, vinhetas, exemplos de trabalhos dos alunos, entremeados de comentários interpretativos procurando persuadir o leitor, buscando apresentar evidências que sustentem sua interpretação e permitam ao leitor ter elementos para concordar ou não com as asserções apresentadas (MOREIRA, 2003, p. 123).

A credibilidade está associada à qualidade da análise. É preciso trabalhar os dados, organizá-los, sintetizá-los, fragmentar as citações e descrições em unidades manejáveis, descobrir o que é importante e o que é secundário, decidir o que vai ser dito no produto final da pesquisa (MASSONI; MOREIRA, 2006, p. 50).

Estas são algumas das características gerais da investigação qualitativa. Existem três metodologias principais dentro deste enfoque: a etnografia, o estudo de caso e a investigação-ação. Uma apresentação detalhada destas metodologias encontra-se em Moreira (2002). Comentar-se-á aqui apenas uma das vertentes: a etnografia, que tem como principal virtude a sua flexibilidade.

A investigação etnográfica procura compreender e descrever uma cultura, a vida no grupo (p. ex., uma sala de aula, os calouros do primeiro ano de engenharia), quer dizer, suas ideias, crenças, valores e pressupostos, seus comportamentos e ações. O pesquisador etnográfico é, ao mesmo tempo, observador e participante, influencia e é influenciado. Precisa aculturar-se, pertencer à cultura investigada, mas ao mesmo tempo deve ser capaz de vê-la “de fora”, interpretá-la, descrevê-la, recriar para os leitores as crenças compartilhadas e as práticas.

A etnografia busca *descrição* e utiliza *indução* para chegar a uma realidade construída. As *hipóteses* são formuladas recursivamente durante o desenvolvimento da pesquisa. As teorias emergem dos dados, quer dizer, são *teorias fundamentadas*. O resultado do processo é uma *compreensão descritiva contextualizada*, de um grupo social, de uma situação, de uma cultura (MOREIRA, 2002, p. 32).

A observação participativa é a principal técnica de investigação etnográfica. Não obstante, as entrevistas são também muito utilizadas. Os dados gerados por essas técnicas são frequentemente completados por outros como documentos e narrativas produzidos pelo grupo investigado. A metodologia etnográfica é qualitativa e holística, faz uso da intuição, da empatia e de outras habilidades do investigador para interpretar descritivamente uma cultura (*ibid.*, p. 29-31).

Dentro da etnografia, por sua vez, podem ser identificadas três orientações principais, dependendo do nível de análise e da ênfase em suas definições de cultura: a etnografia holística, a etnociência e a microetnografia (MOREIRA, 2002, p. 31).

A *etnografia holística* procura descrever o grupo como um todo; é a etnografia tradicional ou velha etnografia. A *etnociência* e a *microetnografia* focalizam unidades menores de análise, como palavra, indivíduo, episódios. A *etnociência* centra sua análise em termos cognitivos. O conteúdo dos dados culturais consta de regras, códigos e uma ordenação de ideias da sociedade organizada em distintos domínios culturais do conhecimento. As experiências são codificadas em palavras e a linguagem é a principal fonte de dados culturais. A ênfase é, então, no vocabulário e nos esquemas de classificação (*ibid.*, p. 31).

A *microetnografia* é uma etnografia direcionada, que se ocupa de olhar repetidas vezes e de analisar detalhadamente registros audiovisuais de interações humanas em situações-chave de interação social, acompanhadas da observação participativa do contexto mais amplo em que estes episódios ocorrem. É uma etnografia da comunicação porque o foco está nos sujeitos individuais e em seu discursos em determinadas cenários (*ibid.*, p. 31).

Antes de optar por um dos enfoques, ou de simplesmente justapô-los, é importante discutir se são excludentes ou se podem ser compatibilizados.

4.3 É LÍCITO ASSOCIAR OS ENFOQUES?

As abordagens quantitativa e qualitativa na pesquisa em ensino são compatíveis, podem ser conciliadas?

Há pesquisadores que defendam uma incompatibilidade essencial, pois estas abordagens estão ancoradas em filosofias, visões de mundo, diametralmente opostas, sendo, portanto, irreconciliáveis. Outros, mais pragmáticos, misturam os enfoques de acordo com sua conveniência. Embora o debate seja importante, considera-se atraente a posição conciliatória de Eisner (1981 *apud* Moreira, 2003, p. 130) quando defende que as perspectivas podem ser entendidas como complementares. Ele propõe que, com as duas abordagens juntas, é possível

atingir uma visão binocular, mais confiável, uma vez que “olhar através de uma só lente nunca proporcionou muita profundidade de campo”.

Acreditando que as abordagens não são excludentes, optou-se por fazer uma combinação de enfoques, uma “triangulação”, utilizando diferentes fontes de coleta de dados e meios de análise da informação, tornando o fenômeno investigado mais completo e a pesquisa mais robusta.

4.4 CLASSIFICANDO A ESTRATÉGIA DA PESQUISA EMPÍRICA

Como a pesquisadora é oriunda de um curso de Bacharelado em Física e vivenciou de perto a pesquisa em física “dura”, o modelo quantitativo de investigação, próprio das ciências exatas, lhe é mais familiar. Aprendeu a gostar da manipulação de variáveis, da busca de relações entre elas. Por isso entende ser importante colher dados derivados de medições objetivas, visando uma análise quantitativa ou pelo menos um suporte quantitativo à pesquisa.

Dentre as tipologias descritas, contudo, a pesquisa certamente se enquadra melhor como uma *investigação microetnográfica*. Procurou-se descrever com riqueza e documentar exaustiva e rigorosamente os eventos e significados das ações que ocorreram na microcultura da sala de aula. Os dados quantitativos se inserem nessa busca por profundidade, por completude.

Adotou-se uma estratégia participativa, com a pesquisadora fazendo parte integrante do grupo que está sendo investigado. Nessa estratégia não é necessário que a professora se afaste dos estudantes para que ela seja objetiva, isenta. A objetividade do trabalho não se opoia em um distanciamento entre sujeito e objeto. Ao contrário, ela depende de dados que só podem ser obtidos na medida em que exista uma interação entre a investigadora e os alunos.

A pesquisadora, atuando como professora, foi um ente participante do processo. Nessa estratégia, a professora procurou registrar comentários dos alunos, anotar suas respostas, monitorar suas reações. Neste viés, as mudanças percebidas pela professora podem ser indícios de mudanças na visão da disciplina de física ou das concepções de ciência dos alunos. Qualquer pequena mudança, portanto, deve ser anotada e investigada. Tratou-se de transcrever

comentários, registrar discussões, observar as reações dos estudantes, ver se suas opiniões se mostravam mais críticas, se suas análises se aprofundavam. Sabe-se que a utilização de um instrumento – como o Vê de Gowin, por exemplo – tanto pode acarretar grandes mudanças como pode também levar a pequenas, microscópicas alterações, praticamente inócuas. Ou seja, conhecer os alunos é uma parte fundamental do processo, para poder observar se tais mudanças ocorrem ou não.

O ponto de partida do projeto é uma ideia, uma proposta – ou melhor, um anseio – de integrar teoria e laboratório. Esta necessidade surgiu de reflexões e constatações ao longo da trajetória enquanto professora universitária do Departamento de Física da FURG, lecionando a disciplina de Física I, ministrada principalmente aos calouros dos cursos de graduação em Engenharia. Outros cursos ainda faziam uso desta disciplina na época, mas reformas curriculares em andamento logo viriam a produzir disciplinas específicas para os cursos de Oceanologia, Matemática, Biologia, Física e Geografia, assim como para os diversos cursos de Engenharia.

As ideias foram sendo gestadas, amadurecidas e colocadas em prática pela pesquisadora, ao longo de uma caminhada de três anos como professora, período em que foram desenvolvidas uma série de etapas de investigação que, por comodidade, denominaremos sucintamente de:

- Ano I – Estudo Preliminar
- Ano II – Estudo Piloto
- Ano III – Estudo Final

O mapeamento do universo estudado abrangeu o uso de diversos tipos de registros: escritos, falados e gravados. Os dados coletados para a pesquisa envolvem materiais como: opiniários, testes de concepções alternativas, provas teóricas e experimentais, questionários de avaliação do professor pelo aluno, relatórios produzidos em aulas práticas, diagramas V para textos e experimentos, uma escala de atitudes sobre a visão de ciência dos alunos (construída para a pesquisa), entrevistas semi-estruturadas e diários escritos pela professora.

As vivências, os êxitos e as frustrações destes três anos de atividades como professora-pesquisadora em física geral são relatadas nos capítulos seguintes.

ESTUDOS INICIAIS

*“Conhecer o caminho não é
o mesmo que percorrê-lo.”*

**Personagem Morpheus,
do filme Matrix**

5 ESTUDOS INICIAIS

5.1 ANO I – ESTUDO PRELIMINAR

O Ano I é composto de dois estudos, um em cada semestre. Remontam a ele a maior parte dos anseios e indagações que deram origem a esta investigação.

5.1.1 Primeiro Semestre – Constatações

No Ano I lecionamos a disciplina Física I, semestral, para três turmas de graduação em Engenharia. Nas turmas C e D, de calouros da Eng. Mecânica, fomos responsáveis tanto pelas aulas teóricas (4 h, agrupadas em uma turma única ‘CD’) quanto pelas duas classes práticas (separadas em 2 h + 2 h). Já nas turmas E e F, de repetentes, nossa participação se limitava às aulas experimentais da turma F; a teoria EF e a prática E ficaram a cargo de outros professores.

O conteúdo da primeira disciplina de física, como ocorre na maioria dos cursos de graduação, circunscrevia-se à mecânica, abrangendo tópicos de cinemática, dinâmica, trabalho, energia, momento linear, rotações e fluidos. O Anexo B apresenta os conteúdos programáticos da disciplina Física I, incluindo sua ementa e uma previsão das aulas teóricas e práticas, semana a semana. Traz ainda o conteúdo programático da nova disciplina, anual, para o curso de Engenharia Civil (Física Geral I) ministrada nos Anos II e III.

A Tabela 1 indica quantos estudantes participaram do 1º Semestre do Ano I. Nele, todas as turmas de laboratório fizeram uso de relatórios. Aulas experimentais, nos Anos I a III, ocorreram na Sala 1 do Laboratório de Ensino de Física, onde havia cinco bancadas. Por isso, os estudantes dividiam-se naturalmente em cinco grupos, com cinco ou seis alunos cada. Eventualmente utilizava-se também a Sala 2, ao lado, que dispunha de mais duas bancadas.

Tabela 1 – Alunos que participaram do Ano I – Estudo Preliminar – 1º Semestre

| Curso - Turma - Aulas | Matriculados | Alunos Efetivos | No Laboratório |
|-------------------------------|--------------|-----------------|----------------|
| Engenharia Mecânica - C - T/P | 30 | 23 | Relatórios |
| Engenharia Mecânica - D - T/P | 29 | 25 | Relatórios |
| Engenharia Química - F - P | 21 | 9 | Relatórios |
| Total | 80 | 57 | |

Foi nesta época o primeiro contato com as dificuldades de realizar boas aulas práticas, a complexidade da preparação do material e a necessidade imperativa de um laboratorista. Às vezes o material não estava disponível. Em outras era inadequado ou precisava ser ampliado, reestruturado, refeito. A laboratorista nem sempre estava disponível e, por vezes, precisava atender vários professores simultaneamente.

Então começamos a questionar qual era a função das aulas de laboratório, qual sua utilidade. Logo percebemos que o esforço requerido para realizar boas aulas experimentais era muito maior do que parecia à primeira vista. Isso sem falar na infinidade de relatórios para corrigir, muitos dos quais reproduções idênticas uns dos outros. O trabalho era enorme, exaustivo. E ainda havia a (auto-)exigência de escrever (ou reescrever) roteiros melhores. Alguns dos roteiros existentes, além de serem extremamente diretivos, veiculavam ideias sobre a ciência e o fazer ciência frontalmente contrárias às que professamos. Ao utilizá-los, mesmo sem querer, acabávamos ensinando que o conhecimento vem “à tona”, bastando para isso que seja utilizado o “método científico” – forma segura de se chegar à “verdade”. Os textos reforçavam visões de mundo (no nosso entender) equivocadas, retrógradas e prejudiciais ao ensino. Afirmavam ao aluno que ele deveria “descobrir” a lei de Hooke ou “concluir” a 2ª Lei de Newton. Aula após aula, víamos os estudantes executar os passos determinados pelos verbos de ação que se sucediam sem parar: *verificar*, *determinar*, *fazer* o gráfico, *obter* a relação matemática entre variáveis, *concluir*. No Anexo C, reproduzimos alguns roteiros utilizados no laboratório à época, a título de exemplo.

Nessa concepção do trabalho científico, os cientistas deveriam ser idolatrados, tratados como mito. Físicos famosos como Newton e Einstein eram de imediato incluídos na categoria “gênios” – criaturas supra-humanas. Seu prolapado comportamento antissocial mostrava, inclusive, seu desprezo pelas coisas mundanas, valorizadas apenas pelos “pobres mortais”. É óbvio que nesta perspectiva, nenhum calouro se imaginaria sendo um futuro cientista, ou

aspirando ser um. Até porque nesta cosmovisão ninguém se forma cientista, nasce-se pronto. Ou já se é um gênio desde criança, ou então nunca será um. Discutiremos mais sobre essas ideias na análise das entrevistas feitas com os estudantes. Por ora, retornemos às aulas.

Nossas aulas teóricas, neste semestre, foram extremamente tradicionais: muito giz e quadro-negro. Apresentávamos o conteúdo com grande apego ao livro de texto⁹, mas procurávamos explicar os conceitos, sintetizar princípios e leis, esmiuçar exemplos. Se por um lado gostaríamos de enfatizar mais aspectos conceituais, por outro os anos de treinamento na graduação em física acabavam falando mais alto e, então, privilegiamos o formalismo. Ao mesmo tempo que procurávamos ilustrar a teoria com exemplos e aplicações, recomendávamos que os alunos resolvessem vasta quantidade de problemas. Deles foi exigido que respondessem muitos exercícios e testes mensais, elaborassem vários relatórios e trabalhos, todos valendo nota. A maioria dos alunos concluiu as tarefas, obtendo êxito. A Tabela 2 mostra que 73% dos alunos das turmas CD foram aprovados (51% sem exame e outros 22% com exame). Apenas 27% dos matriculados foram reprovados e, destes, boa parte (17%) desistiu ao longo do semestre ou nunca compareceu.

Tabela 2 – Evolução dos alunos do Ano I – Estudo Preliminar – 1º Semestre

| Curso - Turma | Matric. | Efetivos | Aprov. por média | Aprov. com exame | Reprovaram ou desistiram |
|-------------------|---------|----------|------------------|------------------|--------------------------|
| Eng. Mecânica - C | 30 | 23 | 13 | 7 | 10 |
| Eng. Mecânica - D | 29 | 26 | 17 | 6 | 6 |
| Eng. Química - F | 21 | 9 | 1 | 1 | 19 |
| Total | 80 | 58 | 31 | 14 | 35 |

Tal aprovação dos alunos, grande se comparada aos índices típicos das físicas gerais, fez com que colegas docentes pensassem que não exigimos o suficiente na avaliação, que havíamos sido “boazinhas” ao atribuir notas. Professores (engenheiros) do meio do curso mostravam-se indignados, “pois não estávamos cumprindo nosso papel de reter os alunos no primeiro ano”, acarretando “turmas do 2º e 3º anos desnecessariamente cheias”. Na ótica destes professores havíamos, com certeza, “aprovado alunos despreparados, pois nada ‘lícito’ poderia ser feito para modificar a consagrada reprovação dos calouros!” (sic)

⁹ Halliday *et al.* (1991).

Estas concepções educativas nos levaram à reflexão. Teriam os estudantes realmente sido aprovados sem terem aprendido o suficiente? Havíamos falhado como docentes? Passamos a ponderar os argumentos. Era verdade que a composição da nota – três pontos da parte experimental, obtidos dos relatórios escritos, a maioria feitos em grupo, mais um ponto de trabalhos e apenas seis pontos das provas – poderia ter contribuído um pouco para a aprovação, pois as piores notas costumam ser as das provas. Contudo, esta composição da nota foi sugestão de docentes mais antigos, e, embora na disciplina tenhamos resolvido alterar esses fatores nos anos seguintes, esta é uma resposta simplista para a aprovação da turma CD. Na época, os professores tinham autonomia didática e era comum as avaliações diferirem bastante de professor para professor. Alguns, por exemplo, além dos relatórios, mantinham o hábito de colocar duas questões experimentais nas provas, sistema que utilizamos apenas no exame final.

Consultamos testes de outros professores para fazer uma comparação. Em essência, as provas teóricas não diferiram das dos demais professores: resumiam-se a listas de problemas. Listas *extensas* de problemas. Algum item conceitual eventual. Perguntas de compreensão isoladas: Qual a diferença entre massa e peso? Por que uma gota de chuva não cai em queda livre? Em dado momento até chegamos a uma questão mais longa: “Escreva sobre trabalho e energia”. Mas em nenhuma prova deixamos de lado os problemas. *Muitos* problemas numéricos característicos do Halliday. Intercalados com itens de certo ou errado, para investigar um pouco a compreensão de conceitos.

Nestes poucos lapsos conceituais, concepções errôneas vieram à tona. Mas apenas por breves momentos. Um aluno escreveu na terceira prova: “A energia *cinética* é a capacidade do corpo de realizar trabalho.” E outro foi ainda mais taxativo: “A energia cinética não pode ser negativa porque não existe velocidade negativa.”

Pode ser que tenhamos sido “generosas” ao avaliar essa turma, mas os resultados provavelmente se devem mais ao entrosamento professor-aluno do que a quaisquer “facilidades” avaliativas. Fomos pacientes com os estudantes. Procuramos estimulá-los, convencê-los de que eram capazes de aprender. Provocá-los a resolver os problemas. Apostamos que poderiam ser aprovados. Não baixamos sua auto-estima. Não usamos de indiferença ou insensibilidade. Não fomos mordazes com sua condição de novatos. Tivemos muita paciência e tolerância, inclusive para ensinar aspectos triviais, como ligar a calculadora

ou explicar o significado de palavras corriqueiras usadas em aula como, p. ex., “impreterivelmente”. Em várias oportunidades tivemos que solicitar que escrevessem com letra minimamente legível. E procuramos responder todas as dúvidas, inclusive aquelas repetitivas e tolas. Ensinamos, não apenas física, mas um pouco do que é a vida universitária. Quer dizer, apoiamos carinhosamente os estudantes em seu processo de transição do estado inicial “calouro” para o estado final “estudante universitário”. Esse cuidado fez com que muitos alunos continuassem vindo às aulas, mesmo aqueles que tinham obtido notas ruins nas primeiras provas. A aprovação maior provavelmente aconteceu devido à menor desistência na disciplina. A maioria dos alunos não é reprovada, desiste antes. Vemos, portanto, que as turmas de calouros não são tarefa trivial, requerem tempo e dedicação. Mas foi essa atenção que eles precisavam para mostrar seu potencial.

Reflexões sobre o real entendimento dos alunos sobre os conceitos físicos brotavam em nossa mente, mas tiveram que ficar para as etapas seguintes da pesquisa. Quando percebemos, a disciplina já tinha terminado.

Ao longo de todo o primeiro semestre do Ano I constatamos como as turmas C+D e F evoluíram de forma diferente. Como professora da teoria e da prática de C+D, era possível fazer, frequentemente, conexões e referências de um tipo de aula para a outra, reorganizar o cronograma das práticas de acordo com a evolução da teoria, adiantando alguns conteúdos e retardando outros, conforme as necessidades. No laboratório, os alunos costumeiramente se utilizavam de aspectos da teoria vista em aula, aproveitavam os experimentos para esclarecer dúvidas e teciam comentários envolvendo conceitos, leis ou problemas vistos na teoria. Como docentes, procurávamos aproveitar as exposições ou resoluções de exercícios para relacioná-las com as experiências sempre que a aula teórica tinha alguma conexão com as práticas, fossem elas passadas ou futuras. O ritmo das aulas e o aproveitamento dos estudantes, mesmo com todas as dificuldades que os ingressantes enfrentam na universidade, foi satisfatório para mais de metade da turma, o que foi motivo de orgulho, pois estava bem acima das médias típicas de aprovação de 20 a 30% nestas disciplinas iniciais.

A turma F, contudo, não teve o mesmo desfecho. Sua evolução foi bem diferente. Nesta turma, participávamos apenas dos experimentos. Na opinião dos alunos, o professor da teoria dava boas aulas, mas tinha fama de ser exigente demais, além de evitar ao máximo contato com os alunos fora da sala de aula, raramente estando disponível para tirar dúvidas.

Pelas dificuldades dos alunos, muitas delas verbalizadas nas aulas de laboratório, acreditamos que ele não fazia muitas referências ao cotidiano ou à prática, limitando-se a explicar os conceitos e o formalismo envolvido. Nas aulas experimentais, os alunos se esforçavam, inclusive porque tinham uma motivação extra – as práticas contribuiriam com 30% da nota final na disciplina. Contudo, o que presenciávamos, aula após aula, foi uma desconexão entre teoria e prática. Mesmo seguindo os cronogramas previstos, os assuntos na teoria e na prática não correspondiam. Não tendo como saber, aula a aula, como estava sendo desenvolvida a teoria, era para nós impossível adequar as práticas. Apesar de nosso esforço em fazer os alunos compreenderem e vincularem teoria e prática – inclusive procurando auxiliá-los em suas dúvidas teóricas, do mesmo jeito que fazíamos com as turmas C+D – os alunos relatavam apenas fracassos e insucessos. As provas teóricas os apavoravam de tal modo que mais de metade da turma desistiu antes de realizar a 1ª avaliação, cancelando preventivamente a disciplina. Os restantes, apesar de serem repetentes e já terem realizado algumas práticas no ano anterior, foram desistindo ao longo do semestre. E mesmo boa parte dos obstinados, que cursaram toda a disciplina e realizaram todos os trabalhos, foi reprovada. Assim como eles, nos sentimos impotentes e fracassadas.

5.1.2 Mais indícios

Preocupadas com a grande desistência dos alunos na turma F, resolvemos investigar se essa era uma situação rotineira ou atípica. Indícios poderiam ser obtidos a partir da análise da evolução dos alunos matriculados em Física I no ano anterior. Vamos a eles. Neste “Ano Zero”, houve 10 turmas de Física I (de A a J), cujas aulas teóricas estiveram a cargo de cinco diferentes professores. Do total de 319 alunos matriculados, 60 trancaram a disciplina (19%), 56 abandonaram o curso (18%), 203 podem ser considerados alunos efetivos pois realizaram as duas avaliações (63%), mas destes apenas 119 compareceram ao exame¹⁰ (37% dos matriculados). Os aprovados somam 96, o que mostra que a aprovação média das 10 turmas de Física I do “Ano Zero” foi de apenas 30%. Portanto, conforme era sabido pelos professores

¹⁰ A média mínima para aprovação sem exame é 7,0 e com exame é 5,0. Para o cálculo da nota final com exame, as provas têm peso 6 e o exame, peso 4. Isso significa que se o aluno está com média 5,0 precisa obter 5,0 no exame para ser aprovado. Se suas notas estiverem abaixo da média 5,0, precisará obter nota maior que 5,0 no exame, o que é mais difícil. Por exemplo, uma média 4,0 requererá 6,5 no exame para aprovação. Já se o estudante tiver média 6,0, precisará apenas 3,5 no exame.

que já haviam lecionado a disciplina anteriormente, a baixa aprovação é recorrente nas disciplinas de física geral, principalmente no primeiro ano. Além disso, podemos estimar em 50% a desistência efetiva (soma de trancamentos, abandonos e não-comparecimentos ao exame nos casos obrigatórios). Quer dizer, metade dos alunos abandona o curso sem realizar as provas ou o exame final.

5.1.3 Segundo Semestre – Ensaio e Evidências

Começamos o segundo semestre do Ano I elegendo a integração entre teoria e prática nas aulas de física geral como tema da dissertação. Mas, infelizmente, por motivos alheios à nossa vontade, foi necessário substituir um professor em licença, lecionando Física IV, uma disciplina essencialmente teórica. Continuamos, contudo, com turmas práticas da Física I. Assim como a fatídica turma F do semestre anterior, as práticas B, C e G mostraram-se igualmente decepcionantes. O perfil dos alunos que participaram do 2º Semestre do Ano I é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Alunos que participaram do Ano I – Estudo Preliminar – 2º Semestre

| Curso¹¹ - Turma - Aulas | Matriculados | Alunos Efetivos | No Laboratório |
|---|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Engenharia de Alimentos - B - P | 27 | 20 | Vês |
| Engenharia Química - C - P | 17 | 11 | Vês |
| Engenharia Civil - G - P | 19 | 12 | Relatórios |
| Total | 63 | 43 ¹² | |

Neste semestre, introduzimos o Vê de Gowin como alternativa ao relatório nas aulas experimentais. Dividimos as três turmas em dois grupos, um experimental (turmas B e C), que utilizou o Vê de Gowin, e um de controle (turma G), que utilizou o relatório tradicional. Todas as turmas realizaram, ao longo do semestre, os oito experimentos listados no Quadro 1.

¹¹ Listamos o curso predominante. Há alunos de outros cursos matriculados nestas turmas.

¹² Destes, apenas 31 realizaram todas as tarefas experimentais até o final.

Quadro 1: Experimentos do Ano I – Estudo Preliminar – 2º Semestre

| Experimentos Realizados |
|---|
| E1 - Pêndulo Simples - Identificação de Variáveis |
| E2 - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado |
| E3 - Movimento de Projétil |
| E4 - Lei de Hooke (Medidas de Força) |
| E5 - Relação entre F , m e a - 2ª Lei de Newton |
| E6 - Força de Atrito |
| E7 - Trabalho e Energia - Conservação de Energia |
| E8 - Colisões - Conservação de Momento Linear |

O cronograma previsto das aulas experimentais é mais extenso, conforme vemos no Quadro 2. Apesar de todas as turmas terem aulas práticas semanais, alguns feriados e a necessidade de efetuar recuperações reduziram nossa análise aos oito experimentos já listados.

Quadro 2: Aulas experimentais – Ano I – Estudo Preliminar – 2º Semestre

| Detalhamento das Aulas Experimentais |
|---|
| 1. Linearização de gráficos. |
| 2. Pêndulo simples: identificação de variáveis relevantes. |
| 3. Pêndulo simples: determinação da aceleração da gravidade. |
| 4. Estudo de um movimento retilíneo uniformemente variado. |
| 5. Movimento de um projétil: decomposição de movimentos. |
| 6. Lei de Hooke e associação de molas. |
| 7. 1º Teste experimental. |
| 8. 2ª Lei de Newton: relação entre força, massa e aceleração. |
| 9. Hidrostática: tubo em U. |
| 10. Hidrostática: Princípio de Arquimedes. |
| 11. Relação entre trabalho e energia. |
| 12. Conservação de energia. |
| 13. Conservação de momento linear: colisões. |
| 14. Recuperação. |
| 15. 2º Teste experimental. |

Para a avaliação dos *relatórios*, adaptamos os critérios utilizados à época por outros professores: objetivos (1); material e procedimentos (2); análise dos dados (4); conclusões (2); análise de erros (1). Total: 10 pontos.

Critérios semelhantes foram utilizados na avaliação dos *Vês*: visões de mundo e teorias (1); leis e conceitos (2); questão-foco e evento/objeto (2); dados e transformações (2); asserções de conhecimento (2); asserções de valor (1). Total: 10 pontos.

Reverendo o que foi feito, percebemos uma assimetria na avaliação dos “dados” nos dois grupos. Observa-se que nos relatórios os dados valem 4 e nos *Vês*, valem 2. Nos relatórios, concluímos agora, parte da nota dos “dados” deveria ter sido atribuída a uma revisão teórica, ficando melhor avaliados se os critérios fossem: revisão da teoria (2); análise dos dados (2).

Nestas turmas experimentais, nossa preocupação foi verificar se a utilização do *Vê* de Gowin, em substituição ao Relatório, oferecia algum benefício ou desvantagem cognitiva, principalmente do ponto de vista da aprendizagem de conhecimentos práticos que ocorria (ou deveria ocorrer) nas aulas de Laboratório. Para tentar avaliar melhor o aprendizado, propusemos aos alunos a realização de provas experimentais, novidade recebida com receio pelos alunos no primeiro dia de aula. Após rápida negociação, os três pontos da nota experimental foram divididos, em cada bimestre, em duas tarefas:

- 1,5 pontos para a nota média dos *Vês*/Relatórios construídos em grupo pelos alunos para os quatro experimentos realizados;
- 1,5 pontos para uma prova escrita, com 25 questões de escolha múltipla mais uma questão aberta, para avaliar a aprendizagem sobre os experimentos.

No primeiro teste, as questões referiram-se aos experimentos E1 a E4 do Quadro 1: pêndulo simples, MRUV, projéteis e lei de Hooke. Encabeçando cada grupo de questões, tivemos o cuidado de colocar uma síntese da experiência em foco, para lembrar ao estudante os pontos essenciais do experimento, ativar sua memória. Um exemplo é:

1ª Experiência – PÊNDULO SIMPLES – Medimos os períodos para vários comprimentos do fio (30, 35, 40, 45 e 50 cm).

As questões do teste indagavam ao aluno se ele era capaz de identificar, dentre várias alternativas apresentadas, qual era o objetivo da experiência, quais os conhecimentos teóricos prévios necessários à experiência, porque foi utilizado determinado equipamento, que procedimentos experimentais foram executados no laboratório, qual a principal fonte de erro, o que deveria (ou poderia) ser feito para minimizar este erro, qual o significado de obter uma reta ou uma curva nos gráficos construídos em aula, qual o valor da declividade de um gráfico dado e o que ela expressa, que valores eram razoáveis para as grandezas (constantes ou variáveis) medidas e suas respectivas unidades, quais foram as conclusões obtidas, além das limitações e possíveis aplicações da experiência realizada. O Apêndice A mostra, na íntegra, o 1º Teste de Laboratório (abaixo denominado P1) realizado no segundo semestre do Ano I.

As notas nos Vês e Relatórios ficaram dentro do esperado: os estudantes que faziam os trabalhos obtinham boas notas e somente os que não compareciam é que ficaram com médias relativamente baixas. Por outro lado, as notas nas provas de laboratório foram péssimas. Os estudantes ficaram decepcionados com seu fraco desempenho e, para não se desestimularem com as tarefas, foi necessário normalizar as notas, isto é, multiplicá-las por um fator de modo que a nota mais alta na prova foi elevada a 10,0 e as demais sofreram o mesmo deslocamento para cima. Além disso, a pedido dos estudantes que estavam bastante estressados com as notas insuficientes nas avaliações teóricas da disciplina, foi feito ainda um trabalho prático extra sobre dinamômetros (para melhorar a nota experimental), valendo mais alguns décimos. A média da nota dos Vês/Relatórios foi somada à nota normalizada das provas e ao trabalho para compor a nota oficial da parte experimental da disciplina. Embora isso seja irrelevante para os cálculos de correlação, na análise estatística que faremos a seguir, preferimos utilizar as notas originais das provas (sem normalização) aliadas às notas dos Vês/Relatórios. Para realizar alguns dos cálculos que seguem utilizamos o pacote estatístico *SPSS for Windows 8.0*.

Inicialmente fizemos uma análise de consistência interna (autocorrelação) para cada uma das provas de laboratório P1 e P2. Em cada caso foi construído um escore total a partir da soma dos escores das 25 questões objetivas, cada uma delas podendo assumir os valores 1 (se foi marcada a alternativa correta) ou 0 (para as alternativas incorretas). Por simplicidade, neste momento optamos por deixar de lado a questão aberta que também fazia parte do teste. O valor do coeficiente alfa de Cronbach para cada prova pode evidenciar se existe um fator geral subjacente aos itens. O coeficiente alfa é também uma estimativa do coeficiente de fidedignidade do instrumento.

A Tabela 4 mostra que os alunos acertaram, em média, metade das questões da prova experimental, com um desvio de cerca de 3 questões para baixo ou para cima. O resultado da prova P2 foi um pouco pior do que o da P1. O cálculo do coeficiente alfa de Cronbach resultou em 0,32 para P1 e 0,591 para P2, indicando que estes instrumentos não foram muito eficazes para medir (nesta população) o que se pretendia. Avaliamos se a supressão de alguns itens seria capaz de aumentar o coeficiente de fidedignidade dos compósitos P1 e P2, mas a eliminação de vários itens modificou muito pouco os valores dos coeficientes alfa.

Tabela 4 – Análise de consistência interna das provas experimentais – Ano I

| Prova | Curso - Turmas | Respondentes | Questões | Média Acertos | Desvio padrão | Coef. Alfa |
|--------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| P1 | Engenharia - B, C, G | 43 | 25 | 13,02 | 2,76 | 0,320 |
| P2 | Engenharia - B, C, G | 31 | 25 | 11,94 | 3,58 | 0,591 |

Analisando as respostas incorretas dos estudantes, percebemos que eles não evidenciaram aprendizagem significativa de certos tópicos, principalmente aqueles versando sobre fatores de erro e conceitos e princípios prévios necessários à realização (ou ao entendimento) das experiências. Isso ocorreu apesar de em quase todos os roteiros haverem questões (que foram discutidas em aula) sobre fontes de erro e estratégias para minimizá-las. Da mesma forma, conhecimentos teóricos foram amplamente revistos no início e durante os experimentos. Justamente por isso os resultados das provas experimentais foram bastante frustrantes, porque evidenciaram lacunas importantes na aprendizagem de temas essenciais.

Se os alunos não compreendiam quais eram os conhecimentos prévios utilizados nas experiências, nem suas limitações, que utilidade tinham as aulas práticas para eles? Que aprendizagens efetivamente ocorriam nas aulas experimentais? Haveria um modo mais eficiente de ensinar no laboratório? Que estratégias poderiam fazer os alunos dispensar mais atenção às atividades práticas? Estas questões serão retomadas posteriormente.

Apesar das provas experimentais não serem instrumentos confiáveis, resolvemos mesmo assim verificar se elas guardavam relação com as notas obtidas nos Vês e Relatórios, pois nosso objetivo continuava a ser o de comparar a eficácia dos Vês como alternativa ao relatórios. Seriam os Vês instrumentos piores, iguais ou melhores se comparados aos relatórios tradicionais?

Na Tabela 5 apresentamos os coeficientes de correlação de Pearson, para o grupo experimental, entre as médias dos Vês do 1º e 2º bimestres, respectivamente V1 e V2, e as provas experimentais P1 e P2. Observamos correlação mais forte entre V1 x V2, correlações médias entre P1 x P2, V1 x P1, V1 x P2, V2 x P2 e correlação fraca entre V2 x P1.

Tabela 5 – Coeficientes de correlação para o grupo experimental – Ano I

| Variável | N | V1 | P1 | V2 | P2 |
|------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Média dos Vês V1 | 20 | 1,000 | 0,523* | 0,754** | 0,497* |
| Prova P1 | 20 | | 1,000 | 0,313 | 0,503* |
| Média dos Vês V2 | 20 | | | 1,000 | 0,450* |
| Prova P2 | 20 | | | | 1,000 |

N = número de alunos que tem quatro notas.

V1 e V2 = valor médio das notas dos Vês do 1º e 2º bimestres, respectivamente.

P1 e P2 = valor das notas das provas experimentais do 1º e 2º bimestres, respectivamente.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

Na Tabela 6 mostramos os coeficientes de correlação de Pearson, para o grupo de controle, entre as médias dos Relatórios do 1º e 2º bimestres, respectivamente R1 e R2, e as provas experimentais P1 e P2. Observamos várias correlações negativas, o que indica que uma nota alta nos relatórios está relacionada a uma nota baixa nas provas. As notas dos relatórios correlacionam-se fortemente entre si (R1 x R2), conforme esperado. Mas existem correlações negativas fortes entre R1 x P1, R1 x P2, R2 x P1, além de correlação fraca entre R2 x P2 e, até mesmo entre P1 x P2, o que novamente mostra que há problemas com as provas experimentais.

Tabela 6 – Coeficientes de correlação de Pearson para o grupo de controle – Ano I

| Variável | N | R1 | P1 | R2 | P2 |
|-------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Média dos Relatórios R1 | 11 | 1,000 | -0,705* | 0,903** | -0,511 |
| Prova P1 | 11 | | 1,000 | -0,749** | 0,440 |
| Média dos Relatórios R2 | 11 | | | 1,000 | -0,339 |
| Prova P2 | 11 | | | | 1,000 |

N = número de alunos que tem quatro notas.

R1 e R2 = valor médio das notas dos Relatórios do 1º e 2º bimestres, respectivamente.

P1 e P2 = valor das notas das provas experimentais do 1º e 2º bimestres, respectivamente.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

Esta análise mostrou que as notas dos Vês, assim como as notas dos relatórios, estão relacionadas entre si, o que era esperado. Pelas correlações com as provas, percebe-se que há diferenças entre Vês e relatórios. Mas, como não sabemos o que exatamente as provas estão medindo, se é que estão medindo algum construto relevante relacionado à aprendizagem de física, concluimos por abandonar essa linha de trabalho.

5.1.4 Algumas Decisões

Como síntese do Ano I, continuamos achando difícil, quase impossível trabalhar somente a parte experimental, desvinculada das aulas teóricas. Não se consegue ficar alheia quando a turma inteira só conseguiu obter notas zero, um ou dois em uma prova teórica. É claro que algo não está bem.

Os alunos vêem o laboratório como uma forma fácil de obter 3 dos 10 pontos da nota. Açam que têm direito de receber a nota máxima, independente da sua postura, de seu trabalho no laboratório. Ficam horrorizados quando mostro uma nota 2; suplicam, imploram por mais meio ponto. No 2º Semestre tivemos que (fomos quase obrigadas a) propor um trabalho extra sobre dinamômetros, valendo meio ponto, para que os estudantes não sucumbissem à tentação de desistir. Para alguns foi interessante, participaram ativamente, inclusive demonstrando uma curiosidade e um empenho maior que o habitual. Para outros, apáticos, foi apenas mais uma aula monótona. Muitos gostaram de poder desmontar, testar, mexer, calibrar, sentir-se responsável pelo reparo do dinamômetro. Será que propor aulas menos convencionais seria a solução?

Também do Ano I ficou o desprazer de ler uma infinidade de relatórios copiados, áridos e inúteis. Onde estava o empenho e a criatividade dos alunos? Que utilidade teriam as aulas experimentais se os alunos se limitavam a realizar mecanicamente (ou fingir realizar) os experimentos? Se após as aulas limitavam-se a reproduzir trabalhos alheios, chegando ao cúmulo de copiar ou mesmo inventar dados? Muitos sequer consultavam os roteiros, preferindo perguntar tudo à professora ou aos colegas. Como motivá-los a pensar? A se engajar na atividade experimental? A experienciar o processo investigativo?

Lemos o que ficou escrito diário: É necessário modificar a postura da professora. É preciso ser mais exigente com as práticas, elas não são figurativas nem decorativas. As aulas experimentais têm objetivo, função. Espera-se que resultem em aprendizagem significativa.

Parece que sobraram mais dúvidas do que certezas para o próximo ano. Algumas providências incluem reescrever parcialmente os roteiros experimentais, eliminando as frases e expressões indesejadas. Pretende-se também aplicar o “Teste de Mecânica” (Silveira *et al.*, 1986) para identificar se as turmas são semelhantes quanto a suas concepções científicas ou alternativas sobre força e movimento.

A proposta para o Estudo Piloto (Ano II) é investigar a influência do Vê de Gowin no entendimento do trabalho feito no laboratório. Buscaremos nos concentrar apenas nesta variável: o Vê, entendido como um meio para atingir um fim – que é uma melhor compreensão das práticas no laboratório e um entendimento de como é o dia-a-dia de um pesquisador experimental.

E os Vês, como diminuir o estresse do primeiro contato com o novo instrumento? Talvez seja melhor começar com as cinco questões de Gowin, ou quem sabe com uma versão particular do Vê em forma de questões. E a avaliação dos Vês, como melhorá-la? Ficamos com a impressão que a avaliação dos Vês não foi satisfatória, poderia ser melhorada.

Continuaremos com dois grupos, um experimental e outro de controle? É difícil para o mesmo professor trabalhar simultaneamente com uma turma experimental e outra de controle, ainda mais se acreditamos na estratégia. Talvez seja melhor explorar a estratégia ao máximo, com várias turmas experimentais.

Pretendemos inferir algumas opiniões e concepções dos alunos sobre o laboratório e o fazer ciência através de entrevistas gravadas com os alunos, antes e depois do curso. Antes de começar a falar de ciência e do Vê nas aulas, temos que concluir as pré-entrevistas.

5.2 ANO II – ESTUDO PILOTO

5.2.1 Mais ensaios e experimentações

No Ano II lecionamos a disciplina Física I, semestral, para o curso de Engenharia Mecânica e o primeiro oferecimento da nova disciplina Física Geral I, anual, para o curso de Engenharia Civil. Durante o 1º semestre praticamente não houve diferenças entre as disciplinas. Das 6 horas semanais, 4 eram teóricas (com as turmas A e B juntas) e 2 aulas práticas (turmas A e B separadas). No 2º semestre, continuamos lecionando apenas para os alunos da Engenharia Civil, até o 3º bimestre, momento em que fomos substituídas por outro professor, por entrar em licença. A Tabela 7 mostra um perfil dos alunos que participaram do Ano II – Estudo Piloto.

Tabela 7 – Alunos que participaram do Ano II – Estudo Piloto – 1º Semestre

| Curso - Turma - Aulas | Matriculados | Alunos Efetivos | No Laboratório |
|------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Engenharia Civil - A - T/P | 29 | 26 | Vês |
| Engenharia Civil - B - T/P | 30 | 25 | Vês |
| Eng. Mecânica - A - T/P | 33 | 23 | Relatórios |
| Eng. Mecânica - B - T/P | 30 | 27 | Relatórios |
| Total | 122 | 101 | |

Como professora única da teoria e do laboratório das duas disciplinas, começamos a trilhar o caminho da integração entre teoria e prática, procurando sanar as dificuldades vivenciadas no Ano I.

Nas aulas teóricas, novamente iniciamos os conteúdos de Mecânica pela Cinemática, seguindo o cronograma previsto no Anexo B. Continuamos a utilizar o Halliday, mas aos poucos conseguimos nos libertar do apego excessivo ao livro-texto. Procuramos introduzir questões conceituais em paralelo aos problemas numéricos. Várias destas questões conceituais foram resolvidas em aula, ou na forma de trabalhos valendo nota. Na parte final do semestre, elaboramos roteiros de estudo para alguns capítulos, em especial para o de Sistema de Partículas, Colisões e Rotações, temas considerados difíceis pelos alunos porque não

costumam ser estudados no ensino médio.

As provas teóricas continuaram a ser constituídas principalmente de resolução de problemas numéricos, mas aos poucos o enfoque conceitual foi tomando seu lugar. Na preparação das aulas, consultamos livros consagrados na física geral (TIPLER, 1985; SEARS *et al.*, 1985) e livros com ênfase conceitual (ASIMOV, 1986; CANIATO, 1990; MUÑOZ, 1990; GREF, 1990; HEWITT, 1987; 2002; FEYNMAN *et al.*, 1963), além de clássicos (MAIZTEGUI; SABATO, 1965; BLACKWOOD *et al.*, 1971) e revistas de divulgação científica. Pretendíamos dar uma motivação extra aos alunos propondo situações e problemas que os intrigassem. Mantivemos o conteúdo na ordem tradicional, mas inserimos questões conceituais, perguntas, explicações e mapas conceituais na rotina da disciplina.

Neste ano, o cronograma das aulas experimentais foi mais extenso, conforme vemos no Quadro 3.

Quadro 3: Aulas experimentais – Ano II – Estudo Piloto

| Detalhamento das Aulas Experimentais – 3 Bimestres |
|--|
| 1. Apresentação. Gráficos. |
| 2. Algarismo Significativos. Medidas. |
| 3. Pêndulo Simples: Identificação de Variáveis Relevantes. |
| 4. Movimento Retilíneo Uniformemente Variado. |
| 5. Movimento Retilíneo Uniformemente Variado. O Vê de Gowin. |
| 6. Movimento de um Projétil. |
| 7. Lei de Hooke. |
| 8. 1º Teste experimental. |
| 9. Relação entre Força, Massa e Aceleração. |
| 10. Forças de Atrito. |
| 11. Trabalho, Energia Cinética e Conservação de Energia. |
| 12. Momento Linear e Colisões. |
| 13. 2º Teste experimental |
| 14. Mapa conceitual sobre Mecânica. Teste de Mecânica. |
| 15. Máquina de Atwood. |
| 16. Conservação do Momento Angular. |
| 17. Análise de um Movimento Circular Uniforme. |
| 18. Hidrostática: Tubo em U |
| 19. Hidrostática: Empuxo e Princípio de Arquimedes |
| 20. 3º Teste experimental |

No laboratório, mantivemos uma avaliação prática valendo 1,0 ponto e a média dos relatórios ou vês valendo 2,0 pontos.

Os critérios usados anteriormente na avaliação do relatório sofreram alguns ajustes, ou melhor, uma mudança de perspectiva: Apresentação (1). O conteúdo deve ser: claro (2), completo (3), correto (2), conciso (1). Originalidade (1). Total: 10.

Já para a avaliação dos Vês decidimos adotar a sistemática de 20 pontos proposta por Gurley-Dilger (1992), descrita no Anexo D.

A Tabela 8 mostra um perfil dos alunos que participaram do Ano II – Estudo Piloto.

Tabela 8 – Evolução dos alunos do Ano II – Estudo Piloto – 1º Semestre

| Curso - Turma | Matric. | Efetivos | Aprov. por média | Aprov. com exame | Reprovaram ou desistiram |
|-------------------|---------|----------|------------------|------------------|--------------------------|
| Eng. Civil - A | 29 | 26 | 7 | 13 | 9 |
| Eng. Civil - B | 30 | 25 | 4 | 7 | 19 |
| Eng. Mecânica - A | 33 | 23 | 5 | 7 | 21 |
| Eng. Mecânica - B | 30 | 27 | 15 | 4 | 11 |
| Total | 122 | 101 | 31 | 31 | 60 |

5.2.2 Concepções sobre força e movimento

A fim de verificar se os dois grupos de alunos são homogêneos em relação aos conhecimentos conceituais sobre física, isto é, se apresentam em média as mesmas concepções cientificamente aceitas ou alternativas em mecânica, aplicamos o teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento, elaborado e validado por Silveira *et al.* (1986) e apresentado no Anexo E. Procedimentos semelhantes de validação de outros testes para detectar concepções em física são discutidos em artigos posteriores dos mesmos autores (SILVEIRA *et al.*, 1989; 1992; 1996). Os resultados da aplicação do teste de mecânica aos nossos alunos foram similares àqueles descritos na literatura (VIENNOT, 1979; VILLANI *et al.*, 1985). Em média os estudantes acertam 3

questões (ou menos) em 15. A Tabela 9 mostra os resultados¹³ do “Teste de Mecânica”, como é chamado popularmente.

Tabela 9 – Resultados do Teste de Concepções sobre Força e Movimento por curso – Ano II

| Teste | Curso - Turma | Respon- dentes | Questões | Média Acertos | Desvio padrão | Coef. Alfa |
|-------|--------------------|-------------------|----------|------------------|------------------|------------|
| Pré | Eng. Civil - AB | 54 | 15 | 2,50 | 2,25 | 0,704 |
| Pré | Eng. Mecânica - AB | 51 | 15 | 2,92 | 2,61 | 0,762 |
| Pós | Eng. Civil - AB | 45 | 15 | 5,04 | 4,41 | 0,905 |

Utilizamos o pacote estatístico *SPSS for Windows 8.0* para avaliar a confiabilidade do teste de concepções sobre força e movimento. Se agrupamos todos os testes respondidos com 15 questões disponíveis, incluindo os do Ano III, temos 313 respondentes. Uma análise de fidedignidade para este grupo ampliado indicou o coeficiente de fidedignidade – alfa de Cronbach – de 0,7952 (estatística item-total). Média do grupo de 2,95 e desvio padrão 2,82.

Para saber se as diferenças observadas nas médias dos cursos no pré-teste (2,50 e 2,92), mostradas na Tabela 9, são estatisticamente significativas, utilizaremos o teste t para amostras independentes. Ao testar a hipótese nula “ H_0 : As médias dos dois grupos no pré-teste são iguais”, o teste forneceu uma significância bicaudal de 0,376 que está acima do valor estipulado de 0,05, ou seja, não foi possível rejeitar a hipótese nula. Portanto, existe uma probabilidade de que as diferenças tenham ocorrido por mero acaso e que as médias sejam da mesma população, isto é, iguais. Quer dizer, estatisticamente, o grupo de controle não diferiu do grupo experimental no pré-teste. Então, este pré-teste pode ser usado como indicador da homogeneidade inicial dos dois grupos.

Por outro lado, as diferenças entre as médias no pré e no pós-teste para o curso de Eng. Civil são estatisticamente significativas, quer dizer, é possível afirmar (com 95% de confiança) ser extremamente improvável que as duas médias tivessem vindo da mesma população. O crescimento da média no pós-teste provavelmente se deve à aprendizagem dos conteúdos de mecânica ao longo do curso. Como para o curso de Eng. Mecânica não existe disponível um pós-teste, não foi possível averiguar se ocorreu crescimento semelhante na média de acertos para este curso. Faremos mais algumas comparações com este mesmo teste no Ano III.

¹³ No Ano II, utilizamos a versão com 15 questões do Teste de Mecânica.

5.2.3 Escala de Atitude sobre Física Geral

A Escala de Atitude sobre Física Geral, construída no estilo de uma escala Likert, contém 28 afirmativas e está mostrada no Anexo F. Alguns dos enunciados são favoráveis (1, 2, 6, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 26 e 28); os demais são desfavoráveis. Cada item gera uma variável discreta de cinco pontos com valor mínimo 1 e máximo 5. Nos itens favoráveis esse valor decresce de 5 a 1 e nos itens desfavoráveis, cresce de 1 a 5. O escore total é construído a partir da soma dos escores de cada item, podendo ter como valores extremos 28 e 140. Esse valor deve representar, de maneira geral, a atitude do aluno frente à disciplina de física geral (SILVEIRA, 1979).

A resposta de um indivíduo em um dado item é interpretada como decorrente essencialmente de dois fatores: um fator comum a todos os itens e um fator específico do item (NUNNALLY, 1967). Dessa forma, quando um conjunto de indivíduos responde à escala deve ser verificado um certo grau de intercorrelação entre os escores dos itens, evidenciando a presença do fator comum.

Verificamos a consistência interna da escala. Os dados estatísticos são mostrados na Tabela 10. Uma inspeção nessa tabela mostra que a atitude dos alunos foi em geral favorável. Não foi possível correlacionar a atitude sobre física geral com as concepções sobre força e movimento porque a escala de atitudes foi respondida sem identificação. Nosso interesse, além de investigar se os alunos tinham atitude favorável sobre a disciplina, foi aprender um pouco mais sobre a construção e validação de escalas de atitudes para implementá-las melhor no Ano III.

Tabela 10 – Características dos escores totais por turma para Escala de Atitude sobre Física Geral – Ano II – Estudo Piloto

| Disciplina | Casos (Alunos) | Escore Total Médio | Variância do Escore Total | Alfa de Cronbach |
|--------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------|------------------|
| Curso - Turma - Aulas | N | T_{médio} | V_T | □ |
| Engenharia Civil - AB - T/P | 42 | 106,7 | 259,4 | 0,928 |
| Engenharia Mecânica - AB - T/P | 47 | 107,2 | 191,8 | 0,922 |
| Ano II Agrupado | 89 | 106,1 | 221,2 | 0,924 |

Utilizando princípios semelhantes (MOREIRA e SILVEIRA, 1993; MOURA e MOREIRA, 1990) aos usados nesta Escala de Atitudes sobre Física Geral elaboramos uma Escala de Atitudes em Relação à Ciência. Sua construção e validação está detalhada no Ano III. Por ora basta dizer que o Ano II foi um período de experimentar e ajustar. Tanto a escala de atitudes como as entrevistas foram pensadas e desenvolvidas no Ano II. No segundo semestre realizamos 7 entrevistas-teste com alunos do curso de Eng. Civil. Outros 7 alunos se prontificaram a revisar a escala de atitudes que estava em fase de elaboração. Eles fizeram uma leitura crítica e deram sugestões de redação, de inclusão e de exclusão de itens. As entrevistas e a escala foram imaginadas como instrumentos complementares. Em dado momento, as entrevistas sugeriam pontos a serem incluídos na escala; em outros, itens da escala suscitavam novas dúvidas para serem investigadas nas entrevistas.

Mas o Ano II foi muito importante, principalmente, para testar e ajustar a metodologia nas aulas experimentais. Em relação aos experimentos realizados nas aulas práticas, fizemos alguns ajustes de conteúdos e de técnicas, pois a escolha adequada do experimento é fundamental à nossa abordagem de integração entre teoria e prática. Axt *et al.* (1990), visando integrar o laboratório à teoria, propõem uma abordagem diferenciada a partir do conceito de *experimentação seletiva*. Nossa escolha dos experimentos procurou seguir as recomendações destes autores.

Foi necessário elaborar ou refazer os roteiros, para adequá-los às nossas necessidades e aos nossos objetivos. Isso se traduzirá, no Ano III, em roteiros reescritos como os apresentados no Apêndice B e trabalhos com mais ênfase conceitual, que fazem referência explícita a aspectos presentes nos diagramas Vê, como o mostrado no Apêndice C.

Nas entrevistas e nas aulas, procuramos verificar que tipo de relação os estudantes percebem entre teoria e prática. Questionamos os alunos se é possível fazer um experimento sem base teórica. Também perguntamos o que acontece quando o experimento não dá certo.

No Ano II mantivemos a comparação entre a turma experimental (que trabalhou com os Vês) e uma turma de controle (que trabalhou com relatórios tradicionais). Ambas as turmas tinham aulas teóricas similares com a mesma professora que atuava no laboratório.

Nesse estudo piloto constatou-se que:

- no início do semestre, os estudantes sentiam dificuldades em compreender a

estrutura do Vê; alguns chegaram a afirmar “detestei esse Vê”.

- alguns estudantes relataram que pelo menos com o relatório não tinham que pensar... era só copiar... Depois retificaram: Bem, na verdade aprendi bastante, o que não tinha ocorrido no semestre anterior...
- a apresentação dos Vês com subtítulos já escritos (p. ex., conceitos, eventos, questão-foco, asserção de valor) contribuía para que eles fossem “preenchidos” ao invés de serem “construídos”;
- a falta de compreensão de palavras como “asserção” e “epistemológico” geravam uma espécie de bloqueio nos alunos;
- os roteiros de laboratório já existentes entravam em conflito com a proposta;
- havia uma tendência de encarar o Vê como um relatório em formato diferente (especialmente pelos alunos repetentes);
- a própria linguagem utilizada no laboratório (“descobrir”, “resultar”, “conclusões”, etc.) conflitava com a proposta epistemológica do Vê e da pesquisa;
- alguns alunos demonstravam grande preocupação em listar o material utilizado, os procedimentos e as fontes de erro, seções corriqueiras de relatórios, mas inexistentes nos Vês;
- a turma de controle, por possuir alunos mais preparados, apresentou um melhor desempenho final que a turma experimental;
- contudo, numa avaliação global, o Vê em nada se mostrou pior que o relatório tradicional.

Com base nessas constatações, tomamos algumas providências para o Ano III. Decidimos suprimir, nos diagramas-exemplos, os termos não-usuais ou substituí-los por sinônimos mais correntes. Para minimizar as dificuldades iniciais adotaremos primeiro as questões de Gowin para depois fazer uso dos diagramas. Também utilizaremos os diagramas em leitura de textos, para que os alunos “praticuem” sua construção. Eliminaremos qualquer tipo de modelo pré-definido de Vê com subtítulos, impedindo os alunos de o “preencherem” como um formulário, ao invés de criarem um relato do experimento na forma de Vê. Quando a informação sobre material utilizado, procedimentos e fontes de erro era de fato relevante, sugeria-se incluir no evento, na metodologia ou na asserção de conhecimento, por exemplo,

sempre tendo o cuidado de não estimular a confecção de um relatório em forma de Vê. O cronograma de aulas experimentais foi refeito, os roteiros foram escritos ou adaptados. A professora decidiu tomar todos os cuidados para evitar, nos textos escritos e na sua fala, os vocábulos “descobrir”, “verificar”, “conclusão” (definitiva), etc., substituindo-os por termos com menor carga epistemológica empirista-indutivista.

Neste Ano II, o trabalho com os diagramas Vê despertou curiosidade em colegas. Professores quiseram saber que material era esse que os alunos estavam sempre comentado. Uma professora mostrou-se interessada em usar pois lhe parecia um instrumento mais conciso, sucinto, indo diretamente ao que interessa. Um professor ficou curioso ao ver os Vês entregues pelos alunos pendurados na porta: “Que traços são esses?” Alunos ouviram comentários sobre os Vês no ônibus e ficaram curiosos sobre ele.

Para o Ano III, esperamos que:

- os alunos percebam melhor a relação entre laboratório e teoria, que deve ser evidenciada nas entrevistas e em comentários nas aulas teóricas e práticas;
- haja alguma evidência de modificações na visão de ciência (geralmente com forte carga empirista-indutivista) dos estudantes;
- o laboratório adquira um enfoque epistemológico, explicitando um pouco como a física é construída e qual o papel da experimentação na ciência;
- os roteiros sejam aliados ao enfoque epistemológico e não um obstáculo;
- os alunos não vejam as aulas experimentais como atividades maçantes, se empenhem e sequer pensem em copiar dados ou trabalhos escritos;
- a adoção de um modelo específico de correção dos Vês torne a correção mais eficiente;
- as aulas teóricas sejam marcadas por um enfoque mais conceitual e menos matemático;
- pelo menos alguns alunos desenvolvam gosto pela disciplina de física e pelo próprio conhecimento de física em si;
- a professora consiga ser mais firme nos momentos necessários.

ESTUDO FINAL

*“Escrever é fácil:
você começa com uma letra maiúscula
e termina com um ponto final.
No meio você coloca as ideias.”*

Pablo Neruda, poeta

6 ESTUDO FINAL

6.1 ANO III – ESTUDO FINAL

6.1.1 Perfil dos alunos, aprovações e reprovações

Alicerçadas nos resultados obtidos nos dois anos de Estudos Iniciais, em especial no Ano II, iniciamos o presente estudo implementando várias das modificações anunciadas ao final do Cap. 5.

A distribuição dos alunos do Ano III – Estudo Final é apresentada na Tabela 11, onde são especificadas também a quantidade de grupos para as aulas de laboratório. Algumas turmas eram numerosas, o que acarretou grupos grandes no laboratório (de 6 a 10 componentes), devido ao número limitado de bancadas (cinco, extensíveis a sete se fosse utilizada a Sala 2).

Tabela 11 – Alunos que participaram do Ano III – Estudo Final – 1º Semestre

| Curso - Turma | Matriculados | Alunos Efetivos | Grupos no Lab. | Alunos/Grupo |
|-------------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Engenharia Civil - A | 35 | 31 | 5 | 6,2 |
| Engenharia Civil - B | 38 | 35 | 5 | 7,0 |
| Engenharia Mecânica - U | 50 | 46 | 5 | 9,2 |
| Engenharia Química - A | 50 | 43 | 5 | 8,6 |
| Engenharia Química - C | 23 | 21 | 2 ¹⁴ | 10,5 |
| Total | 196 | 176 | 22 | -- |

A Tabela 12 fornece informações sobre a evolução dos alunos no Ano III – Estudo Final. Analisando esses dados, verificamos que a aprovação nestas disciplinas de Física (do 1º ano da universidade) é bastante baixa, de apenas 32% dos matriculados. Vemos também que um terço dos alunos que estava na “zona de aprovação” no 1º Semestre acabou por ser

¹⁴ As aulas da Engenharia Química - Turma C foram realizadas na Sala 2 do Laboratório de Ensino de Física, que dispunha de apenas duas bancadas, no mesmo horário das aulas da Engenharia Química - Turma A.

reprovado ao final da disciplina, o que pode ter tido alguma influência da troca de professor que ocorreu na metade do ano letivo.

Tabela 12 – Aprovação dos alunos que participaram no Ano III – Estudo Final

| Curso - Turma | Matriculados | Alunos Efetivos | Média $\geq 5,0$ 1º Semestre ¹⁵ | Aprovados | Reprovados |
|-------------------|--------------|-----------------|--|------------|-------------|
| Eng. Civil - A | 35 | 31 | 11 | 10 (28,6%) | 25 (71,4%) |
| Eng. Civil - B | 38 | 35 | 16 | 06 (15,8%) | 32 (84,2%) |
| Eng. Mecânica - U | 50 | 46 | 28 | 19 (38,0%) | 31 (62,0%) |
| Eng. Química - A | 50 | 43 | 30 | 21 (42,0%) | 29 (58,0%) |
| Eng. Química - C | 23 | 21 | 12 | 07 (30,4%) | 16 (69,6%) |
| Total | 196 | 176 | 97 | 63 (32,1%) | 133 (67,9%) |

Dos três cursos, o de Eng. Civil foi o que teve a maior reprovação. Aparentemente, este o curso tem os alunos menos preparados, situação confirmada em sala de aula pelas muitas dificuldades que estes estudantes verbalizavam. Uma hipótese aventada no estudo preliminar seria que o curso de Eng. Civil tem o maior percentual de mulheres em relação aos outros e que elas teriam menos conhecimento “de física”.

Tabela 13 – Aprovação em função do gênero no Ano III – Estudo Final

| Curso | Matriculados | Mulheres Matric. | Mulheres Aprovadas | Homens Matriculados | Homens Aprovados |
|---------------------|--------------|------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| Engenharia Civil | 73 | 27 | 6 (22,2%) | 46 | 10 (21,7%) |
| Engenharia Mecânica | 50 | 2 | 1 (50,0%) | 48 | 18 (37,5%) |
| Engenharia Química | 73 | 32 | 13 (40,6%) | 41 | 15 (36,6%) |

Para elucidar a questão analisamos a aprovação por gênero em cada curso. Observando a Tabela 13, verificamos que a hipótese aventada não procede. As mulheres são 37,0% dos alunos da Eng. Civil e 43,8% dos da Eng. Química, portanto temos mais mulheres na Eng. Química. Mais ainda, a aprovação de homens e mulheres é similar dentro de um dado curso, com leve predominância das mulheres sobre os homens. Obviamente o curso de Eng.

¹⁵ A média mínima para aprovação sem exame é 7,0 e com exame é 5,0. Para o cálculo da nota final com exame, as provas têm peso 6,0 e o exame, peso 4,0.

Mecânica apresenta uma assimetria de gênero, não sendo correto avaliar resultados percentuais para este caso, dado o reduzido número de mulheres. O curso de Eng. Química, como já mostrado na Tabela 12, apresenta os maiores índices de aprovação, independente de gênero.

6.1.2 Concepções sobre força e movimento

Assim como fizemos no Ano II, a fim de verificar se os três grupos de alunos são homogêneos em relação aos conhecimentos conceituais sobre Física, isto é, se possuem concepções cientificamente aceitas ou alternativas equivalentes em mecânica, aplicamos o teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento, elaborado e validado por Silveira *et al.* (1986) e mostrado no Anexo E. Os resultados, apresentados na Tabela 14, são semelhantes àqueles obtidos em turmas anteriores. No pré-teste, em média os estudantes acertam 3 questões (ou menos) em 15.

Tabela 14 – Resultados do Teste sobre Força e Movimento¹⁶ por curso – Ano III

| Teste | Curso - Turma | Respon- dentes | Questões | Média Acertos | Desvio padrão | Coef. Alfa |
|-------|-------------------|-------------------|----------|------------------|------------------|------------|
| Pré | Eng. Civil - AB | 59 | 15 | 2,15 | 1,97 | 0,623 |
| Pré | Eng. Mecânica - U | 41 | 15 | 2,66 | 1,85 | 0,559 |
| Pré | Eng. Química - AC | 63 | 15 | 2,79 | 2,54 | 0,747 |
| Pós | Eng. Civil - AB | 35 | 19 | 4,03 | 3,63 | 0,825 |
| Pós | Eng. Mecânica - U | 35 | 19 | 4,74 | 3,65 | 0,808 |
| Pós | Eng. Química - AC | 31 | 19 | 6,52 | 4,86 | 0,883 |

Utilizamos o pacote estatístico *SPSS for Windows 8.0* para avaliar a confiabilidade do teste. Se agrupamos todos os testes com 15 questões, inclusive aqueles do Ano II, conforme já descrevemos no capítulo anterior, os questionários respondidos somam 313. Uma análise de fidedignidade para este grupo indicou o coeficiente de fidedignidade – alfa de Cronbach – de 0,7952 (estatística item-total). A média do grupo foi de 2,95 e o desvio padrão de 2,82.

¹⁶ No Ano III, utilizamos duas versões do Teste de Mecânica. O pré-teste continha 15 questões e o pós-teste, 19.

Já o grupo dos pós-testes do Ano III, com 19 questões, totalizou 101 questionários respondidos, apresentando um coeficiente alfa de 0,8498, média do grupo de 5,04 e desvio padrão de 4,14.

Para testar se as diferenças entre as médias no pré-teste são estatisticamente significativas, utilizamos o teste t para amostras independentes, que indicou não ser possível rejeitar a hipótese nula, ou seja, as médias dos três grupos no pré-teste são iguais. Quer dizer, estatisticamente, não há diferenças entre as médias dos grupos. Então, este pré-teste pode ser usado como indicador da homogeneidade inicial dos grupos (em média).

Análise semelhante para os resultados no pós-teste indicou não haver diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos cursos de Eng. Civil e Eng. Mecânica e entre Eng. Mecânica e Eng. Química, mas indicou ser estatisticamente significativa a diferença entre as médias dos cursos de Eng. Civil e Eng. Química.

Portanto, ao final do curso, as concepções dos alunos de Eng. Química foram, em média, um pouco melhor do que as dos outros dois cursos. Mas, como a diferença é mínima, pouca utilidade tem tal informação.

6.1.3 As aulas experimentais no Ano III

O Quadro 4 apresenta o detalhamento das aulas experimentais para o Ano III. Neste Ano, foram construídos Vês para 11 experimentos, sendo que 3 deles foram realizados apenas pelo curso de Eng. Civil. Ao todo, os 22 grupos experimentais construíram 199 Vês. Em algumas aulas, houve ausência de algum grupo, o que reduziu um pouco o total de Vês elaborados. A avaliação dos Vês foi feita utilizando a escala de 20 pontos proposta por Gurley-Dilger (1992) e mostrada no anexo D.

Nestes 199 Vês, em 79% dos casos os grupos conseguiram obter a nota máxima 3 pontos na *questão-foco*. Já no *objeto/evento* apenas em 42% dos casos foi atingida a nota máxima 3. No lado conceitual (*conceitos, princípios e teorias*), 83% obtiveram 3 (93 casos) ou 4 (73 casos). Nos registros e transformações, 67% dos Vês atingiram a nota máxima 4. Já as asserções de conhecimento foram mais difíceis, pois somente 44% dos Vês obteve nota 3 e

26% nota 4. Também em 76% dos Vês foi possível identificar ao menos uma asserção de valor e ao menos uma nova questão-foco.

Portanto, as dificuldades dos alunos, ao construir os Vês, concentraram-se nas questões-foco, no evento/objeto e nas asserções de conhecimento.

Quadro 4: Conteúdos das aulas práticas – Ano III – 1º Semestre

| Experimento | Eng. Civ. | Eng. Mec. | Eng. Quí. |
|--|------------------|------------------|------------------|
| 1. Apresentação inicial | X | X | |
| 2. Erros e medidas | X | X | X |
| 3. Paquímetro e micrômetro | X | X | X |
| 4. Pêndulo Simples - Identificação de Variáveis | X | X | X |
| 5. Queda dos corpos | X | X | X |
| 6. Conservação de Energia | X | X | X |
| 7. Lei de Hooke | X | | |
| 8. Texto 1 | X | X | X |
| 9. Texto 2 | X | X | X |
| 10. Texto 3 | X | X | X |
| 11. Colisões | X | X | X |
| 12. Tamborete | X | X | X |
| 13. Máquina de Atwood | X | | |
| 14. MRUV | X | | |
| 15. Desenho Movimento do Carrinho | X | | |
| Atividades experimentais realizadas no 1º Bimestre | 9 | 8 | 7 |
| Atividades experimentais realizadas no 2º Bimestre | 6 | 3 | 3 |
| Total de atividades experimentais realizadas | 15 | 11 | 10 |
| Total Vês (ou questões) construídos | 11 | 8 | 8 |

6.1.4 Detalhando a estratégia no laboratório

A partir da experiência prévia do estudo piloto notamos a importância de fazer pequenos ajustes para a utilização do Vê na disciplina de Física I. O primeiro passo foi introduzi-lo gradativamente. Previamente à confecção dos Vês, começamos respondendo às questões de Gowin. Somente quatro ou cinco semanas depois chegamos ao Vê completo, unindo conteúdo e apresentação. Dessa forma, conseguimos uma familiarização com as ideias antes de exigir um maior rigor no formato.

O Vê foi introduzido aos poucos, discretamente, sem fazer alarde. Seu aparecimento paulatino, um dia para analisar um capítulo de um livro, outro dia para relatar uma experiência, fez com que os estudantes se familiarizassem de forma progressiva, sem estranhá-lo. O êxito da estratégia dependia da participação dos alunos. Eles precisavam aprender a usar o Vê como instrumento. Precisavam se sentir desafiados a construir os Vês das experiências. Era fundamental, então, não saturá-los logo no início.

Outro ponto fundamental era diferenciar o Vê do relatório tradicional. Extremamente importante era que os alunos construíssem um Vê e *não* um “relatório em forma de Vê”. Quando trazíamos uma folha com os títulos das seções do Vê já apontados, havia uma forte tendência dos alunos “preencherem” o Vê, escrevendo mecanicamente frases em todos os itens, independente se se tratavam de itens relevantes para aquela situação.

Dessa forma, no estudo final, incentivamos os alunos a construírem seus próprios Vês, em folhas em branco. Para auxiliá-los, entregamos alguns modelos de Vês, como os que estão no Anexo A. Optamos por exemplos bastante distintos entre si, para mostrar diferentes possibilidades de construção do Vê.

Algumas palavras, consideradas pelos alunos demasiado rebuscadas, como “evento”, “filosofia”, “asserção de conhecimento”, “asserção de valor”, foram livremente traduzidas para a linguagem discente. Em seu lugar utilizamos “acontecimento”, “visão de mundo”, “afirmativa” ou “conhecimento produzido”, “utilidade do conhecimento produzido” ou simplesmente “valor”.

Superada a fase de adaptação, o diagrama Vê tem muito a oferecer. Sua potencialidade de conectar as duas faces da ciência, de mostrar como estão inter-relacionadas teoria e experimentação, é extensa. O relatório tradicional dificilmente salienta os conceitos físicos, pouco fala sobre as teorias, deixando ampla margem para uma visão empirista da ciência.

Por outro lado, como conduz o aluno a explicitar aspectos que não são evidentes, o Vê é um instrumento um pouco difícil de ser trabalhado. Exige que o aluno vá além do superficial, que ele capte informação nas entrelinhas do texto, que ele veja além do óbvio na experiência. Construir o Vê de um texto ou de uma experiência exige que o aluno pense, reflita sobre a atividade. É, sem dúvida, uma tarefa não-trivial.

Em síntese, o Vê possibilita visualizar que há uma relação mais profunda, mais comprometida entre teoria e experiência. Seja na mente do professor que prepara as aulas, seja na mente do aluno que relata a experiência realizada, a interconexão entre o pensar e o fazer aparecem explicitamente. Mais ainda, os diagramas Vê permitem evidenciar que as teorias científicas são modelos sobre a natureza. São explicações construídas pelos seres humanos. Uma construção humana: este é o adjetivo de toda e qualquer teoria científica.

Dentro da investigação, o Vê não é o fim em si mesmo, é apenas um instrumento, um meio de modificar a visão de ciência tradicionalmente veiculada nas aulas experimentais. A estratégia é mais ampla que o instrumento, não se resume a ele. Por isso é que, para nós, mais importante do que acertar um ou outro item do Vê, é compreender sua estrutura, sua dinâmica, a inter-relação entre suas partes.

O Vê é um instrumento heurístico. Sua forma leva o estudante a perceber conexões, hierarquias, focos. O Vê ajuda a aclarar uma experiência, uma investigação, o resultado de uma pesquisa. Sua construção leva a uma visão mais rica, mais abarcativa, mais hierarquizada da situação. Tendo uma idéia do todo pode-se mais facilmente fazer uma diferenciação progressiva e posteriormente chegar a uma reconciliação integrativa.

Os roteiros das experiências tiveram que ser refeitos totalmente, uma vez que o manual existente para as disciplinas de Física I da FURG entrava em confronto direto com a estratégia proposta. Como pode ser percebido a partir dos roteiros do Anexo C, o citado manual veiculava uma visão de ciência fortemente empirista, marcada pela figura do cientista neutro, que entra no laboratório sem conceitos ou teorias prévias, e vai, através da experimentação, descobrir as “leis” da natureza. Conforme podemos ver nestes roteiros, os termos “descobrir”, “encontrar”, etc., não deixam dúvida sobre essa postura filosófica. Novos roteiros, coerentes com uma visão de ciência racionalista, foram produzidos para o estudo final. Alguns exemplos estão no Apêndice B.

6.1.5 Usando primeiro as Questões de Gowin

Nos Anos I e II testamos a utilização do diagrama Vê nas aulas experimentais. Esses estudos iniciais apontaram algumas dificuldades, que procuramos minimizar no Ano III. A

primeira delas era a introdução abrupta do instrumento na primeira semana de aula. Os estudantes, ainda se adaptando ao curso e à estrutura universitária, não conseguiam entender a proposta e ficavam perdidos.

Para amenizar esse impacto inicial, resolvemos, então, instituir uma fase de transição, em que utilizamos uma versão modificada das Questões de Gowin. Com públicos novatos, Gowin utilizava as cinco questões – uma espécie de resumo do que é essencial no diagrama – como estratégia precursora para introduzir o instrumento.

Em nosso caso optamos por apresentar as 8 questões mostradas no Quadro 5. Elas são, na verdade, um diagrama Vê completo em forma de perguntas. As 8 Questões seguem um possível ordenamento para ler/construir um diagrama Vê, isto é, começa-se pela questão-foco (QF), passa-se pelo evento/objeto (EO), pelos conceitos, princípios e teoria (PC), registros e transformações (RT), chegando à asserção de conhecimento (AC), à nova questão-foco (NQF) e, finalmente, à asserção de valor (AV) do experimento. É claro que a ordem de elaboração ou de leitura de um Vê não é fixa, mas essa disposição se mostra prática para os iniciantes.

Quadro 5: As 8 questões precursoras do Vê – Ano III

PARA O TRABALHO ESCRITO, SIGA O ROTEIRO:

1. Qual é a questão-chave (\equiv problema) que você está tentando resolver?
2. Esta questão se refere a que fato (\equiv evento, experiência)?
3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?
4. Qual é a sua teoria (\equiv conjunto de frases, enunciados, princípios)?
5. Como você fez para testar sua teoria?
6. Como você pode resumir os resultados obtidos? (Não esqueça de responder a questão-chave e relacionar o que você pensou no item 4 com estas respostas)
7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?
8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?

Como pode-se ver no Apêndice B, as questões foram colocadas ao final dos roteiros experimentais como um lembrete para realizar o “trabalho escrito” do laboratório.

O uso das questões permitiu que os alunos se preocupassem primeiro com o conteúdo e depois com a forma. O diagrama, para ser utilizado, já requer do aluno que ele tenha captado sua ordem, sua lógica de construção.

O uso das 8 Questões ocorreu em cerca de metade das aulas experimentais do semestre. Neste momento da pesquisa houve na universidade uma greve dos servidores que durou cerca de um mês. O retorno da greve marcou o início da utilização do diagrama Vê.

Mas será que é fácil para os alunos responderem as 8 Questões? Nossa experiência mostrou que é um pouco mais fácil do que construir o diagrama Vê, embora não seja uma tarefa trivial.

Quadro 6: Experimentos em que se utilizou as 8 questões precursoras do Vê – Ano III

| Sigla | Experimento |
|--------------|--|
| E1 | Medidas (Texto de Isaac Asimov sobre Pressão) |
| E2 | Paquímetro e Micrômetro |
| E3 | Pêndulo Simples I - Identificação de Variáveis |
| E4 | Pêndulo Simples II - Determinação de g |
| E5 | Galileu, Aristóteles e a Queda dos Corpos |
| E6 | Análise de Três Textos sobre Energia |
| E7 | Conservação da Energia Mecânica |
| E8 | Lei de Hooke |

Ao analisar as tarefas escritas dos grupos, é importante ter-se em conta que o trabalho é do grupo e que nem sempre há uma participação efetiva dos membros todo o tempo. Assim, dependendo de quem ficou responsável por relatar a tarefa, pode-se constatar supostas “involuções” nos grupos. O Quadro 6 descreve os experimentos em que se utilizou as 8 Questões. Na discussão que segue, as siglas tem o seguinte significado: *Q* = *Questão*, *G* = *Grupo* e *E* = *Experimento*.

A primeira dificuldade foi com a questão Q1, para a qual não se espera uma resposta, mas se propõe que seja formulada uma pergunta. Os estudantes foram treinados durante toda a vida a responder perguntas, nunca a enunciá-las. Eles não compreendem que tem que elaborar uma *questão* e insistem em apresentar uma *resposta*. Vejamos alguns exemplos:

- G6 – E3 – Q1: “O problema que estamos tentando resolver: determinação dos fatores que influenciam o período que o pêndulo leva para realizar dez ciclos (ida e volta), visto que esse número diminui a margem de erro.”
- G6 – E5 – Q1: “Determinar os fatores que influenciam o tempo de queda de um corpo.”
- G6 – E6 – Q1: “De que forma a energia pode ser armazenada? Como pode ser conservada?”
- G6 – E7 – Q1: “A questão é mostrar que ocorre a conservação da energia mecânica na ausência de forças de atrito e resistência do ar.”
- G6 – E8 – Q1: “Analisar as deformações sofridas pela mola.”

Nestes cinco itens, elaborados pelo grupo G6 para a Q1, apenas o terceiro são interrogações; os demais são objetivos expressos na forma de asserções. O Grupo G7 também parece estar listando objetivos, enquanto G8 chega até a escrever um conceito isolado em E6:

- G7 – E3 – Q1: “O que interfere no período do pêndulo, se é a massa, a amplitude do ângulo, ou o comprimento do fio.”
- G7 – E7 – Q1: “Verificar se a energia mecânica se conserva, na ausência de forças dissipativas.”
- G8 – E3 – Q1: “O que interfere na variação do período (tempo que o pêndulo leva para realizar o movimento).”
- G8 – E5 – Q1: “De que fator depende o tempo de queda de um corpo.”
- G8 – E6 – Q1: “Energia potencial.”
- G8 – E7 – Q1: “A conservação da energia mecânica.”
- G8 – E8 – Q1: “Verificar a influência da deformação da mola devido à aplicação de uma força sobre ela.”

O grupo G9 consegue formular duas boas questões, enquanto o G10 apenas uma:

- G9 – E5 – Q1: “Comparação entre os tempos de queda de diferentes corpos.”
- G9 – E6 – Q1: “De que forma podemos conceituar a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica?”
- G9 – E7 – Q1: “A energia mecânica de uma mesma partícula se conserva em duas posições distintas?”
- G10 – E3 – Q1: “Grandezas que influenciam ou não no movimento.”
- G10 – E6 – Q1: “Existe energia potencial? O que ela é?”
- G10 – E8 – Q1: “Construção do gráfico da força aplicada e a deformação da mola.”

No todo, percebemos grande oscilação dos padrões dos Vês. Em alguns experimentos os grupos foram capazes de elaborar perguntas, mas esse aprendizado não foi significativo, porque logo a seguir retornaram ao padrão de descrever “objetivos” ou “ações”.

Vejamos outras situações de interesse. No experimento E3 – Pêndulo Simples – Identificação de Variáveis, na questão 4 “Qual é sua teoria?”, a quase totalidade dos grupos

escreveu inicialmente: “*O período do pêndulo: 1) depende da massa; 2) depende da amplitude; 3) depende do comprimento do fio.*” Após efetuarem as medidas, perceberam que a massa e a amplitude (caso de pequenas amplitudes) não influenciava no período do pêndulo. Todos queriam apagar ou reescrever suas premissas para que ficassem “corretas”. Quando discutimos o fato, eles replicavam: “Como manter assim? Não podemos manter as premissas erradas no trabalho!” Mesmo depois da recomendação de manter o referencial teórico do modo como o haviam pensado inicialmente, muitos acrescentaram um “não” por cima do texto escrito. Temos aqui forte evidência de uma concepção epistemológica resistente dos alunos: eles acreditam que devem saber previamente os resultados dos experimentos, que os experimentos servem apenas para *confirmar* a teoria. Por isso não compreendem que os cientistas não sabem de antemão os resultados, que as premissas são suposições, tentativas, proposições a serem testadas no laboratório, não verdades já estabelecidas.

Outro fato curioso foram as asserções de valor bastante criativas apresentadas pelos alunos. Isso demonstra que muitas vezes os subestimamos, pensando que não conseguirão ter uma visão abrangente das situações físicas tratadas em aula. Vejamos alguns exemplos:

G2 – E3 – Q8: “No lançamento de mísseis, foguetes e projéteis.”

G2 – E6 – Q8: “Para entender de que forma podemos atuar no meio ambiente armazenando energia que posteriormente será transformada em trabalho.”

G6 – E6 – Q8: “Aplicação em experiências de reações químicas, no comércio, etc.”

G6 – E3 – Q8: “Projetos de pára-quedas, reentrada de satélites e foguetes na atmosfera.”

G10 – E6 – Q8: “Pesquisas mais eficientes de geração de energia.”

G10 – E6 – Q8: “Na construção de balanças e amortecedores.”

G12 – E5 – Q8: “No projeto de construção de helicópteros.”

G16 – E5 – Q8: “Na aerodinâmica dos corpos.”

G17 – E5 – Q8: “Na construção de asas-delta.”

6.1.6 A transição para o diagrama Vê

Na segunda metade do semestre os alunos construíram diagramas Vê para cada experimento. Alguns destes diagramas são mostrados nas páginas que seguem. Há grupos pouco organizados: não colocam título, não indicam a experiência, às vezes esquecem até de informar os autores. Outros primam pela dedicação e organização.

Como é possível ver nas figuras das páginas seguintes, os alunos construíram os diagramas em folhas em branco. Esse procedimento foi intencional, conforme já mencionamos anteriormente. Nos Anos I e II fizemos um “modelo” de Vê e de relatório, com os subtítulos das seções. Percebemos imediatamente que a preocupação dos alunos se converteu em preencher todos os itens, mecanicamente, sem avaliar se podiam, deviam ou eram necessários. Aqueles alunos que já tinham utilizados relatórios em disciplinas anteriores, acabavam fazendo um relatório em forma de Vê, o que estava distorcendo totalmente a proposta. Assim, o máximo que os alunos receberam no Ano III foi uma folha com o desenho de um V ao centro. Mas a maioria preferiu construir do seu próprio jeito e utilizou folhas em branco.

Para auxiliá-los nesta tarefa, a professora entregou quatro exemplos de Vês com o objetivo de indicar alguns modos como poderiam ser construídos. Estes exemplos foram cuidadosamente escolhidos, porque continham subtítulos e seções diferentes, privilegiavam aspectos distintos e eram oriundos de diversas áreas de conhecimento. Uns versavam sobre textos, outros sobre experimentos. A intenção era dar aos alunos variedade e inspiração. E isto foi o suficiente, pois dispunham do mais importante: disposição e criatividade.

Vejamos alguns dos diagramas construídos pelos estudantes. O Vê Nº 1, mostrado na Figura 4, se refere à “conservação de momento angular”. Em seu verso havia uma série de perguntas e respostas propostas no roteiro para o aluno verificar se estava entendendo e que não precisavam ser entregues junto com o diagrama. Um princípio é listado como filosofia. Não faz menção a valor. Mas foi capaz de identificar a maioria dos elementos corretamente. Utilizando os critérios de correção do anexo D, ele obteve 17 pontos em 20 (ou 8,5 em 10).

O diagrama Nº 2 (Figura 5), também sobre momento angular, é bem conciso. Sofreu pequenos descontos na nota, porque os alunos não elaboraram uma “*questão*”-foco e por terem exagerado nas páginas de transformações anexadas, que certamente poderiam ter reduzido a poucas linhas. Nota: 9,0.

O Vê Nº 3 (Figura 6) é mediano. Não apresenta uma pergunta bem colocada. O conhecimento produzido é confuso. Nenhuma *nova* questão-foco. O domínio conceitual está bom. Registros e transformações (em anexo) incompletos e mesmo errados. Neste experimento de colisão se faz uso da técnica gráfica para somar os vetores momento linear. Embora isso tenha sido explicado várias vezes na aula teórica e na aula prática, muitos alunos somaram os vetores não colineares como se fossem escalares. Nota: 7,0.

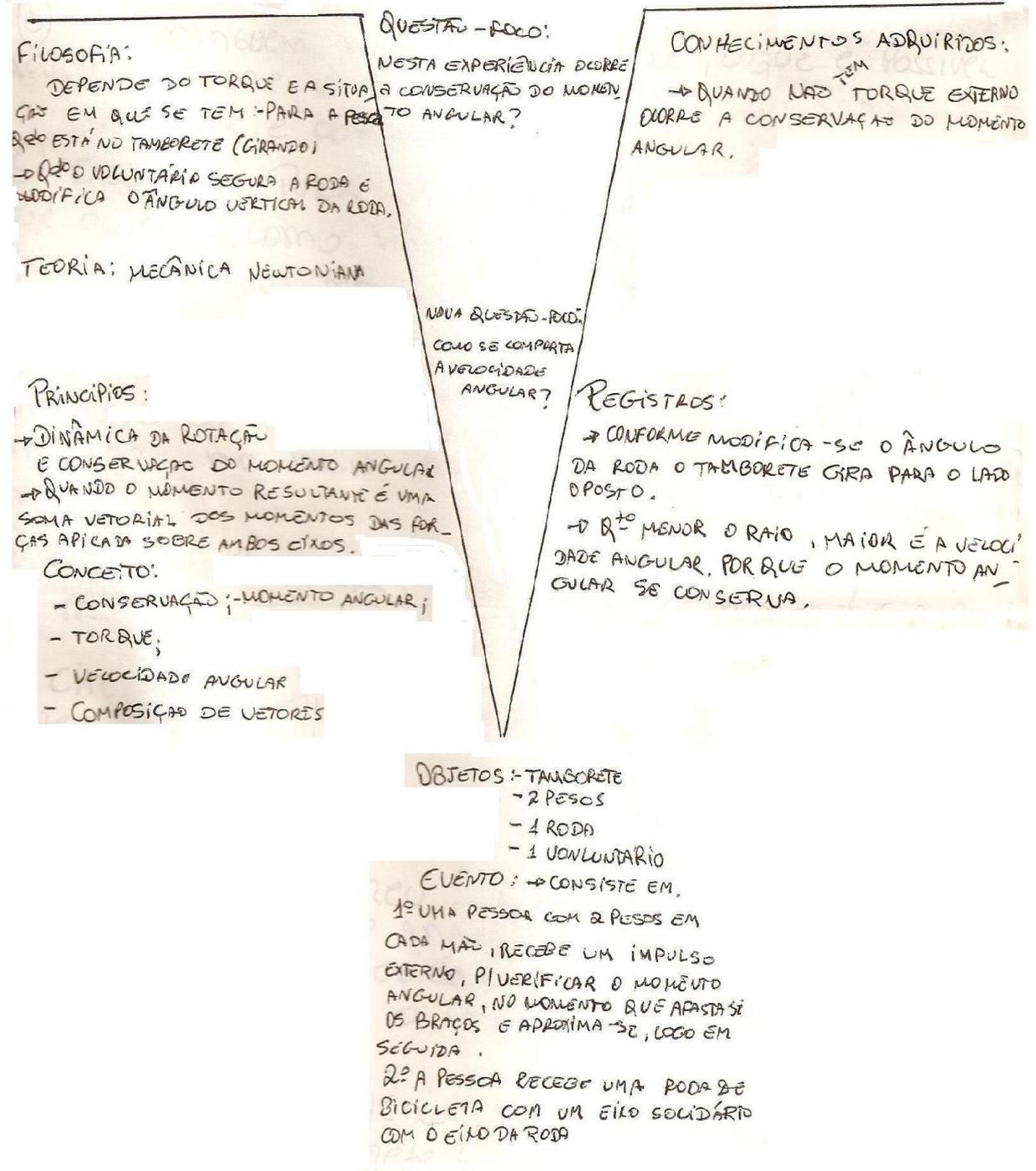


Figura 4 – Diagrama Vê N° 1 – Ano III.

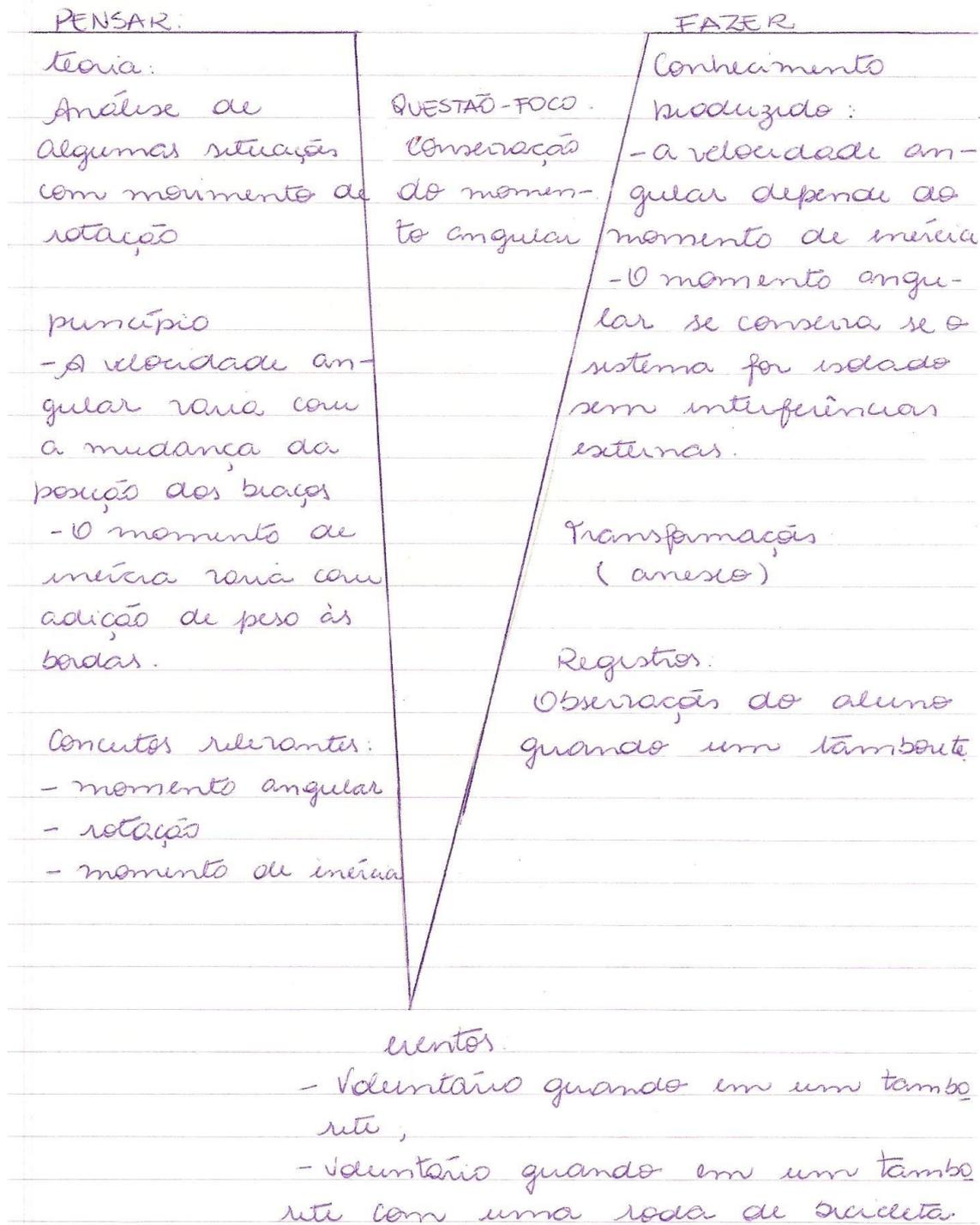


Figura 5 – Diagrama Vê Nº 2 – Ano III.

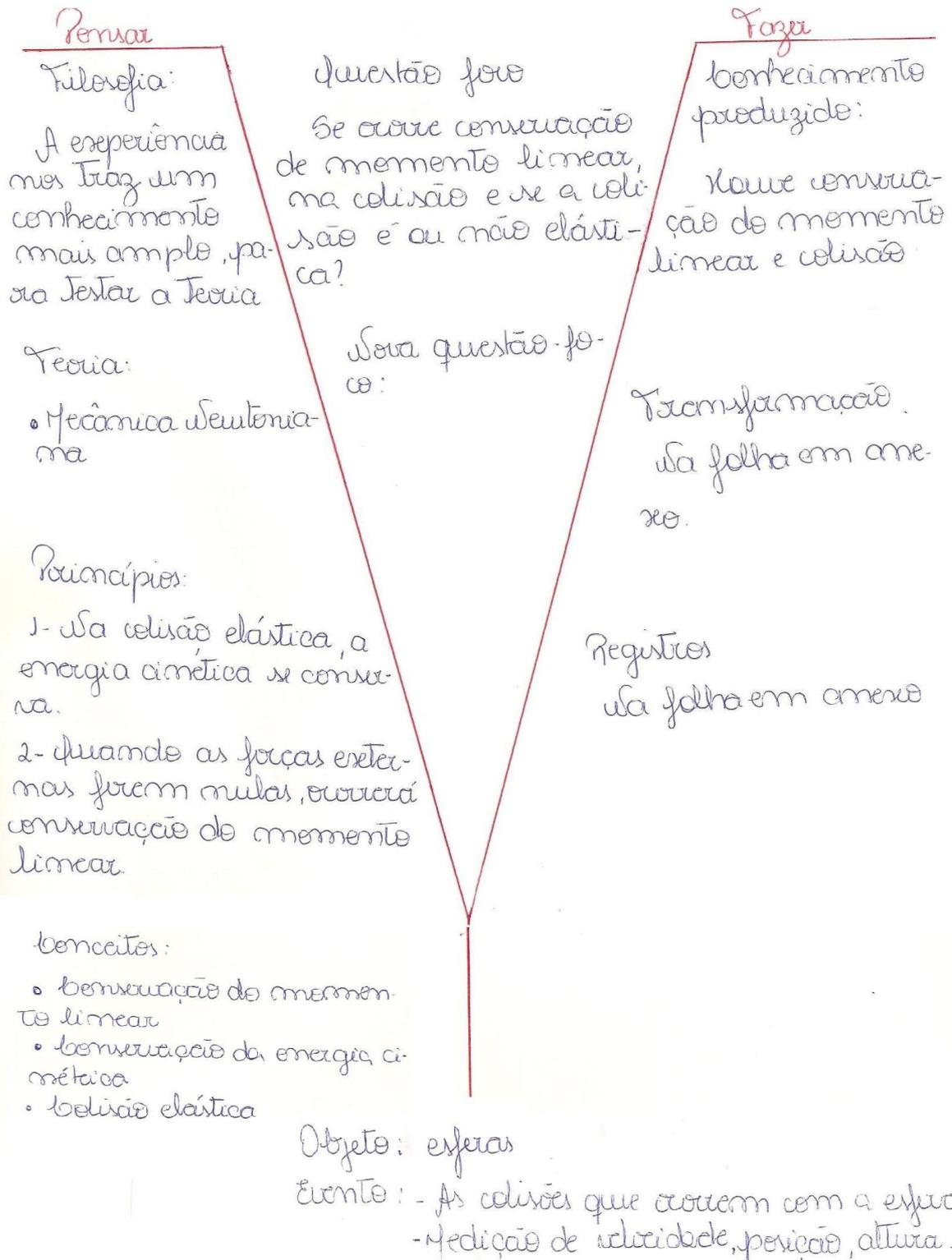


Figura 6 – Diagrama Vê N° 3 – Ano III.

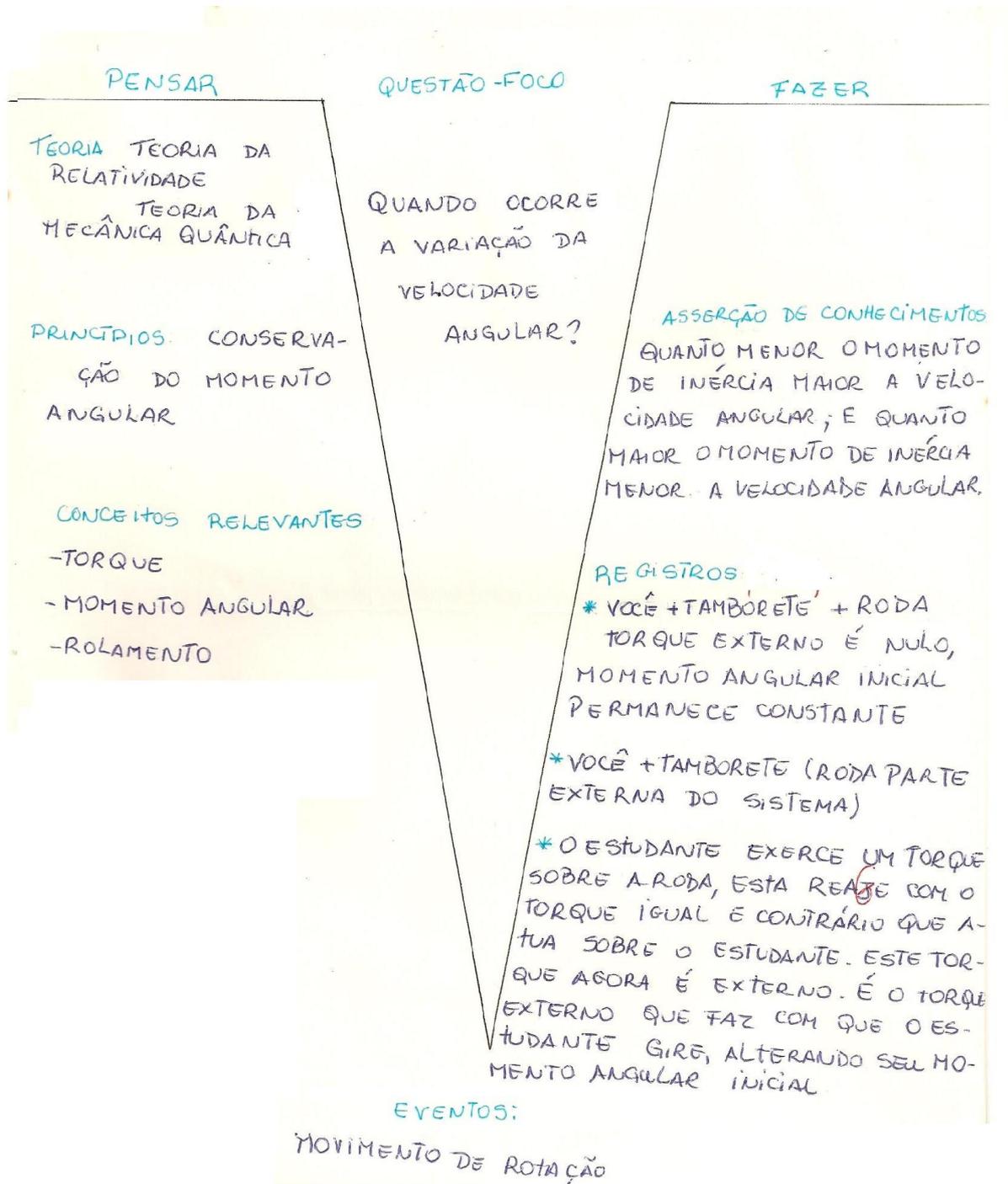


Figura 7 – Diagrama Vê Nº 4 – Ano III.

O diagrama N° 4 (Figura 7) é um pouco pior. Por que entendem que “teoria da relatividade” e “teoria da mecânica quântica” são teorias relevantes para um experimento sobre rotação? Muitos alunos adoraram este experimento porque sentaram no tamborete e vivenciaram, sentiram, que a mudança no momento de inércia acarreta uma variação imediata na velocidade angular. Isto porque o vetor momento angular deve ser mantido constante, pois não existem torques externos sendo aplicados ao sistema. Parece que não foi o que se passou com este grupo, que pecou pela pobreza. Nota: 6,5.

O Vê N° 5 (Figura 8), sobre a máquina de Atwood, é bom, embora os autores não tenham formulado uma pergunta na questão-foco. Por outro lado, temos bons domínios conceitual e metodológico, asserções de conhecimento e de valor, nova questão-foco. Alguns itens poderiam ser melhor redigidos. Nota: 8,5.

O diagrama N° 6 (Figura 9), sobre o mesmo experimento, é quase excelente. Itens bem pensados. Os dados e transformações merecem destaque pela clareza e organização. Pequenos descontos na questão-foco e (na falta de alguns) princípios. Não indicou o valor. Nota: 9,0.

Já o Vê N° 7 (Figura 10) é péssimo. Não consegue explicitar o evento. O princípio é confuso. Na teoria aparece algo que é menos que princípio. Até a questão-foco confunde o leitor. Usa conceitos incorretos na asserção de conhecimento. Nenhuma transformação é indicada. Nota: 4,5 (mais pelo esforço do que pela correção).

O diagrama N° 8 (Figura 11) apresenta vários registros e transformações em anexo, mas estão organizados de forma estranha. Parecem informações copiadas de alguém. Os elementos não conversam entre si, estão justapostos, parecem embaralhados. No diagrama nem se menciona que estão em anexo. Dos itens restantes, alguns estão bons (questão-foco e asserção de conhecimento), outros fracos (evento, princípios). Chegam a afirmar no evento que a colisão é “eventual”! Nota: 6,5.

O Vê N° 9 é o último diagrama apresentado (Figura 12). Sua elaboração é razoável, apesar do erro grave de ortografia (“*conseitos*”). Falta o valor. Alguns itens poderiam ser melhor explicados ou mais completos. Nota: 8,0.

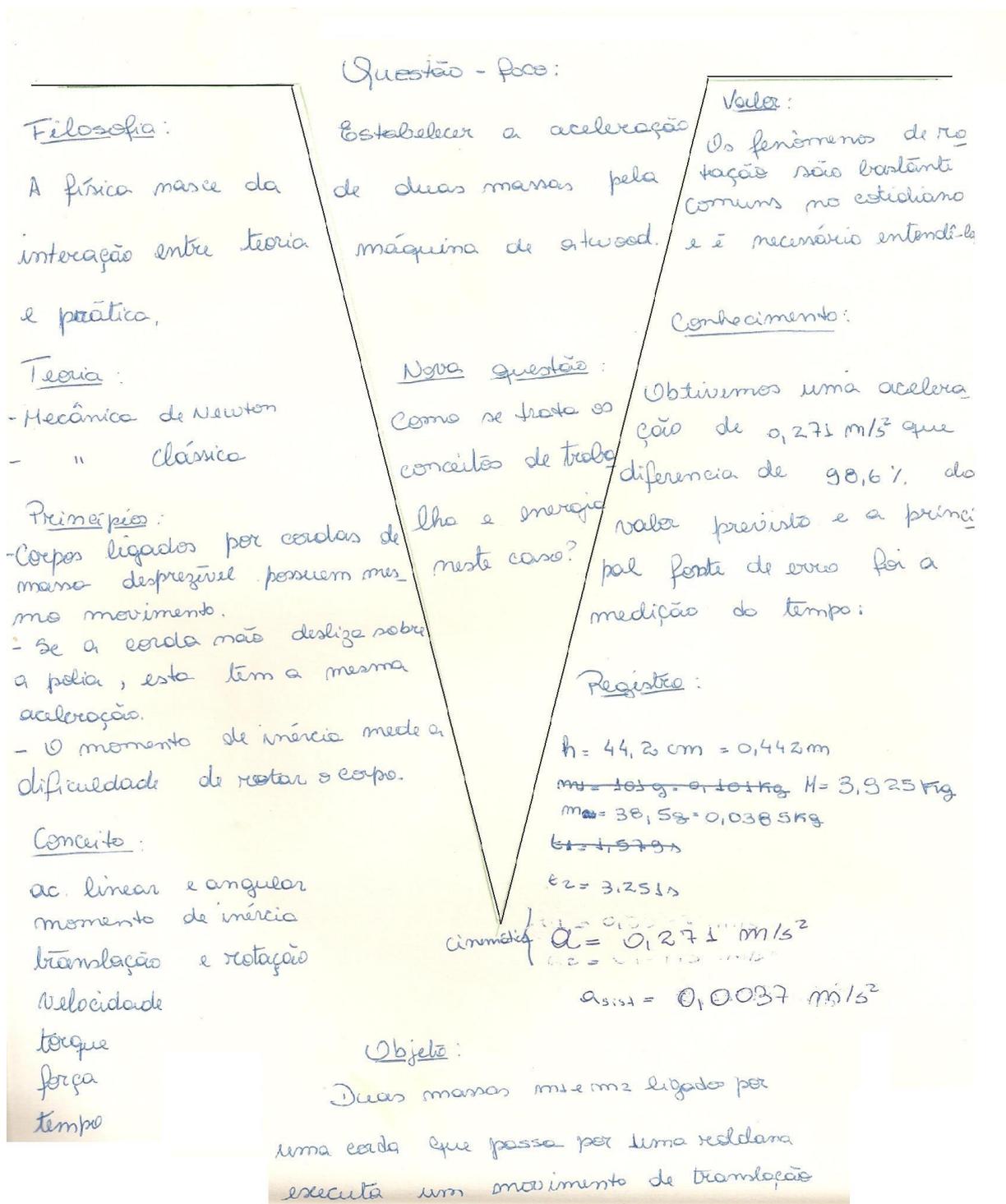


Figura 8 – Diagrama Vê N° 5 – Ano III.

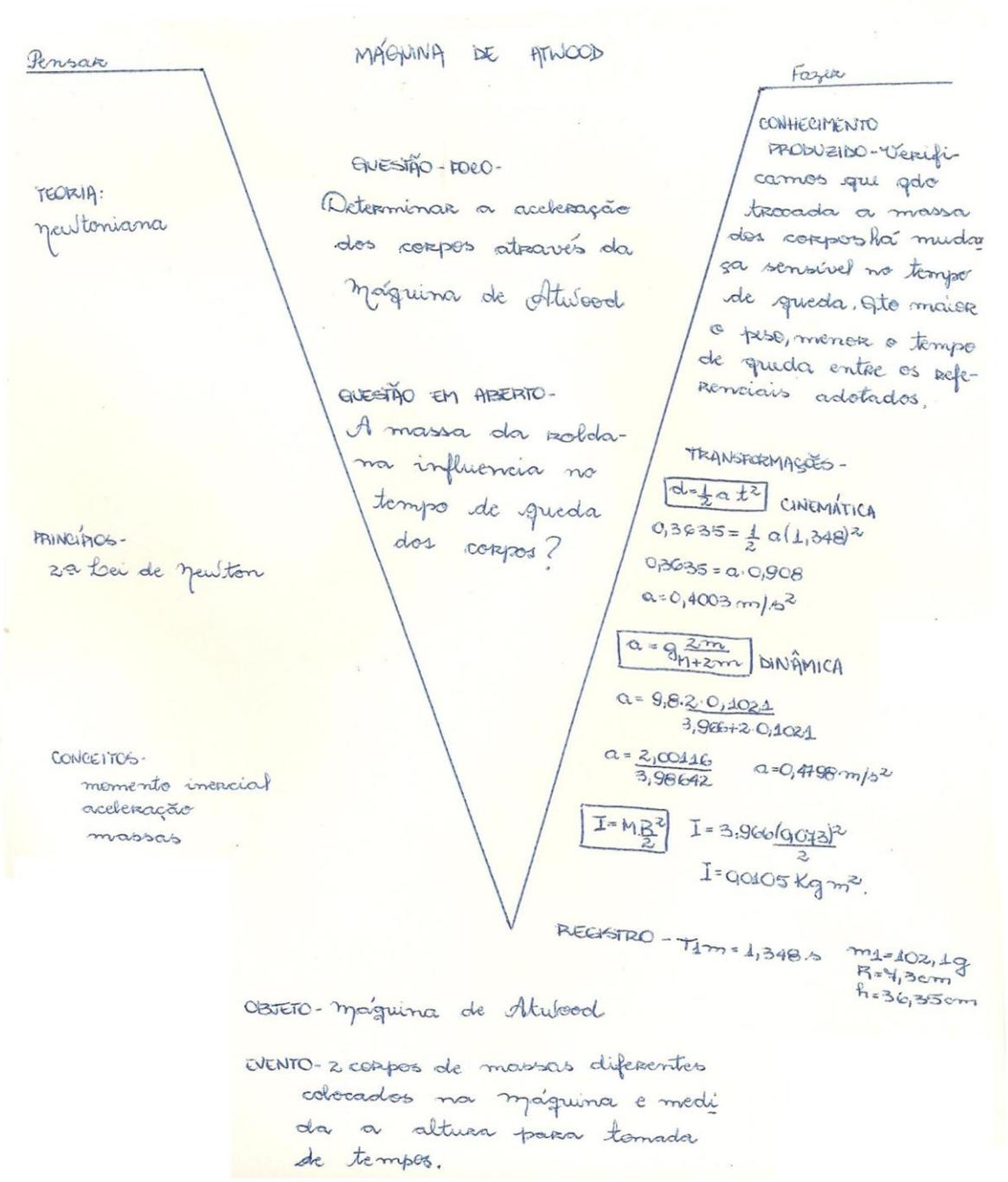


Figura 9 – Diagrama Vê N° 6 – Ano III.

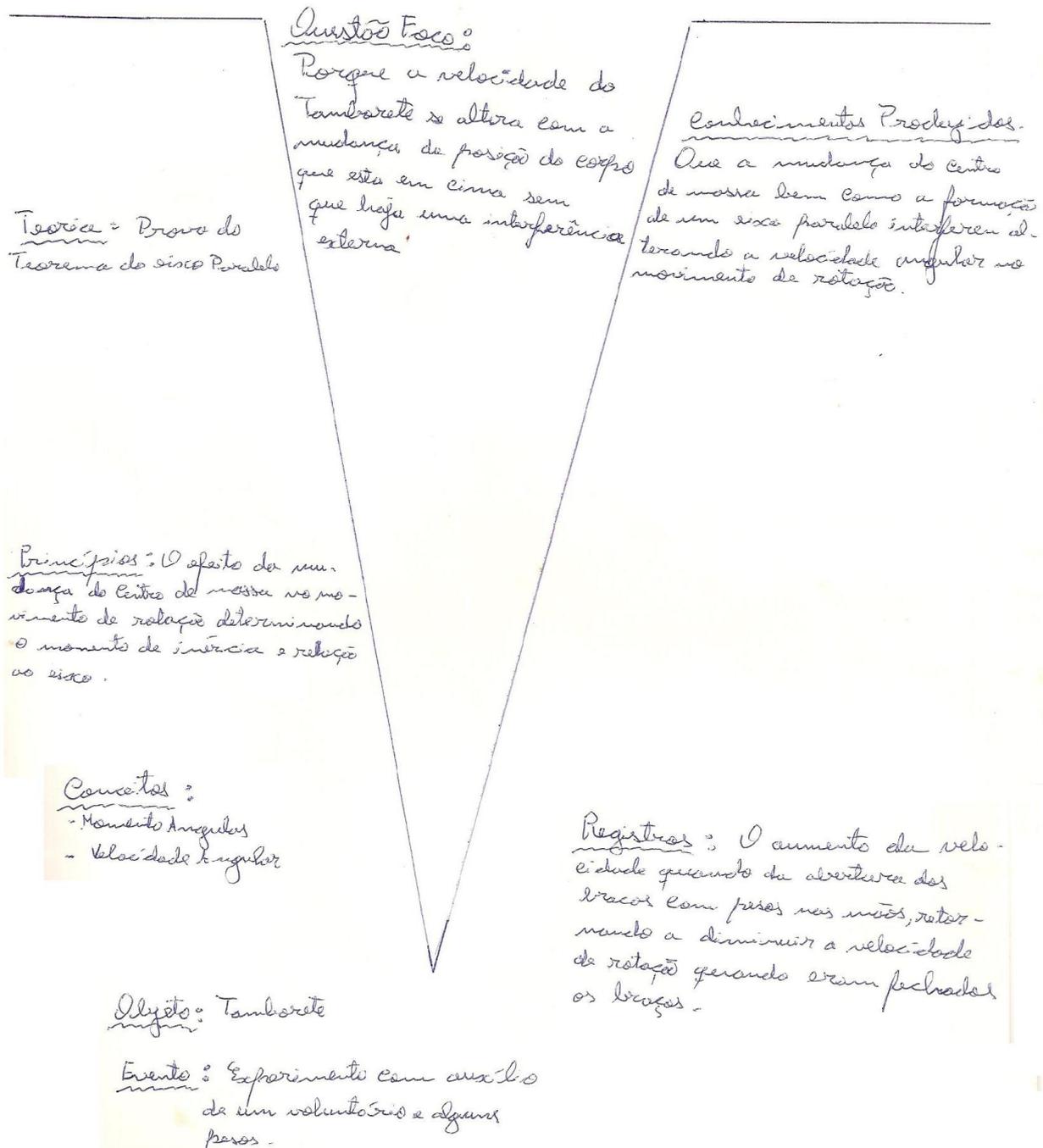


Figura 10 – Diagrama Vê Nº 7 – Ano III.

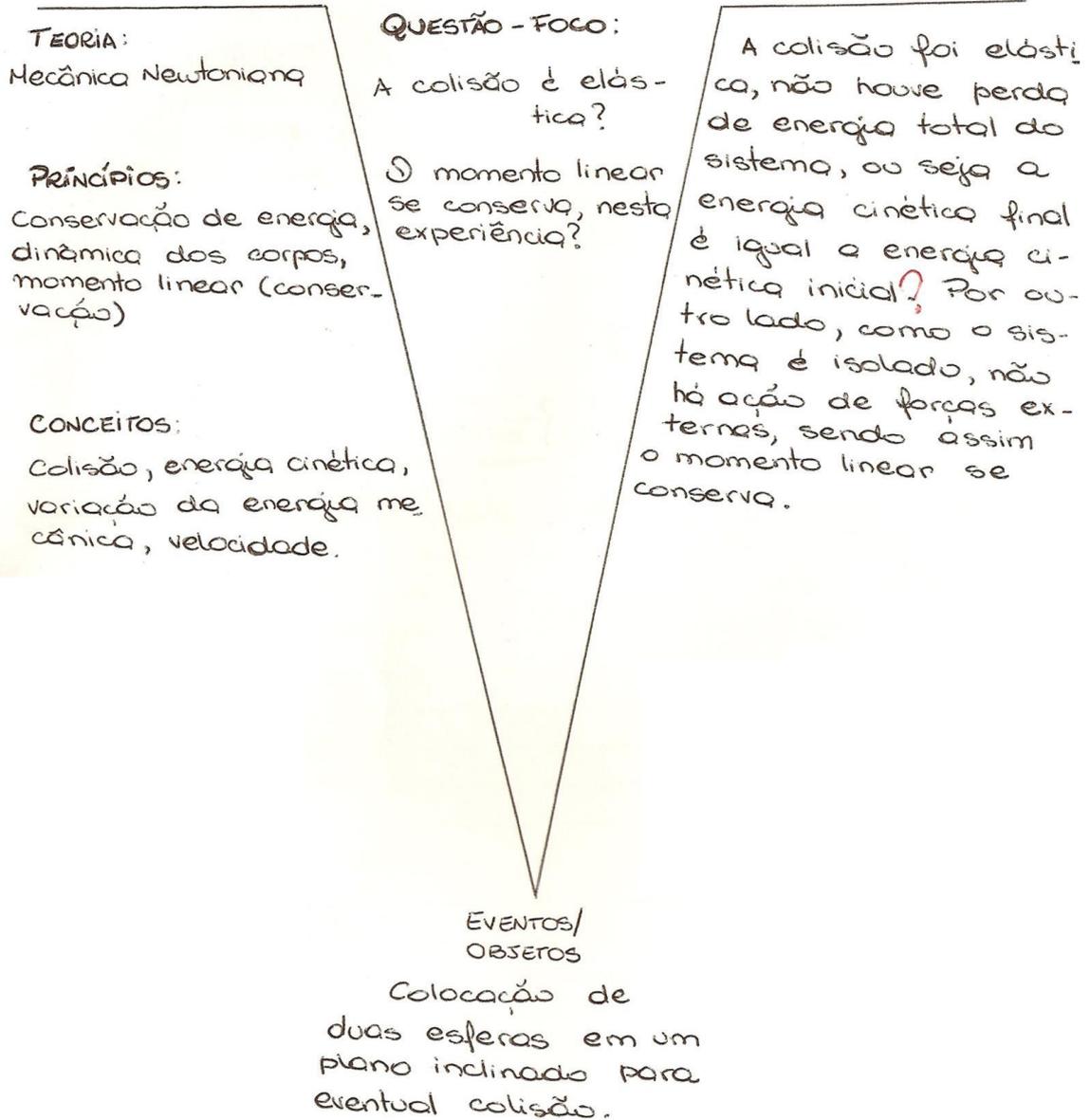


Figura 11 – Diagrama Vê N° 8 – Ano III.

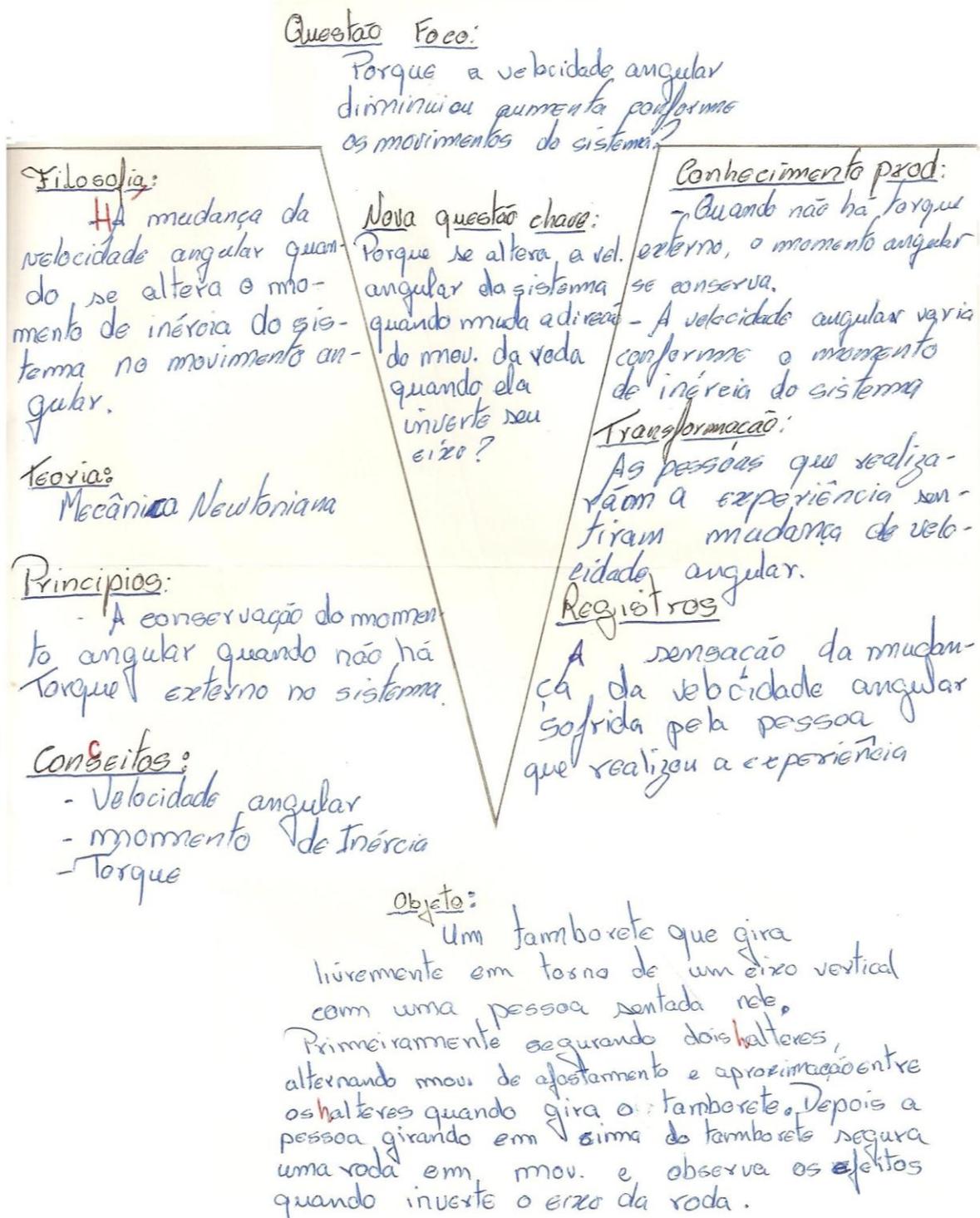


Figura 12 – Diagrama Vê N° 9 – Ano III.

Analisar um diagrama específico, construído por um determinado grupo, traz poucos elementos. Os exemplos analisados são apenas uma mostra que há diagramas bem-feitos, claros, sintéticos, completos. E há outros vagos, obscuros, visivelmente inacabados. Os estudantes participaram de um processo de entendimento do instrumento até dominá-lo melhor. As notas ruins se devem, muitas vezes, à divisão de tarefas: uns mediram e outros ficaram com o encargo de relatar. Se as informações, os significados, não foram devidamente compartilhados entre quem mede e quem redige, o relato pode resultar problemático.

6.1.7 As provas no Ano III

Vejamos outros dados do Estudo Final. A Tabela 15 detalha a estatística para as quatro provas realizadas no 1º Semestre do Ano III. O Apêndice D apresenta exemplos destas provas.

Tabela 15 – Características das quatro provas realizadas – Ano III – Estudo Final – 1º Semestre

| Prova | Disciplina | Nº de Questões | Alfa de Cronbach | Escore Total Médio | Variância do Escore Total | Casos (Alunos) |
|-------|-------------------------------|----------------|------------------|--------------------|---------------------------|----------------|
| P | Prova - Curso | Q | α | T _{médio} | V _T | N |
| P1C | Prova 1 - Engenharia Civil | 8 | 0,674 | 3,538 | 3,466 | 64 |
| P1M | Prova 1 - Engenharia Mecânica | 8 | 0,781 | 5,049 | 5,653 | 46 |
| P1Q | Prova 1 - Engenharia Química | 8 | 0,801 | 6,551 | 4,649 | 63 |
| P2C | Prova 2 - Engenharia Civil | 6 | 0,847 | 2,728 | 6,146 | 64 |
| P2M | Prova 2 - Engenharia Mecânica | 6 | 0,773 | 3,980 | 7,384 | 46 |
| P2Q | Prova 2 - Engenharia Química | 6 | 0,819 | 4,073 | 7,586 | 63 |
| P3C | Prova 3 - Engenharia Civil | 7 | 0,843 | 4,563 | 9,785 | 67 |
| P3M | Prova 3 - Engenharia Mecânica | 7 | 0,789 | 5,064 | 7,270 | 52 |
| P3Q | Prova 3 - Engenharia Química | 6 | 0,882 | 4,191 | 10,464 | 54 |
| P4C | Prova 4 - Engenharia Civil | 7 | 0,881 | 4,288 | 8,995 | 65 |
| P4M | Prova 4 - Engenharia Mecânica | 7 | 0,867 | 3,644 | 7,505 | 46 |
| P4Q | Prova 4 - Engenharia Química | 7 | 0,904 | 4,526 | 10,613 | 62 |

6.1.8 Escala de Atitude sobre Física Geral no Ano III

Como no Ano II, os alunos também responderam à Escala de Atitude sobre Física Geral proposta por Silveira (1979) e mostrada no Anexo F. Uma inspeção da Tabela 16 mostra que a atitude dos alunos foi em geral favorável, mas não tanto como no Ano II.

Tabela 16 – Características dos escores totais por turma para a Escala de Atitude sobre Física Geral – Ano III – Estudo Final

| Disciplina | Alfa de Cronbach | Escore Total Médio | Variância do Escore Total | Casos (Alunos) |
|-------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|----------------|
| Curso - Turma - Aulas | α | $T_{\text{médio}}$ | V_T | N |
| Engenharia Civil - AB - T/P | 0,893 | 99,2 | 167,5 | 46 |
| Engenharia Mecânica - U - T/P | 0,951 | 101,7 | 352,1 | 36 |
| Engenharia Química - AC - T/P | 0,878 | 97,2 | 158,3 | 44 |
| Ano III Agrupado | 0,916 | 99,2 | 216,6 | 126 |

6.1.9 Construção e validação da Escala de Atitudes em Relação à Ciência

Durante o Ano II elaboramos, seguindo indicações de Shaw e Wright (1967), uma Escala de Atitudes em Relação à Ciência, composta de uma série de afirmações para as quais o estudante deveria se posicionar em uma escala de cinco pontos: Concordo Fortemente (CF), Concordo (C), Indeciso (I), Discordo (D), Discordo Fortemente (DF).

A versão inicial da escala era composta de 87 itens. A partir de análises críticas feitas com ajuda do Prof. Marco Antonio Moreira e do Prof. Fernando Lang da Silveira, vários itens foram reescritos, agrupados ou suprimidos, resultando na versão preliminar de 64 itens mostrada no Apêndice E1. No Ano II, esta versão preliminar foi testada com sete alunos voluntários do Estudo Piloto. Além de assinalar sua opinião nos itens, foi solicitado também que estes estudantes escrevessem comentários, indicando se as afirmações eram claras ou obscuras, se haveria dificuldades de compreensão por parte dos colegas, se palavras ou expressões utilizadas não eram adequadas ao linguajar do público-alvo, etc.

A primeira testagem conduziu a novas análises e discussões que culminaram na versão modificada da escala, com 53 itens, mostrada no Apêndice E2. Nessa versão, como nas anteriores, consideramos que os itens, além de medir uma atitude geral sobre a ciência, poderiam ainda testar a opinião do estudante em temas específicos. Supusemos que os itens da escala modificada continham os seguintes quatro fatores: I) Visão de como a ciência funciona (itens 1 a 22); II) Atitude em relação à ciência (itens 23 a 36); III) Relação ciência e sociedade (itens 37 a 45); IV) Visão sobre o cientista (itens 46 a 53). Contudo, veremos a seguir que a estatística das respostas dos estudantes não corroborou a divisão como foi inicialmente pensada.

No Ano III a escala modificada foi aplicada não apenas aos estudantes do Estudo Final, mas em várias disciplinas introdutórias de Física de outros cursos da FURG. A primeira aplicação, no início do semestre letivo, teve 274 respondentes e a segunda, ao final, contou com 204 respondentes, totalizando uma amostra de 478 sujeitos, dos quais 135 indivíduos participaram das duas aplicações. O perfil, por turma, dos respondentes da Escala de Atitudes em Relação à Ciência encontra-se na Tabela 17.

Tabela 17 – Detalhamento da amostra que opinou na Escala de Atitudes em Relação à Ciência – Ano III – 1º Semestre

| Curso - Turma | Respondentes 1ª Aplicação | Respondentes 2ª Aplicação | Ambas as Aplicações |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Eng. Civil - AB | 48 | 25 | 17 |
| Eng. Mecânica - U | 40 | 37 | 31 |
| Eng. Química - AC | 50 | 39 | 33 |
| Eng. Alimentos | 45 | 25 | 24 |
| Eng. Civil - 2º Ano | 21 | 13 | 0 |
| Ciências - Biologia | 21 | 10 | 9 |
| Ciências - Química | 09 | 4 | 2 |
| Física | 27 | 15 | 15 |
| Matemática | 0 | 29 | 0 |
| Professores da FURG | 6 | 7 | 4 |
| Outros | 7 | 0 | 0 |
| Total | 274 | 204 | 135 |

Para a amostra unificada das duas aplicações, realizamos uma análise de consistência interna. Um primeiro cálculo de fidedignidade para o conjunto de 53 itens revelou uma correlação razoável ($\alpha = 0,7365$). Analisando as correlações item-total procedemos a várias

eliminações de itens que não estavam contribuindo significativamente para o escore total. Ao final do processo, além dos 14 itens eliminados totalmente da escala, foram retirados também do escore global os itens 1, 9, 10, 21 e 22, que não estava se correlacionando com os demais. O novo alfa obtido foi 0,8170 indicando uma correlação mais forte. A Tabela 18 apresenta este processo detalhadamente.

Em seguida realizamos uma análise fatorial para verificar a presença de agrupamentos de itens na escala. Analisamos as possibilidades com dois, três e quatro fatores, com soluções rotadas ortogonais (independentes) e oblíquas (inter-relacionadas). Em cada caso, comparamos se o enquadramento dos itens nos fatores era razoável, se havia coerência de significado. Após algumas simulações tentativas, chegamos à definição dos três fatores mostrada na Tabela 18, que guardam alguma semelhança com nossos fatores originais. O fator 1, mais importante, corresponde ao antigo fator II, com alguns itens adicionais. O fator 2 lembra um pouco o fator I e o fator 3 é uma mistura dos fatores III e IV anteriores. Em todos os casos foram feitas várias simulações e eliminações de itens até chegar ao resultado apresentado, considerado a escolha que mais fazia sentido.

Tabela 18 – Fidedignidade da Escala de Atitudes em Relação à Ciência – Ano III – 1º Semestre

| Fator | Itens | Nº de Itens | Alfa |
|---|---|--------------------|-------------|
| Geral - Visão Global da Ciência | Escala Inteira: 1 a 53 | 53 | 0,7365 |
| | Suprimindo os itens eliminados restaram: 1, 3, 8 a 13, 16, 17, 20, 21, 22, 23 a 33, 35 a 38, 40 a 43, 45, 46, 48 a 51, 53 | 39 | 0,7939 |
| | Após novo refinamento restaram os itens: 3, 8, 11 a 13, 16, 17, 20, 23 a 33, 35 a 38, 40 a 43, 45, 46, 48 a 51, 53 | 34 | 0,8170 |
| Fator 1 - Atitude em Relação à Ciência | 23 a 33, 35 a 37, 42, 43, 45 | 17 | 0,8432 |
| Fator 2 - Visão de Como a Ciência é Feita (Empirista-Indutivista) | 1, 3, 8 a 13, 16, 17, 20, 21, 22, 38, 45, 46, 48, 51 | 18 | 0,6902 |
| Fator 3 - Visão do Cientista e de sua Relação com a Sociedade | 24, 26, 27, 31 a 33, 37, 38, 40 a 43, 45, 46, 48 a 50, 53 | 18 | 0,7623 |
| Itens totalmente eliminados da escala: | 2, 4, 5, 6, 7, 14, 15, 18, 19, 34, 39, 44, 47 e 52. | 14 | |

Os 14 itens eliminados não contribuíram nem para o escore global, nem para os escores dos fatores. Uma inspeção destes itens mostra que em geral apresentam uma visão crítica da ciência, do conhecimento como construção humana, de elaboração de modelos provisórios e tentativos, de alerta para possíveis interações perigosas entre ciência e sociedade e de uma visão mais humana do cientista. As opiniões dos alunos nestes itens não se relacionaram coerentemente com suas demais opiniões, o que ocasionou sua eliminação. A Tabela 19 apresenta algumas correlações entre os fatores da Escala de Atitudes em Relação à Ciência. As correlações mostram que o escore global está relacionado com os três fatores 1, 2 e 3. Evidenciam ainda que 1 e 2 são fatores independentes, que há forte relação entre os fatores 1 e 3 e fraca relação entre 2 e 3. Todos os quatro escores da 2ª aplicação correlacionam-se medianamente com o respectivo escore da 1ª aplicação.

Tabela 19 – Coeficientes de correlação de Pearson entre os fatores da Escala de Atitudes em Relação à Ciência (1ª e 2ª Aplicações) – Ano III

| Variável 1 | Variável 2 | Correlação r | Alunos N |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------|----------|
| Fator 1A (1ª Aplic.) | Escore Global T34A (1ª Aplic.) | 0,855** | 138 |
| Fator 2A (1ª Aplic.) | Escore Global T34A (1ª Aplic.) | 0,550** | 138 |
| Fator 3A (1ª Aplic.) | Escore Global T34A (1ª Aplic.) | 0,905** | 138 |
| Fator 1B (2ª Aplic.) | Escore Global T34B (2ª Aplic.) | 0,895** | 101 |
| Fator 2B (2ª Aplic.) | Escore Global T34B (2ª Aplic.) | 0,465** | 101 |
| Fator 3B (2ª Aplic.) | Escore Global T34B (2ª Aplic.) | 0,906** | 101 |
| Fator 2A (1ª Aplic.) | Fator 1A (1ª Aplic.) | 0,119 | 138 |
| Fator 3A (1ª Aplic.) | Fator 1A (1ª Aplic.) | 0,854** | 138 |
| Fator 3A (1ª Aplic.) | Fator 2A (1ª Aplic.) | 0,288** | 138 |
| Fator 2B (2ª Aplic.) | Fator 1B (2ª Aplic.) | 0,097 | 101 |
| Fator 3B (2ª Aplic.) | Fator 1B (2ª Aplic.) | 0,880** | 101 |
| Fator 3B (2ª Aplic.) | Fator 2B (2ª Aplic.) | 0,213** | 101 |
| Escore Global T34A (1ª Aplic.) | Escore Global T34B (2ª Aplic.) | 0,512** | 81 |
| Fator 1A (1ª Aplic.) | Fator 1B (2ª Aplic.) | 0,530** | 81 |
| Fator 2A (1ª Aplic.) | Fator 2B (2ª Aplic.) | 0,634** | 81 |
| Fator 3A (1ª Aplic.) | Fator 3B (2ª Aplic.) | 0,460** | 81 |

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Uma versão considerada final da Escala de Atitudes em Relação à Ciência é mostrada no Apêndice E3.

6.1.10 Comparando escores de várias medidas quantitativas

A Tabela 20 mostra os coeficientes de correlação de Pearson entre os escores totais das seguintes variáveis: Nota do Laboratório (1º Semestre), Nota Média do 1º Semestre, Nota Final na Disciplina, Escala de Atitude sobre Física Geral, Teste de Mecânica 1 (1ª Aplicação), Teste de Mecânica 2 (2ª Aplicação).

Tabela 20 – Coeficientes de correlação de Pearson entre os escores totais de diversas variáveis medidas para os alunos – Ano III

| Variável 1 | Variável 2 | Correlação r | Alunos N |
|---------------------------|--------------------------------|--------------|----------|
| Nota do Laboratório | Nota Média do 1º Semestre | 0,711** | 176 |
| Nota do Laboratório | Nota Final na Disciplina | 0,521** | 174 |
| Nota Média do 1º Semestre | Nota Final na Disciplina | 0,885** | 174 |
| Nota do Laboratório | Teste de Mecânica 1 | -0,132 | 163 |
| Nota Média do 1º Semestre | Teste de Mecânica 1 | 0,101 | 163 |
| Nota Final na Disciplina | Teste de Mecânica 1 | 0,101 | 161 |
| Nota do Laboratório | Teste de Mecânica 2 | 0,035 | 100 |
| Nota Média do 1º Semestre | Teste de Mecânica 2 | 0,466** | 100 |
| Nota Final na Disciplina | Teste de Mecânica 2 | 0,485** | 98 |
| Teste de Mecânica 1 | Teste de Mecânica 2 | 0,486** | 91 |
| Nota do Laboratório | Escala de Atitude Física Geral | 0,021 | 121 |
| Nota Média do 1º Semestre | Escala de Atitude Física Geral | 0,199* | 121 |
| Nota Final na Disciplina | Escala de Atitude Física Geral | 0,237** | 121 |

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

Analisando estes coeficientes de correlação vemos que a primeira aplicação do Teste de Mecânica não apresenta relação com as notas obtidas no laboratório ou na disciplina. Isto pode ser explicado porque inicialmente as concepções alternativas em mecânica são muito comuns, acarretando poucos acertos no teste. Ao longo da disciplina, muitos alunos desistiram, principalmente aqueles que tiveram pouco ou nenhum aproveitamento. Os demais aprenderam, embora em níveis diferentes, conceitos e princípios da mecânica. Para alguns

alunos, o número de acertos na segunda aplicação do Teste de Mecânica é visivelmente maior do que o da primeira aplicação. Conseqüentemente, passamos a observar uma correlação (fraca) do teste com as notas na disciplina. Não é observada, contudo, relação do Teste de Mecânica com as notas de laboratório.

Examinamos as relações entre a nota do laboratório, a nota média do primeiro semestre e a nota final da disciplina. As três correlacionam-se, conforme é esperado. Para os alunos que se engajam nos experimentos e nas tarefas escritas, as notas de laboratório costumam ser altas. O mesmo não é observado nas provas. Muitos alunos, embora participem das aulas e estudem, fracassam nas avaliações escritas, de modo que a correlação observada não é perfeita. Já o sucesso ou o fracasso nas avaliações escritas (que compõem 80% das notas da disciplina) parece não se modificar muito ao longo do ano letivo, conforme indica o coeficiente de 0,885 entre a nota do 1º Semestre e a Nota Final. Uma análise da distribuição de notas mostra, na verdade, uma piora com o tempo. Muitos alunos com notas iniciais promissoras, ao final do ano acabaram por ser reprovados. É possível, como já aventamos, que, no segundo semestre, não tenham se adaptado ao novo professor. Ou podem ter desistido por outros motivos. Os alunos costumam justificar seu abandono afirmando que a pressão ao final do ano é grande. Quando precisam fazer exame em mais de uma disciplina importante (ou difícil), muitas vezes têm que escolher em quais irão se empenhar e tentar aprovação e quais abandonarão sem sequer tentar. A opção pela reprovação antecipada diminui a angústia da incerteza e do fracasso.

Observa-se uma fraca relação entre as notas médias e o escore na Escala de Atitudes sobre Física Geral.

A Tabela 21 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre as notas do laboratório e a média do 1º Semestre e os fatores da Escala de Atitudes em Relação à Ciência. Tanto na 1ª como na 2ª aplicação, não houve correlação entre a nota do laboratório e qualquer um dos quatro fatores (o geral e os três específicos), ou seja, seu desempenho nas atividades de laboratório não teve influência de (ou na) sua visão de ciência. A nota média do 1º semestre também foi independente da visão de ciência inicial (1ª aplicação) e da visão de ciência final (2ª aplicação), embora comece a ser sentida alguma relação muito fraca neste último caso. Observa-se uma fraca relação entre as notas médias e o escore na Escala de Atitudes em Relação à Ciência.

Tabela 21 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a nota de laboratório e a nota do 1º Semestre e os fatores da Escala de Atitudes em Relação à Ciência (1ª e 2ª Aplicações) – Ano III

| Variável 1 | Variável 2 | Correlação r | Alunos N |
|---------------------------|--------------------------------|--------------|----------|
| Nota do Laboratório | Escore Global T34A (1ª Aplic.) | -0,047 | 138 |
| Nota do Laboratório | Fator 1A (1ª Aplic.) | 0,003 | 138 |
| Nota do Laboratório | Fator 2A (1ª Aplic.) | -0,039 | 138 |
| Nota do Laboratório | Fator 3A (1ª Aplic.) | -0,068 | 138 |
| Nota do Laboratório | Escore Global T34B (2ª Aplic.) | 0,075 | 101 |
| Nota do Laboratório | Fator 1B (2ª Aplic.) | 0,076 | 101 |
| Nota do Laboratório | Fator 2B (2ª Aplic.) | -0,020 | 101 |
| Nota do Laboratório | Fator 3B (2ª Aplic.) | 0,069 | 101 |
| Nota Média do 1º Semestre | Escore Global T34A (1ª Aplic.) | 0,098 | 138 |
| Nota Média do 1º Semestre | Fator 1A (1ª Aplic.) | 0,092 | 138 |
| Nota Média do 1º Semestre | Fator 2A (1ª Aplic.) | 0,125 | 138 |
| Nota Média do 1º Semestre | Fator 3A (1ª Aplic.) | 0,043 | 138 |
| Nota Média do 1º Semestre | Escore Global T34B (2ª Aplic.) | 0,246* | 101 |
| Nota Média do 1º Semestre | Fator 1B (2ª Aplic.) | 0,196 | 101 |
| Nota Média do 1º Semestre | Fator 2B (2ª Aplic.) | 0,222* | 101 |
| Nota Média do 1º Semestre | Fator 3B (2ª Aplic.) | 0,191 | 101 |

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

6.1.11 Avaliação do desempenho do professor pelo aluno

No Estudo Preliminar realizamos a avaliação do desempenho do professor pelo aluno utilizando o questionário mostrado no Anexo G, construído no estilo de uma escala Likert. Este instrumento já foi bastante utilizado na UFRGS e pesquisas anteriores apontaram evidências de sua validade na avaliação do ensino universitário (MOREIRA, 1981; SILVEIRA; MOREIRA, 1984; SILVEIRA *et al.*, 1985).

Como o questionário é respondido anonimamente, torna-se inviável correlacionar as respostas dos alunos com qualquer outra variável ou mesmo estudar a estabilidade temporal dessas respostas. Através dele pretendemos apenas obter alguns subsídios a mais sobre a opinião dos alunos a respeito das aulas e de sua percepção da atuação da professora.

Dos 40 itens do questionário, os seis últimos são considerados adicionais porque não se referem diretamente a características do professor. Uma rápida inspeção dos enunciados mostra que os itens ímpares são favoráveis e os pares, desfavoráveis, com exceção do item 40 que é favorável. Cada item gera uma variável discreta de cinco pontos com valor mínimo 1 e máximo 5. Nos itens desfavoráveis esse valor cresce de 1 a 5 e nos itens favoráveis decresce de 5 a 1. Os 34 itens iniciais são utilizados na construção de um escore total que deve representar, de maneira geral, o desempenho do professor na opinião do aluno. Esse escore total é obtido da soma dos escores de cada item, podendo ter como valores extremos 34 e 170 (SILVEIRA; MOREIRA, 1984).

Pode-se questionar a construção desse escore total como medida geral do desempenho do professor a menos que se revele, empiricamente, a presença de um fator geral subjacente a todos os itens. Para verificar a existência ou não desse fator geral, calculamos o coeficiente alfa de Cronbach, que informa, com boa aproximação, qual é a proporção da variância do escore total que é devida ao primeiro fator comum a todos os itens. O coeficiente alfa é também uma estimativa do coeficiente de fidedignidade do instrumento (*ibid.*).

Na Tabela 22 são apresentados os coeficientes de fidedignidade obtidos para cada uma das cinco turmas do estudo preliminar e também para as turmas agrupadas¹⁷. Relacionamos, também, o número de alunos envolvidos por turma na avaliação da professora (N), a média do escore total ou escore médio ($T_{\text{médio}}$) e a variância do escore total V_T .

Os coeficientes alfa obtidos, com exceção de um, são todos elevados (iguais ou maiores que 0,85), demonstrando, dessa forma, que tem sentido a construção do escore total. Isso significa também que a variância do escore total representa, em sua maior parte, diferenças reais de opinião (não erros de medida), ou seja, o instrumento consegue detectar que entre os alunos há diferentes opiniões sobre a professora. As médias por turma variaram de 130,0 a 142,3 pontos, isto é, equivalem a notas de 7,6 a 8,3 em uma escala de 10, o que pode ser considerada uma avaliação de regular a boa.

Uma inspeção do percentual médio das respostas para os 34 itens evidenciou que as notas “baixas” se concentraram nos quesitos 6, 9, 29 e 34. Isso significa que, na opinião dos

¹⁷ Com este cálculo pretendemos ter uma ideia se o pequeno número de respondentes nas turmas experimentais está distorcendo os resultados, invalidando a análise estatística.

Tabela 22 – Características dos escores totais por turma para o questionário de avaliação do professor pelos alunos – Ano I – Estudo Preliminar

| Disciplina | Alfa de Cronbach | Escore Total Médio | Variância do Escore Total | Casos (Alunos) |
|---------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|----------------|
| Curso - Turma – Aulas | α | $T_{\text{médio}}$ | V_T | N |
| Engenharia Mecânica - CD - T/P | 0,895 | 130,1 | 225,0 | 40 |
| Engenharia Química - F - P | 0,899 | 130,0 | 139,0 | 9 |
| Engenharia de Alimentos - B - P | 0,656 | 140,1 | 69,4 | 10 |
| Engenharia Química - C - P | 0,855 | 140,1 | 153,8 | 7 |
| Engenharia Civil - G - P | 0,906 | 142,3 | 222,8 | 9 |
| Físicas Experimentais Agrupadas | 0,847 | 142,9 | 135,2 | 35 |
| Ano I Agrupado | 0,895 | 136,1 | 222,3 | 75 |

alunos, os pontos falhos da professora são: *costuma dar aulas sempre da mesma maneira, não faz bom uso de recursos audiovisuais, não consegue manter o aluno atento durante as aulas e, de um modo geral, poderia ter ministrado melhor a disciplina*. Alguns pontos considerados regulares foram os itens 8, 13, 23 e 27: *apenas repete o que está no livro de texto; distribui mal o tempo disponível para as aulas; não percebe se os alunos estão entendendo o assunto; não estimula o senso crítico dos alunos*¹⁸.

Tabela 23 – Características dos escores totais por turma para o questionário de avaliação do professor pelos alunos – Ano III – Estudo Final

| Disciplina | Alfa de Cronbach | Escore Total Médio | Variância do Escore Total | Casos (Alunos) |
|-------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|----------------|
| Curso - Turma - Aulas | α | $T_{\text{médio}}$ | V_T | N |
| Engenharia Civil - AB - T/P | 0,880 | 109,1 | 285,4 | 51 |
| Engenharia Mecânica - U - T/P | 0,907 | 109,3 | 345,0 | 36 |
| Engenharia Química - AC - T/P | 0,907 | 123,3 | 325,0 | 48 |
| Ano III Agrupado | 0,907 | 114,1 | 356,8 | 135 |

As críticas foram consideradas pertinentes pela professora, inclusive porque em sua auto-avaliação havia chegado a resultados semelhantes. Somente tem dúvidas a respeito dos últimos dois itens, pois crê ser capaz de perceber se os alunos estão entendendo o assunto e de

¹⁸ Grande parte respondeu não saber.

estimular o senso crítico dos alunos.

Análise semelhante foi feita nas três¹⁹ turmas do Estudo Final. Na Tabela 23 são apresentados os resultados. Os valores dos coeficientes alfa mantiveram-se elevados (acima de 0,88). As médias por turma variaram de 109,1 a 123,3 pontos, isto é, de 6,4 a 7,3 em uma escala de 10, o que pode ser considerada uma avaliação regular.

Comparada ao Ano I, a avaliação da professora no Ano III foi menos favorável. Além dos pontos falhos já arrolados no Ano I, uma parcela de alunos opinou desfavoravelmente também em outros itens, como por exemplo: *dá explicações pouco claras; desestimula o interesse pela matéria; usa pouco exemplos e ilustrações; aulas desinteressantes; falta de entusiasmo; não mostrar como tópicos se encaixam na disciplina como um todo; poderia ser recomendado como bom professor.*

As três turmas, contudo, não estão plenamente de acordo em suas críticas. Percebe-se que a maioria dos itens é apontado como problemático por apenas uma das turmas. O restante considera o item favorável. Este resultado pior, não obstante, vai contra nossas expectativas. No Ano III o curso já estava bem melhor preparado, o material mais estruturado, a professora mais experiente. Esperar-se-ia uma avaliação mais positiva e não pior!

Um indício de explicação para essa “piora” na avaliação do desempenho da professora pode vir de um ponto mencionado nas entrevistas por alguns alunos. Para estes, quando perguntados que aula tinham considerado a melhor, citaram determinada aula teórica que a professora pressupunha ter sido ruim porque estava extremamente gripada. Como a opinião se repetiu, resolvemos considerar melhor a questão. Em meio à febre, a professora mal conseguia conectar as ideias; lembra que as frases demoravam a se articular, as explicações ficaram lentas e monótonas; uma aula difícil e cansativa, em sua opinião. Mas, surpreendentemente, mais de um aluno relatou que esta havia sido a melhor aula do semestre. O que podemos concluir então? Talvez que quanto mais preparado está o professor, mais exigente fica, mais rápido quer chegar às conclusões, mais temas quer discutir no mesmo período. É possível que a inexperiência de alguns alunos necessite de um ritmo mais lento, de um raciocínio menos veloz, de tempo para compreender e acompanhar o desenrolar do assunto. É uma possível explicação porque a professora desestimularia o interesse pela matéria e não daria aulas esclarecedoras.

¹⁹ Não há motivos para discriminar as turmas que têm aulas teóricas juntas.

Outra possibilidade é que a diminuição de carga horária, pelo novo currículo, em duas turmas, não tenha sido benéfica aos estudantes como seria esperado e eles apenas estivessem atribuindo seu próprio fracasso na disciplina à ineficácia da atuação da professora, não vislumbrando outras causas para a reprovação.

Os comentários escritos feitos por alguns alunos no verso do questionário de avaliação do professor são mostrados no Apêndice F. Alguns deles são encorajadores e positivos, outros são ferinos e mordazes, talvez refletindo o estado de espírito dos alunos naquele momento. A grande maioria não fez qualquer observação.

Para finalizar, foram calculados os coeficientes de correlação entre as médias nos itens 35, 36, 37, 38, 39 e 40 e o escore total médio (Tabela 24).

Tabela 24 – Coeficiente de correlação de Pearson das questões 35 a 40 com o escore total para os alunos que responderam o questionário de avaliação do professor – Anos I e III

| Item do questionário | Correlação com o escore total |
|----------------------|-------------------------------|
| 35 | 0,504** |
| 36 | -0,009 |
| 37 | 0,114 |
| 38 | 0,079 |
| 39 | 0,474** |
| 40 | 0,000 |

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Os itens 35 e 39 correlacionam-se significativamente com a opinião dos alunos em relação ao professor; as demais correlações não possuem significância estatística. O item 35 versa sobre o sistema de avaliação utilizado na disciplina e o item 39 manifesta a opinião do aluno sobre o quanto aprendeu na disciplina. Parece razoável que, para o aluno, “bons professores” avaliem corretamente e façam seus alunos aprenderem mais. A importância que os alunos atribuem à disciplina (item 36), à sua autocrítica (item 37), o esforço que os alunos dispensam no estudo (item 38) e a importância que dão ao questionário (item 40) não se correlacionaram significativamente com a opinião geral sobre o professor. Esses resultados parecem plausíveis e constituem-se em evidências de validade do questionário (SILVEIRA *et al.*, 1985).

ENTREVISTAS

*“Um otimista lhe falará que o copo está meio-cheio;
o pessimista, meio-vazio; e o engenheiro lhe falará
que o copo é duas vezes o tamanho que precisa ser.”*

Autor desconhecido

7 ENTREVISTAS

7.1 METODOLOGIA DAS ENTREVISTAS

Descreve-se a seguir um detalhamento de como foram elaboradas e executadas as entrevistas. Na continuação, apresentam-se os resultados obtidos.

7.1.1 Um panorama das entrevistas

Para colher evidências sobre as impressões dos alunos acerca da estratégia utilizada na disciplina e também para ter indícios de suas concepções epistemológicas, foram realizadas, no Ano III, dois conjuntos de entrevistas semi-estruturadas: um anterior e outro posterior à instrução. Nos dois casos utilizou-se, como guia, roteiros esquemáticos. Contudo, sempre que conveniente, procurou-se seguir o pensamento do aluno até esclarecê-lo.

Todos os estudantes foram convidados, em aula, a participar destas “conversas”. Foi feito um agendamento com aqueles que voluntariamente se disponibilizaram. As entrevistas foram gravadas em áudio e tiveram, em média, duração de meia hora cada. Cada conjunto de entrevistas precisou de duas a três semanas para ser concluído. Os registros somam 45 horas de gravação, aproximadamente.

A Tabela 25 detalha como se distribuíram as entrevistas por curso. Dos totais apresentados, cerca de um terço corresponde ao sexo feminino, o que segue mais ou menos o perfil de matrículas nos cursos, exceção feita ao curso de Engenharia Mecânica que apresenta composição majoritariamente masculina.

Tabela 25 – Entrevistas Ano III – Estudo Final – 1º Semestre

| Curso | Entrevistas Pré-Instrução | Entrevistas Pós-Instrução | Entrevistados em ambas |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Engenharia Civil | 17 | 22 | 7 |
| Engenharia Mecânica | 13 | 11 | 4 |
| Engenharia Química | 16 | 11 | 4 |
| Totais | 46 | 44 | 15 |

Pela grande quantidade de registros disponíveis, focalizou-se primordialmente as entrevistas pós-instrução. Estas 44 entrevistas foram transcritas literalmente, totalizando 350 páginas digitadas. Destas, serão analisadas em detalhe cerca de um terço, procurando-se priorizar aqueles estudantes que foram entrevistados em ambas as fases (pré e pós-instrução). Mas, sempre que relevante, serão apresentados dados dos demais entrevistados.

No Apêndice H encontra-se, a título de exemplo, a transcrição completa da entrevista realizada com o Aluno 90, do curso de Engenharia Química. Inicialmente, as entrevistas foram numeradas na ordem em que foram feitas (de ENT01 até ENT90). Posteriormente elas foram reorganizadas, por curso, atribuindo-se números a cada aluno. Chamamos os entrevistados na fase pré-instrução de ALUNO 01 até ALUNO 46 e na pós-instrução, de ALUNO 51 até ALUNO 94. Os 15 primeiros alunos de cada fase são aqueles que realizaram as duas entrevistas. Portanto, o ALUNO 01 e o ALUNO 51 são o mesmo estudante, a numeração apenas diferencia a entrevista pré-instrução da entrevista pós-instrução. Essa correspondência se mantém até o ALUNO 15 = ALUNO 65. Os demais alunos, de 16 a 46 e de 66 a 94, são distintos.

7.1.2 Técnica para realizar entrevistas

A entrevista provê uma riqueza de informações. É possível captar uma pequena ideia, um pensamento, e segui-lo. Por seu formato mais aberto pode-se investigar melhor o que pensa o aluno. Não apenas sua posição sobre alguma questão como também a justificativa para esta opinião, o raciocínio envolvido, o processo que conduz à resposta verbalizada.

De início, o entrevistado é acolhido. Procura-se deixá-lo à vontade, confortável. Muitos estudantes mostram-se visivelmente nervosos no princípio. Olham com ansiedade para o gravador. Mas, à medida que a conversa vai se estabelecendo, busca-se dar ao aluno a certeza que seu pensamento é importante e que ele não será julgado por ter essa ou aquela opinião.

O objetivo da entrevista é deixar o estudante falar. No papel de entrevistadora, procurou-se conter a fala para poder abrir espaço para o entrevistado. Sabe-se que o estudante precisa se sentir à vontade para expor suas convicções, suas ideias, suas dúvidas, suas opiniões. Sempre que necessário, lembra-se ao entrevistado que ele está colaborando com uma tarefa difícil, para a qual se dispôs, e que seu esforço é digno de reconhecimento e gratidão (MOREIRA; SILVEIRA, 1993, p. 25).

Na condução da entrevista, muitas vezes é preciso provocar o entrevistado, questioná-lo, convidá-lo a se posicionar. Ao mesmo tempo se impõe deixá-lo falar, seguir seus argumentos, sem contudo deixar que ele se desvie demais do rumo. Sempre que possível, segue-se a cadeia de pensamento do aluno, mantendo o cuidado de não dar pistas (por exemplo, através de gesticulação ou de expressões faciais) das respostas esperadas ou preferidas. À medida que se pratica o “entrevistar”, consegue-se não conduzir demais nem de menos, não forçar, não direcionar. Aprende-se a perguntar sem sugerir. Conter a ansiedade. E aguardar que o estudante entregue voluntariamente sua resposta.

O Anexo H apresenta algumas diretrizes para entrevistar os estudantes.

7.1.3 O conteúdo das entrevistas

A entrevista pré-instrução foi dividida em duas partes. Na primeira questionamos o estudante sobre sua experiência prévia no ensino médio, abrangendo dados concretos (que curso fez, quantos anos estudou Física, se havia tido aulas experimentais, se utilizou livro-texto) e opiniões (se gostou ou não de estudar Física, se considera importante aulas de laboratório, qual o objetivo das aulas teóricas e das aulas experimentais).

Na segunda parte abordamos o cientista (qual é o perfil de um cientista, como ele é, como deveria ser, que coisas gosta, que personalidade costuma ter, que habilidades lhe são necessárias) e seu trabalho (características do trabalho científico, áreas em que atua, local onde trabalha, como o cientista divulga suas “descobertas”, quais suas fontes de pagamento, como ele é avaliado). Investigamos também um pouco sobre suas concepções epistemológicas (quais as posturas do cientista sobre a ciência, que ideias ele leva ao laboratório, quais são os passos que segue quando faz ciência, qual o método para fazer ciência, se e como a ciência chega à verdade, o desenvolvimento científico: processo gradual ou quantizado, a ciência e a natureza, a objetividade da ciência, a validade das teorias científicas, a fronteira entre a ciência e a não-ciência). Para finalizar, questionamos sobre a relação do cientista com a sociedade (o objetivo e a objetividade da ciência, responsabilidades do cientista, ética do trabalho científico, credibilidade da ciência, a neutralidade da ciência, a inevitabilidade da ciência, o comprometimento dos cientistas com a sociedade, o poder da ciência).

A entrevista pós-instrução também foi dividida em duas partes. Na primeira parte, alteramos o foco para a disciplina de Física em que o alunos estavam matriculados. Indagamos o estudante sobre o desenrolar do curso, o que gostou e o que não gostou na disciplina, sua preferência pela aula teórica ou de laboratório, sua opinião sobre trabalhos e avaliações. Perguntamos também como haviam transcorrido as aulas experimentais, se recordavam sobre o Vê de Gowin e sua impressão sobre seu uso na disciplina. A segunda parte da entrevista foi idêntica à da entrevista pré-instrução.

Os roteiros esquemáticos detalhados, usados como guia para as entrevistas, encontram-se no Apêndice G.

7.1.4 Transformações e análise das pós-entrevistas

Dos 15 alunos entrevistados duas vezes (fases pré e pós-instrução), que pretendíamos examinar em detalhe, apenas o último apresentou problemas na gravação da pós-entrevista e foi descartado do grupo. As entrevistas dos outros 14 alunos totalizaram 94 páginas digitadas. Para reduzir esses registros a dados analisáveis, efetuamos transformações para condensá-los.

Nas vinhetas, transcritas das entrevistas, foram suprimidos os bordões (palavras ou expressões que se repetem a cada passo na conversa), entendidas como emissões verbais impulsivas e repetitivas (espécie de “cacoetes” ou manias verbais), próprias da fala cotidiana, que não expressam significados reais, apenas atuam como arrimo para a continuidade da fala enquanto o pensamento está sendo organizado. Também foram suprimidas frases repetidas em sequência.

Por outro lado, não foram alteradas as concordâncias verbais linguisticamente erradas, típicas de muitos gaúchos, nem o jeito de falar carregado de expressões regionais, para não tornar a fala demasiado artificial.

Dado o grande número de entrevistas e questões, na apresentação optamos por reunir o pensamento destes alunos para cada pergunta, procurando obter uma síntese das opiniões e impressões, verificar se são convergentes ou discrepantes. Sempre que for relevante, apresentaremos dados dos demais entrevistados.

Nossa preocupação não foi a de classificar o estudante como empirista, kuhniano, popperiano ou anarquista. Esses referenciais epistemológicos foram utilizados pela pesquisadora mais para organizar as questões e compreender as respostas.

7.2 RESULTADOS DA PRIMEIRA PARTE DAS PÓS-ENTREVISTAS

7.2.1 Como foi a disciplina de Física deste semestre?

Neste primeiro semestre do Ano III, a análise dos alunos sobre a disciplina de Física revelou distintas impressões, umas favoráveis, algumas desfavoráveis e outras mistas. Como pontos *favoráveis* foram citados: a motivação de ir ao laboratório e ver a física acontecendo na prática, aulas diferentes e motivadoras. Entre as opiniões *desfavoráveis* estão: o empenho na disciplina não resultar em aprovação e grande ênfase na matematização com a supressão de aspectos conceituais interessantes. Um terceiro grupo começou com opinião desfavorável mas à medida que foi se inteirando na disciplina, *começou a apreciar* as aulas.

A disciplina surpreendeu positivamente esta aluna, que passou a entender que a física não é só teoria, mas tem forte base experimental:

AL52: *Foi completamente fora das minhas expectativas. Eu imaginava uma coisa bem diferente. Que não fosse tão maleável, não permitisse que a gente tivesse aulas práticas de Física, que era uma coisa que eu até desconhecia. Foi bem interessante. Foi mesmo. Fugiu daquele padrão de aula de Física, de comportamento de Física, porque quando a gente chega na universidade destoa de tudo aquilo que a gente viu no segundo grau. A gente chega com uma bagagem, mais ou menos com a cabeça formada, com aquelas concepções de tudo o que vivenciou. Então fica difícil ficar comparando com as aulas que tu já teve anteriormente. Mas é interessante, bem diferente.*

O que a entusiasmou foi que as aulas não tiveram um padrão repetitivo, foram desafiadoras, mudaram sua forma de ver a Física e até mesmo seu curso:

AL52: *Foi tudo diferente. Toda a disciplina, inclusive as aulas, foram diferentes entre si, entende. Não teve um padrão. Nunca cheguei em aula, sabendo hoje vai ser a mesma coisa. Não, sempre foi diferente. Isso foi legal. Eu me senti bem perdida, ainda me sinto um pouco peixe fora do aquário, no curso, em tudo. Não sei ainda exatamente o que eu espero porque eu cheguei no curso com um objetivo definido, mas eu sinto que está esvaindo. Mas também é muito cedo para tirar conclusões precipitadas. Recém no primeiro ano de curso, de repente ainda dá pra eu chegar onde eu quero.*

Para este aluno, a ênfase está nas dificuldades, na necessidade de se responsabilizar por sua própria aprendizagem, um processo com idas e vindas, erros e acertos:

AL51: *Correspondeu às minhas expectativas, à medida que eu peguei o livro e dei uma olhada antes, eu acho que foi aquilo mesmo que eu previa na matéria de Física. Acho que correspondeu, embora eu tenha me saído muito mal – eu tenho muita dificuldade na Física e na Química. [...] Tudo o que é dado em sala é válido. Mas, a nível de terceiro grau, tem muita coisa de pegar. O professor te dá um horário de atendimento, se tu tem dúvida tu procura ele. Aquelas coisas que eu busquei através de mim mesmo, eu aprendi. Embora tem muita coisa que a gente aprende depois que passou a prova, como esse capítulo, passou não tem mais, só esperar no final do ano. Parece que depois que tu faz, tu vê os teus erros. E antes não... Mas acho que foi válido, deu para captar algumas coisas.*

As novas ferramentas do cálculo desgostaram esta aluna, que diz preferir a Física do Ensino Médio, mais palatável:

AL53: *Bom, eu já gostava de Física antes. Eu preferia mais do outro jeito que a gente trabalhava [no ensino médio]. Tinha também mais textos pra estudar. Modificou bastante. Como era antes, acho que era mais fácil de entender. [Sem] derivada, integral, aquilo eu não gostei muito. Eu gostava mais como era antes. Sei lá, álgebra, eu acho que era mais fácil os problemas. Era melhor.*

Já este aluno somente começou a gostar da disciplina ao cursá-la pela segunda vez:

AL54: *Esse semestre acho que estou gostando mais do que da primeira vez que eu fiz, no ano retrasado. Eu passei, mas tive que readaptar, fazer de novo [troca de currículo]. Mas eu tô achando melhor do que a primeira vez que fiz. Talvez porque eu já conheça mais, então ficou mais fácil. Quando cheguei, fiquei assustado com quase todas as matérias. Tudo era difícil, achava tudo difícil. Agora tá engrenando. Por isso que tá mais fácil.*

Observamos que esta aluna, passado o susto inicial, modificou sua opinião negativa sobre a Física, embora seu gosto seja “pela matemática, pela conta”, frequente nas aulas de resolução de problemas:

AL55: *O início achei meio confusa, com coisas que eu não estava acostumada, porque eu fiz CTI e então não tinha base nenhuma de Física. Até achei que era um matéria que eu não tinha simpatia nenhuma, tanto Física como Química. Química eu continuo sem simpatizar, mas Física achei que tem bastante a ver comigo. Tô adorando o curso, o que eu quero mesmo é a matemática, é a conta, é isso aí mesmo. E achei que Física tem tudo a ver com o que eu quero, só que é uma matéria que a gente precisa se dedicar, precisa ter bastante afinidade, precisa comparar ela com a realidade mesmo e ver como é importante para a gente. E eu tô gostando bastante, tô achando superinteressante, agora eu tô vendo porque que é válida a Física na Engenharia Civil.*

7.2.2 O que mais gostou na disciplina de Física?

Para alguns alunos o que mais gostou na disciplina foi um assunto, um tópico, uma aula específica, uma prova. Para outros, foi uma atividade que chamou mais a atenção, que foi mais prazerosa. As aulas experimentais foram citadas recorrentemente. Muitos relataram sua felicidade em poder “ver na prática”, julgaram aprender porque “fizeram” e apreciaram o laboratório também pelo número reduzido de alunos (caso do curso de Engenharia Civil).

O capítulo de colisões impressionou favoravelmente os alunos, assim como as aulas em que houve pouca algazarra, algo raro em turmas grandes de calouros:

AL51: *[Gostei] deste último capítulo, colisões, porque é um dos mais fáceis. Foi fácil, mas eu rateei. Nessa prova não deu, eu poderia ter ido bem melhor, acho que era uma prova para recuperar a nota. [...] Aquela aula que a senhora fez no primeiro bimestre, uma aula de problemas, acho que deu uns 30 alunos numa noite. Foi maravilhosa de assistir. Vem quem quer, quem não quer não vem. Muita gente que vem tem mais facilidade e se dispersa, mas tinha que pensar em quem está do lado. A turma menor é melhor de estudar. Não tem nem comparação com uma turma grande.*

Aulas experimentais de Física eram desconhecidas da maioria dos estudantes. Para muitos foi a primeira oportunidade de testar a teoria “na prática”, de “ver” a Física, de “comprovar”, daí a atratividade destas aulas:

AL52: *[Gostei] das aulas práticas. Porque tavam muito interessantes, completamente diferentes. Porque a gente tem uma ideia de que laboratório é de Química. Mas Física tem todo aquele mito em cima, as pessoas não tem acesso ao que é realmente um laboratório de Física, o que se faz num laboratório de Física. Uma matéria como Química, por exemplo, é uma coisa que todo mundo tem acesso desde cedo. Mas Física não. E é uma coisa tão necessária. Serve pra ti ver, pra ti comprovar realmente que tudo aquilo que a gente vê teoricamente existe, que é só chegar ali. Não é uma coisa assim que fica escrita, que fica*

imposta, não. Aquilo é uma coisa que tu pode comprovar a qualquer momento que tu tenha acesso, tu leva e vê, tu testa. Achei muito interessante as aulas práticas.

AL53: *Não tinha [laboratório no ensino médio]. As aulas de laboratório eu até achei legal. Nunca tinha tido antes. Eu preferia mais a aula lá no laboratório do que na sala de aula.*

Contudo, as aulas práticas não foram óbvias, representaram um desafio. Por outro lado, o contato íntimo aluno-aluno e professor-aluno permitiu esclarecer dúvidas. Observamos ainda, ao final desta fala, uma frase que dá indícios de possível integração teoria-laboratório:

AL52: *[Fácil ou difícil as aulas práticas?] Foi meio estranho num sentido porque, de repente, parece tão óbvio na teoria, só que na prática a gente vê que a coisa não é tão óbvia. A gente pensa que é só chegar no laboratório, bom se tal teorema diz isso, a gente vai chegar ali e vai fazer tal experiência e vai comprovar. Mas não é. Envolve raciocínio também, não é só a prática que vai te mostrar. Mas eu adorei. E as aulas, também, a gente tem bastante acesso, fazer perguntas, se interessar mais pela matéria, não é uma coisa tão isolada professor-aluno. Não, dá margem pra ti explorar dentro de um assunto e abranger um monte de coisas. Até nas aulas práticas, quantas vezes eu fiquei associando o que eu fazia no laboratório com alguma coisa do cotidiano que pudesse estar ligada com aquilo.*

Esta aluna esclarece a importância do laboratório para visualizar e dar sentido a seus conhecimentos físicos, além de citar várias aulas que julgou interessante:

AL53: *Eu gostei do laboratório, eu achei bem interessante. Por que antes a gente só falava, falava, falava, falava. E tu acreditava piamente e pronto. Agora no laboratório não. Dava pra ver mesmo. Da bolinha aquela que corria a rampa, eu gostei mesmo. A aula que o Braz deu também tava bem legal. Aquela eu gostei. As aulas que tinha pouca gente, no primeiro dia de aula depois da greve, eu não sei qual foi, teve uma que tava boa. Tu falou sobre centro de massa. Daí eu gostei.*

Para muitos alunos o movimento sem atrito é uma quimera, só existe na imaginação. Quando é mostrado um trilho de ar, onde o movimento acontece “praticamente sem atrito”, eles ficam deslumbrados. Esta e outras práticas, para este aluno, fizeram com que a Física deixasse de lidar somente com situações idealizadas e passasse a tratar, de fato, da realidade:

AL54: *O que mais gostei foi fora de aula, aquele dia que a professora me mostrou aquela bola das faíscas [Gerador de Van der Graaff, na outra sala]. Da disciplina o que mais gostei foi aquele dos carrinhos, do trilho de ar. A primeira vez que eu vi também tinha gostado. Eu não achava possível tirar quase todo atrito, porque foi quase eliminado todo. Essa experiência se assemelha mais aos exercícios que a gente faz, chega mais perto dos exercícios, dos cálculos. Geralmente a gente faz os cálculos de queda livre, mas não leva em conta atrito com ar, a distância da Terra, porque isso muda tudo. [O que mais me atrai] é o laboratório, porque é ali que a gente vê.*

No início, a aluna não percebia a contribuição das aulas experimentais para a aprendizagem dos conceitos físicos, mas ao longo do semestre a relação teoria-prática foi ficando mais evidente:

AL55: *A princípio, eu achava que as aulas práticas não tinham muito a ver com a teoria, mas ultimamente, aquela última aula de colisão, eu achei o máximo, aquilo ali me deixou... Até a última prova que eu fiz, se eu não gabaritei foi porque o final aquele ou alguma outra bobagem que eu também devo ter feito. Mas eu não precisei realmente me matar estudando, porque eu entendi na aula prática... Fez eu entender, aquela sobre colisão eu me dediquei mesmo, foi uma coisa interessante que eu fiz. Gosto muito das aulas práticas, e acho assim que depois da greve as aulas práticas foi a melhor coisa da aula de Física desse semestre, que elas realmente se identificaram com o que a gente faz teoricamente.*

7.2.3 O que detestou (menos gostou) na disciplina de Física?

Os alunos são unânimes ao afirmar que não gostam do que não entendem, inclusive algumas práticas que não compreenderam. Também detestam o barulho e a conversa contínua (não resolvida pela professora).

O tópico de rotações é considerado difícil pelos estudantes, porque é pouco familiar, não costuma ser estudado no ensino médio:

AL51: *Esse tópico, momento angular. É aquela coisa, depois que tu aprende a fazer, aquilo te prende a atenção, tu gosta de fazer. Agora, quando tem uma coisa que tu não sabe, tu não gosta. Então dizer 'Eu detestei!' é muito relativo, porque se eu aprendi a fazer, eu tenho um problema aqui, tu vai começar a esmiuçar o problema, tirar dados, conseguir montar as equações e chegar num... Isso te dá um retorno, uma satisfação por dentro. Assim, especificamente, tem matérias que atraem mais e matérias que são mais difíceis e por ser difíceis, te tira um pouco a atenção e tu 'meio' empata ali: é chata essa matéria.*

AL55: *O que mais detestei foi chegar em aula e ficar totalmente boiando. Não saber nada, ver que tá todo mundo entendendo e eu não tô entendendo nada. Não foi especificamente uma matéria que eu não tenha gostado. Se tu entendeu, se tu pegou o fio da meada, não tem como não gostar. Depois da greve eu me senti totalmente dentro da matéria, era a pessoa que mais entendia, me senti bem segura. No início não, foi difícil pegar o embalo. [Depois da greve,] acho que voltei mais interessada. [Antes] botei na cabeça que não gostava de Física e acabei deixando de lado. Realmente eu não me interessava. Mas eu voltei e comecei a pegar o embalo. Se tu realmente te dedicar, tu vai ver que não é tão difícil e tu pode até vir a gostar. Para gostar tem que saber fazer. Aí comecei a me dedicar e gostei.*

Eles também estão de acordo ao criticar o barulho, a conversa em aula e também o fato de que eu, enquanto professora, não consegui solucionar ou minimizar o problema:

AL51: *Não gostar? Acho que a bagunça. Eu acho a nossa turma muito grande, se torna difícil, cansativa. Tem certos grupos, como as pessoas já são maduras, se não quer estudar, fica quieto, pelo menos não incomoda. Eu, por exemplo, que tenho dificuldade na Física, para estudar eu espero todo mundo ir dormir, para ficar no maior silêncio. Nem no quarto, eu não me concentro, fico ouvindo o barulho. E na aula, então, imagina como é. Nossa aula podia ser muito melhor do que está sendo. Muito barulho, muita conversa paralela. Eu acho que a aula em si também tá meio desorganizada nesse ponto, professora. Eu acho que a senhora poderia puxar mais as rédeas sobre os alunos. Tá a fim? Se não, pedir para se retirar, porque isso incomoda a gente. Como é terceiro grau, eu acho que todo mundo sabe porque está aqui. E é ruim, os caras ficam conversando, chamando a atenção, isso prejudica o desenrolar da aula.*

AL53: *Eu preferia o laboratório talvez porque a turma seja grande, a gente voa muito, se perde. A sala [teórica] é muito grande. Tu tá prestando atenção, tudo muito bem, daqui a pouco começam a conversar, quando tu vê, tá conversando também já, nem lembra mais que tá em aula. Na teoria, não dava pra se concentrar.*

Enquanto uns enaltecem o laboratório, outros se sentiram perdidos em algumas práticas. É intrigante verificar que a mesma experiência foi apreciada por uns e detestada por outros, mostrando que realmente os alunos diferem e captam de forma diferente as atividades educativas, justificando a necessidade de aulas com enfoques variados e estratégias diversas:

AL54: *Detestei algumas aulas de laboratório... Aquela da colisão, eu não tinha artifício pra imaginar como resolver aquilo, não sabia direito como é que fazia. Quando eu não consigo fazer, eu fico...*

7.2.4 Comente as aulas de laboratório e o Vê de Gowin

As práticas são atraentes, propiciam contato humano, permitem que se estabeleça o diálogo entre os atores em sala de aula, viabilizam a expressão individual e o compartilhar de significados nos e entre grupos, além relacionar a Física ao cotidiano e às outras ciências:

AL51: *São pequenos grupos. É um contato com aquilo, tu deixa de ver na teoria, tu faz na prática. Muitas vezes acho que um leigo na Física tem pouca noção. Em geral, as aulas práticas são bem atraentes, são uma oportunidade de contato. Acho que até a Física deveria ter mais aulas e trabalhos de grupo na sala de aula. Como é uma matéria difícil – eu acho a Física difícil – um trabalho em grupo de repente cairia melhor. Tem gente que se expressa bem dentro do grande grupo e ficaria fácil acesso às respostas, compreenderia através dos próprios colegas.*

AL52: *[A prática] foi uma ponte para mostrar que a Física não é uma coisa isolada das ciências. Não é isolada, é uma coisa que tá no meio, tá na nossa volta. Tudo, tudo o que tá na nossa volta tem um dedo de Física, de Química, de ciência em geral. Não é assim: a Química é isso que a gente vê no laboratório; a Física são esses teoremas, esses problemas. Essa coisa que a gente precisa saber pra quê? Não, tu tem um objetivo definido, ficou nítido o que cada coisa significa. Não em seu próprio papel de ciência, mas cada coisa que a gente vê no dia-a-dia, na vida de cada um.*

Para alguns estudantes, construir o Vê de textos ou de experimentos foi difícil, trabalhoso. Como a maior parte dos Vês foi construída em grupo, era comum um membro do grupo assumir a tarefa de organizar o Vê e os demais o auxiliavam. Assim, nem todos ficaram com uma visão “orgânica” do Vê, deixando de compreender suas várias partes em funcionamento:

AL53: *Qual Vê? O que a gente fazia pra entregar? Eu não gostei. Não entendi muito pra quê. Mas sei lá, é diferente. [O que eu lembro é que] tinha que botar a transformação, de um lado tinha a transformação, dizia o que tinha feito. Parece que eu não lembro bem. Do outro lado, o que tinha aprendido, qual era o valor. O conhecimento que ele produziu. Tinha outra coisa também... Começava por dentro, por cima do Vê. Qual era a questão-foco. Daí embaixo da questão-foco tinha a nova questão-foco. Embaixo tinha os eventos, parece. Do outro lado eu não lembro muito bem.*

7.2.5 Percebeu alguma relação entre teoria e laboratório?

Para alguns alunos o “casamento” entre teoria e prática foi perfeito, houve sintonia, entrosamento, cumplicidade. Para outros, havia apenas um intercâmbio eventual, algumas cartas de intenções. E houve aqueles que viram teoria e laboratório como dois solteiros desconhecidos e independentes.

Para este aluno havia apenas uma sequência, uma relação tênue:

AL51: *Eu não reparei, professora, mas acho que foi [integrado], que teve uma sequência. Pra mim não foi dado, atirado, sem saber porque, acho que ela teve. Eu já sabia, chegava na aula de Física ou antes, a senhora comentava, nós vamos fazer um trabalho sobre tal coisa. Eu acho que tinha um intercâmbio entre os dois. Eu acho até que esse é o objetivo do laboratório, da aula prática, ter uma relação e tirar muitas dúvidas no laboratório que na teoria a gente não consegue esclarecer. Que houve uma relação aula-teoria, houve.*

Esta aluna já começa a esboçar uma ponte entre teoria e prática:

AL53: *No início tava meio separado. Mas no final não, acompanhou bem. O centro de massa, essa última aula que a gente teve, as colisões. Agora era a mesma coisa [na teoria e na prática]. Umas aulas antes da energia também eram as mesmas. Mas as primeiras não, eram bem diferentes. A última é a que eu mais me lembro, por isso falo mais. Do centro de massa, do parâmetro de impacto. E uma das experiências que eu mais gostei, da bolinha correndo. Dava pra saber o que era parâmetro de impacto por aquilo que a gente tinha visto no laboratório.*

Ao passo que esta estudante percebe forte interação, vendo teoria e prática como os dois lados complementares da mesma moeda:

AL52: *A teoria e as aulas práticas foram completamente juntas. Eu não consigo ver como uma coisa isolada, a teoria e a prática, elas estão intimamente, diretamente ligadas, com certeza. Uma inteira a outra o tempo inteiro. Eu não consigo ver, não consigo admitir, eu não tenho a concepção de Física como uma coisa que tu só imagina e que tu não pode ver. Tem muitas coisas que transcendem. A gente não vê, mas sabe que existe. Mas do contrário tá completamente ligado, tem tudo a ver, senão não teria razão de ser. Pra que tudo, se a gente ficasse em aula vendo teorias e coisas e depois fosse pruma aula prática e não tivesse a menor relação?*

Neste trecho da entrevista ela descreve que vivenciou o princípio de conservação de momento angular, que captou em profundidade seu significado, ao experimentar em seu corpo a mudança na velocidade quando alterou seu momento de inércia, porque era, neste caso, um corpo isolado de torques externos e, portanto, o momento angular total do sistema tinha que se manter constante:

AL52: *Pra mim foram completamente [integradas]. Com certeza, [uma continuação] bem natural. Não vou dizer óbvia. Mas estava naturalmente ligada, tinham a ver uma com a outra o tempo inteiro, pra mim tinha muito a ver. Às vezes muitas dúvidas que eu tinha na teoria vista em aula, chegava na aula prática, assim, vendo... Porque geralmente quando se idealiza uma coisa, nunca é aquilo que realmente acontece. Nas aulas práticas, muitas vezes eu tinha alguma dúvida, ficava pensando. Aquela experiência mesmo... da cadeira girando... de rotação. Eu tinha imaginado uma coisa bem diferente. Não tinha a menor noção que levantando a barra de ferro ia mudar a velocidade. Vendo na prática... a gente vai associando, vai conseguindo encaixar o que realmente tem a ver uma coisa com a outra, dá pra ter uma base bem mais...*

Aqui percebemos que, após a aula prática, a compreensão das aulas teóricas subsequentes era potencializada. Depois do laboratório o estudante sentia-se mais confiante pra compreender a teoria e resolver os problemas:

AL54: *[Teoria e laboratório] casaram, casaram. Eu achava que depois, nas aulas teóricas, parecia a gente fazia o que tinha feito na aula prática. Parecia que a aula teórica era depois da prática, dava essa impressão. A colisão, por exemplo, a gente fez no laboratório antes de discutir em aula, não foi? Parece que sim. Quase todos os assuntos a gente viu primeiro na aula prática e depois na aula teórica. É bom e não é. Se talvez fosse ao contrário também não seria... Tanto faz, eu acho. Não vejo muita diferença. Mas no caso, pra aula teórica a gente já tinha uma base prática, esse ponto foi bom.*

As aulas experimentais do final do semestre coincidiram com o período de utilização plena do Vê. Nesta etapa os alunos já dominavam sua construção e já tinham explorado o instrumento em aulas anteriores. Esperava-se, portanto, a construção de Vês mais consistentes, com os lados conceitual e metodológicos separados e bem definidos. Logo, neste momento os efeitos de uma possível integração teoria-laboratório deveriam ser mais sentidos, estar mais perceptíveis, como fala a estudante:

AL55: *Antes da greve não tava encaixando, mas agora, as últimas matérias, colisão, momento linear, isso aí encaixou perfeitamente. Gostei mesmo. Acho que realmente aí nestas matérias foi atingido o objetivo da aula prática, que eu acredito que seja melhorar a teoria pra tu poder comparar. No início eu não tava conseguindo fazer essa comparação. Fazia as aulas práticas, tudo, mas não tava se encaixando. Agora eu consigo ver direitinho. Nessas últimas aulas deu pra entender perfeitamente e até para comparar a prática com teoria.*

AL55: *[Usaste muita coisa da teoria?] É, exatamente, bastante coisa. Coisas que a gente não tem noção, tipo assim, antes e depois, sabe, que a gente até usa, velocidade inicial e velocidade final, mas tu não tem noção do que é. Eu me lembro da aula prática das bolinhas descendo ali [colisão], fazendo aquilo ali a gente tem uma baita noção, que eu saberia se tivesse estudado bastante, decorado bastante a fórmula, eu até saberia que v_1 é igual a isso... Mas se a senhora me botasse, faz agora aí, eu não saberia se a*

velocidade final, a velocidade inicial é daqui, daqui, sabe, e isso ajudou um monte. Depois que fiz, eu comecei [a entender] o antes é isso, o após é aquilo, dá para comparar perfeitamente, dá para fazer tranquilo. Depois tu começa a lembrar das aulas práticas, não precisa tu decorar, é só pensar um pouquinho.

Estas falas apontam para a existência de uma ponte entre aulas teóricas e aulas de laboratório, mesmo que para alguns ainda seja uma ponte em construção. A teoria e o laboratório deixaram de ser aspectos separados, dicotômicos da Física e passaram a ser aliados, encaixados, complementares, articulados.

7.3 RESULTADOS DA SEGUNDA PARTE DAS PÓS-ENTREVISTAS

7.3.1 O que é a ciência?

Para os estudantes ciência é pergunta, busca, curiosidade. Ou então é resposta, explicação, raciocínio, descoberta. Algo capaz de produzir tecnologia. Poucos fazem referência à metodologia de trabalho e às limitações da ciência.

Este aluno definiu ciência como busca do porquê das coisas, como descoberta:

AL51: Eu acho que a ciência tenta buscar o porquê das coisas, fazer novas descobertas, descobrindo coisas novas. Ela se divide em exatas e não-exatas. A área de Matemática é exata: dois mais dois é quatro. No caso de uma ciência, por exemplo na Química, tem que estudar muitas coisas que não são exatas. Na matemática, ou é, ou não é. Alguma coisa é 4, então não é nem 3,999 nem 4,001. É 4. A ciência é assim, sempre descobrindo coisas novas, fazendo pesquisas. Pra mim, tudo se resume em ciência. Se eu fosse definir a ciência no mundo todo, acho que seria isso.

Para esta aluna o foco está na explicação do cotidiano, no raciocínio, na busca de respostas:

AL52: É muito relativo o que é a ciência. Eu posso me preocupar em explicar questões específicas de cada área da ciência e me esquecer que a ciência é uma coisa, como já falei, que tá à nossa volta, que a ciência é tudo, é tudo o que a gente vê. Eu acho que diria... eu mostraria tudo o que acontece no nosso meio. Aí eu começaria a ser mais específica nas áreas químicas, físicas, biológicas, mas a ciência é tão ampla, existe várias. Bah, existe 'n' maneiras de eu explicar o que é a ciência em geral. Seria meio complexo isso.

AL52: Em pinceladas, o que caracteriza a ciência é o raciocínio. Não vou dizer a introspecção, porque pelo contrário, eu acho que é um olho cá, um olho dentro e um olho fora. Ao passo que se preocupa em

descobrir coisas, o cientista não se esquece, não ignora sua intuição, seu pensamento, é uma coisa que tá diretamente ligada. Eu acho que é a busca de tudo, das respostas das coisas, desde as coisas mais simples do cotidiano até as coisas que ficam só... o que se pensa. Acho que não só daquilo que a gente vê, mas das coisas que a gente não vê, mas que tira as conclusões, as coisas que estão além do que é físico, do que é matéria.

Já esta estudante entende a ciência como um processo de criar perguntas, procurar suas respostas, chegar a novas perguntas, mostrando que a ciência é uma atividade composta de ciclos:

AL53: *É alguma coisa que procura responder as perguntas; que procura criar novas perguntas, porque a partir do momento que responde uma vai surgir outra em seguida: 'Se eu fizesse isso diferente, é a mesma coisa?' Ele vai perguntar, vai tentar achar outro jeito, e assim vai ter sempre alguma coisa em aberto. Então não vai nunca conseguir saber tudo. [A ciência existe] porque existe alguém que tem uma pergunta, quer responder essa pergunta e vai achar um jeito de respondê-la.*

Terá o Vê de Gowin influenciado esta aluna em sua concepção de ciência? É provável que sim, pois o ciclo descrito por ela é facilmente aprendido ao utilizar este instrumento heurístico.

Os produtos da ciência são o ponto importante na opinião de outro aluno:

AL54: *As pessoas estudam pra conhecer o meio que elas tão vivendo, pra aprender a se comunicar, pra escrever. A partir da ciência se obtém o que tem aí, tudo o que tu tá vendo. Por exemplo, essas paredes que tu tá vendo, foram erguidas por alguém que entendia sobre a mecânica, que sabia que, se ele colocasse um tijolo sobre o outro, ele iam se manter assim. Tudo é baseado na ciência.*

A ciência, para esta aluna, é entender a constituição e o funcionamento das coisas que nos cercam, sua essência. Usando suas palavras, ciência é uma espécie de “curiosidade” materializada:

AL55: *Se eu conseguisse explicar o que é a curiosidade, eu dizia o que é a ciência. Porque ciência é tu descobrir o que acontece, descobrir do que é feito o que nos rodeia, é entender o que tá na nossa volta, qualquer coisa, do que é feito o que tu come, o que tu veste, o que tu pisa, do que que é feito tudo. Como é que funciona. Tudo, tudo o que está à nossa volta é ciência. Ser cientista é tu querer descobrir tudo isso, é tu querer te aprofundar. Não simplesmente usar um talher, mas saber do que ele é feito. Não simplesmente correr e marcar no cronômetro o que tu correu, mas sim descobrir no ápice qual era tua velocidade. Cientista é uma pessoa que não se conforma em simplesmente observar, [precisa] saber o porquê das coisas, ir a fundo em tudo. É a curiosidade das pessoas que faz a ciência.*

É interessante observar que nas respostas a “O que é a ciência?” os e as estudantes fazem bastante referência ao seu objeto de estudo, seus anseios, o que ela busca, suas aspirações, seus benefícios e produtos, mas pouca ou nenhuma referência à metodologia de

trabalho ou às relações ciência e sociedade.

7.3.2 Fronteira entre ciência e não-ciência

Tentando aclarar melhor a concepção de ciência dos alunos, procuramos levá-los a falar sobre uma possível separação entre coisas consideradas ciência e outras ditas não-ciência, a fim de especificar a linha divisória que as aparta, os critérios de demarcação, caso existam. Em que situação uma teoria é considerada científica? E quando merece receber a pecha de pseudocientífica ou não-científica?

Para os estudantes, científico é o que foi testado, provado e comprovado; capaz de fazer hipóteses ou predições testáveis; que faz uso do intelecto, da curiosidade.

No imaginário popular, “científico” quer dizer “testado em laboratório”, criado ou conferido por um pesquisador usando jaleco, “o cientista”:

AL51: *Eu separo assim: se deu um negócio por exemplo na televisão, no fantástico, uma reportagem sobre laboratório, já vem a ciência na cabeça. Então, pelo laboratório, pelas pessoas que tão trabalhando ali, isso me chama, me leva a pensar que seria ciência. Embora podem dar também uma imagem de alguém trabalhando com máquinas ou numa terraplanagem, por exemplo, mas isso já não te vem na cabeça, mas se te mostrar um laboratório, já involuntariamente tu tem na cabeça.*

É científico se passou no teste do confronto com a realidade, se foi “provada”, se as experiências deram “certo”:

AL53: *[Esta teoria, astrologia] tem que corresponder ao que eu esperava. Eu ia ter que testar ela. Ia ter que provar que ela é real. Como é que eu vou provar? Procurar ver se há relação... horóscopos... ia ter que se confirmar. Por exemplo, se a Lua ocupa o lugar X e Marte o Y, sempre quando ocupar, vai acontecer a coisa. É isso? Sei lá. [É científica] se ela cobre todas as experiências que foram feitas, se ela satisfaz todos os..., se ela responde [as questões] e faz com que ele acredite. Vão ter que responder as perguntas e provar que ela tá certa.*

Para esta aluna, falta à religião o poder de testar hipóteses, próprio da ciência, de fazer predições capazes de serem confrontadas empiricamente:

AL53: *Na religião a gente não tem prova e eu acho que a ciência assim tu tem que provar. Eu não sei, acho que acredito mais na ciência do que na Religião. Porque a ciência, se tu largar uma bolinha ali tu vai ver, tu vai saber que ela vai cair no chão, que a gravidade vai atuar sobre ela e por isso que ela vai cair. Na Religião não tem isso. Vai acontecer e acontece. Não tem isso [na religião].*

Apesar de não conseguir explicar seu critério de cientificidade de uma teoria, o aluno desdenha da astrologia afirmando que se fosse possível mostrar que ela é uma teoria científica, isso já teria sido feito:

AL54: *Ah, pra provar, no caso, se funciona, essa astrologia? Não sei. Se eles soubessem, eles já teriam provado.*

Algumas explicações podem ser consideradas confusas ou esotéricas:

AL52: *Essa fronteira do que é ciência e do que não é ciência... é difícil. Acho que é exatamente a consciência. Sou uma pessoa consciente de que quase tudo o que eu vivo é ciência, tudo é ciência. Acho que, no momento que não se tem consciência, se ignora que exista. Mas não existe essa fronteira que separa, essa fronteira existe na concepção de cada um. É como se tivessem todos de olhos vendados, com um monte de coisas acontecendo na nossa volta, porque a ciência existe.*

AL55: *O que separa a ciência do resto? O resto... o resto é só teoria. Ter as coisas em mãos e não poder descobrir. O resto é ler um livro, estudar português, estudar literatura, decorar, sabe? Não é essa profundidade, esse querer saber. Tu não usa... Ser cientista é usar... o intelecto. As pessoas que não tem contato com a ciência não usam. É tu querer desenvolver uma capacidade de pesquisar e procurar coisas... A linha divisória é a curiosidade. É querer. Os cientistas querem saber porquê. O resto, o grande resto, não tá nem aí.*

7.3.3 Comparação entre ciência e religião

Para muitos estudantes, a conversa sobre ciência e não-ciência estava muito vaga, dando margem a especulações e divagações. Então utilizamos um exemplo típico de não-ciência (a religião) para que os estudantes pudessem avaliar semelhanças e diferenças entre elas e estabelecer uma fronteira entre ciência e não-ciência.

Em sua concepção, a ciência apoia-se na dúvida, na prova, na razão e na matéria; a religião ampara-se na crença, na fé, no sentimento e no espiritual:

AL51: *ciência eu acho que tem um mínimo de misticismo, sobrenatural, a incerteza. [Religião] tu não tem em que se apegar pra firmar, tu acredita porque tu tem uma fé. E a ciência não: tu levanta uma tese, tu tem dados, tu tem dados concretos, tu pode provar essa tese. Já a Religião não, tem muito desse misticismo, dessa crença no sobrenatural, não tem em que se firmar pra provar, mas que tu acredita por alguma razão, por dados passados que estão descritos.*

AL54: *Eu acho que a religião é criada pelo medo. Não é nada concreto. A religião ou qualquer tipo de crença, se ela foi criada algum dia por algum motivo, foi pelo medo. Medo de morrer, de não ter para onde ir.*

Agora a ciência é baseada em fatos reais. E fatos que se imagina reais, às vezes não se pode provar, não tá ao alcance da gente, mas se imagina que aconteçam. E a religião não, é apenas conversa. Não que eu seja contra a religião, eu até sou... vou... É mais filosófica, a religião, é mais filosofia, conversa, e só. Não é baseada em fatos, só em lendas. [Então a ciência tem uma relação mais direta com a realidade?] Exato.

AL55: *A religião fala muito de espírito, do ser que fez tudo, que criou tudo, que é extremamente, infinitamente inteligente, que até Einstein não tem ideia do que seja. A ciência não consegue ver esse outro lado. O cientista também é [pode ser] uma pessoa religiosa. Acredito que ele pensa tudo isso que eu penso. Pode até pensar diferente. Tem uma hora de pensar um pouco no espírito, de ser humano e tem hora do cientista... [ser científico]. Dentro da ciência, o que o cientista valoriza são as descobertas. O que ele quer é descobrir, o inventar, saber. Quando um cientista começa a mexer na ciência, ele se bota acima de todos os sentimentos, se desliga. Quando ele tá exercendo ciência, ele não pensa em espírito, em sentimento, não pensa em nada. [Foco]. Acredito que, por esse lado, o cientista não seja muito 'humano' porque ele se desliga. Se ele é cientista, é porque gosta do que está fazendo. Então se desliga da parte espiritual e se pega mais na material, mexer, praticar...*

Já a intuição é partilhada tanto pelo cientista quanto pelo religioso:

AL52: *O que separa a ciência da Religião? Aí já entram outras concepções, já entram convicções particulares de cada pessoa, o que cada um acredita. Nas coisas que transcendem, porque é muito relativo, senão não existiriam várias religiões. Cada pessoa procura, dentro de suas concepções próprias, aquilo que fecha com suas ideias. A ciência não se preocupa... ela quer saber da coisa como ela é. Não interessa, não importa, se tu acredita em Deus ou se não acredita, o importante é o que existe de concreto, a tua intuição, que é uma coisa que todo mundo tem. Senão os cientistas deveriam ser todos católicos ou então todos protestantes. Eu acho que não tem essa interferência da ciência na Religião ou vice-versa.*

AL52: *Religião tem fé, tem intuição e o cientista tem um pouco de intuição no que ele tá fazendo. Ele precisa ter um terceiro olho, ele precisa enxergar além daquilo que ele tá vendo, de concreto. A Religião é assim também, só em outro nível, entra todo o nível espiritual da pessoa, tudo aquilo que ela não vê e acredita que existe. Assim, oniricamente, ela acredita sem ver.*

Embora compartilhe algumas falas com os outros alunos, esta estudante parece antecipar algumas limitações da ciência, como a inexistência de prova definitiva, a impossibilidade de garantir certeza absoluta às premissas, enfim, que o conhecimento é aproximado, tentativo:

AL53: *Acho que não [religião não é ciência]. Não tem nada que prove. É só teoria. Não tem nada que possa me dizer: 'é, aconteceu, foi mesmo'. A religião tu não consegue ter a experiência... mas na ciência tu também não tem como saber se é certo ou errado. Na Religião tu não tem um ponto de partida, que diz: 'Tá aqui o certo. Daqui para cá é certo, daqui pra lá é errado'. Mas na ciência também não tem. Acho que é por não poder provar. A ciência tu consegue provar. Se aquilo é certo, tu vai provar. Agora a Religião não. Se tu diz assim: 'tá, eu sou católico'. E se quem não é católico é que tá certo, como é que tu vai provar? Vai esperar desencarnar e aí vai dizer: 'Ah, tu tá certo'.*

AL53: *[Como prova na ciência?] Experimentando! Achando o resultado que tu espera. [E isso garante que a minha teoria tá certa?] Não, até alguém provar vai ficar assim. Tá certo até alguém dizer que não tá. Até que alguma coisa aconteça. Demonstrar assim: pode estar errado. Nunca tu vai ter certeza que tá certo. Vai começar a prestar atenção. É mesmo, o que que será que faltou? Aí faz tudo de novo.*

AL53: [Se faz ciência porque] *é próprio do homem querer responder as perguntas que ele tem. Ele vai estar sempre assim procurando e achando, até alguém vir e provar. Provar não. Até 'achar' alguma coisa que ... Então ele vai começar a procurar o erro e ver o que é aquele 'erro' entre aspas. Ele vai continuar procurando. Ai se ele achou... 'não levei em conta tal coisa'. Ai vai retomar e ver o que que tinha errado antes e assim vai.*

É difícil diferenciar ciência e religião. Vemos isso nas falas um pouco confusas dos alunos. Para muitos, a ciência começa com a dúvida e a religião com a certeza (a “crença”). Mas, como os alunos crêem que existe uma prova empírica definitiva, acreditam que a dúvida científica se converte em uma certeza experimental. Então não é propriamente a dúvida ou a certeza que diferenciam ciência e religião, porque ambas tem uma etapa de “certeza”, mas se essa certeza é lícita, se ela se apoia em fatos concretos, ou se é fruto apenas da fé.

Em nossos dias ainda é grande o apelo popular do misticismo, do ocultismo e até mesmo do charlatanismo puro. Observamos que as cidadãs e os cidadãos de nosso país são facilmente enganados porque não sabem que teorias são confiáveis e quais são pura especulação. Em muitas situações não sabem em que se apoiar, a quem recorrer. Daí nossa responsabilidade, enquanto educadores científicos, de formar e informar os brasileiros, não apenas dos conceitos e princípios científicos estabelecidos, mas de ideias gerais a respeito do funcionamento da ciência, como por exemplo: quando uma postura é científica, o que se pode esperar de uma teoria científica, como deve agir um cientista, o que é valorizado na ciência, quais valores costumam pautar as investigações científicas, etc.

7.3.4 Como você entende as palavras hipótese, teoria e lei?

Durante as entrevistas, percebemos que os estudantes atribuem significados distintos às palavras hipótese, teoria e lei e que isso complicava desnecessariamente as respostas a algumas das perguntas do roteiro. Então resolvi incluir esta questão, apenas para aclarar o vocabulário utilizado.

Vejamos como a estudante explica seu léxico:

AL53: *Hipótese é uma coisa que não é provada ainda. Teoria: tu vai experimentar aquela hipótese; aí, se der certo, tu vai elaborar uma teoria pra tua hipótese. Agora lei já é uma teoria comprovada, com milhões de experiências. É a mais forte.*

Na Física os três termos são usados como sinônimos na maioria das situações.

7.3.5 O que o cientista faz primeiro: teoria ou experiência?

Cada cientista tem seu método de trabalho. Como defende Feyerabend, não existe “o” método científico. Como o Vê de Gowin procura mostrar, a investigação costuma começar por uma questão, uma indagação. E ela pode surgir de algum aspecto teórico ou prático com que o pesquisador esteja envolvido. Não há regra. Além disso, o que se observa é uma interação permanente entre teoria e prática, porque não existe a prática isenta de concepções teóricas, seja no seu planejamento ou na sua interpretação, nem teoria que prescindia de referenciais concretos experimentais.

Para os estudantes, entretanto, existe um método científico que é seguido por todos os cientistas. Para alguns, consiste em primeiro entrar no laboratório isento de qualquer ideia pré-concebida, colher os dados e depois utilizá-los para formular a teoria. Para outros a premissa vem primeiro – eles a identificam como uma teoria – então afirmam que primeiro o cientista faz teoria, depois a testa. Nos dois casos, a ciência é vista como uma caminhada linear, não um processo cíclico, cheio de idas e vindas, que frequentemente dá origem a muitas perguntas, que ocasionam outras tantas testagens e análises teóricas.

Vejamos as falas dos estudantes. Para este estudante, tudo começa na teoria e a prova empírica tem que satisfazer apenas o que o cientista estabelece:

AL51: [No trabalho do cientista vem antes] a teoria. Ele levanta a teoria, depois vai ter alguém que elaborou, e vai provar aquela experiência. Ele tem um objetivo de chegar até certo ponto. A hora que ele chegou aquele ponto, para ele está provado. Embora possam surgir novas dúvidas e interrogações. Se ele tem um objetivo, a hora que ele chegou ali, por exemplo, que ele conseguiu fazer uma vacina para um certo tipo de cura, dali por diante ele vai estudar só os prós e os contras. Quando ele chegou no objetivo que tinha, ele provou para ele mesmo.

Esta outra concorda que inicia pela teoria, mas aponta a existência de um processo iterativo:

AL53: Primeiro a teoria, porque ele não vai sair experimentando sem ter... Eu acho que primeiro ele tem que ter a hipótese. Se ele tiver a hipótese, ele faz a experiência e depois faz a teoria... porque com a experiência ele vai ver [ela] atuando. Eu acho que tu tem... [uma mistura.] Tu vai e depois vem. Acho que isso atua nesse caso. Aí vai e experimenta. Aí toma nota: isso atua. E assim vai.

Este aluno generaliza indevidamente a *gedankenexperiment* afirmando que qualquer experiência pode ser feita teoricamente. Se o equipamento está disponível, mede-se; caso contrário, deduz-se, afinal gênios como Einstein são capazes de construir magníficas teorias, evidentemente corretas, apenas com a potência intelectual de seu pensamento, sem necessidade de descer ao chão da realidade:

AL54: Depende do cientista, porque tudo pode ser feito teoricamente. Uma experiência pode ser feita teoricamente. Tem alguns que fazem a teoria e tem uns que fazem a prática. Quando eles não conseguem chegar, não conseguem imaginar como é que seria, se eles tem acesso, se eles conseguirem construir alguma coisa que tente provar o que eles tão imaginando, ele vão construir, é claro. Mas isso se eles conseguirem construir, porque nem sempre se consegue construir o que se quer provar na teoria. Então acho que é mais teórico o negócio.

Esta estudante aponta o fato de que muitas teorias, além de fazerem uso de dados empíricos, se apoiam em ideias ou teorias pré-existentes:

AL55: Acho que tudo começa por um interesse que ele tem. E depois de observar a prática, de observar a ocasião, de estudar aquilo, com ajuda de outras teorias, ele faz a dele. Ele se interessa por um assunto. Acho que ele primeiro observa o que acontece na prática, ele estuda aquilo ali na prática e faz a teoria. E junta com a teoria dos outros, pra ver se a teoria dos outros já explicou o porquê daquilo que ele quer descobrir. Senão ele faz a teoria dele. Quando ele analisa aquele ponto, a teoria existente já responde grande parte das coisas que ele quer saber. Mas, se testando, analisando e fazendo a prática ele, por acaso, não tá totalmente satisfeito, então ele vai para a teoria dele, junto com as dos outros.

Depois ressalta diferenças entre o proceder do cientista e do estudante:

AL55: Se tu pensar nas aulas, se eu me botar no lugar do cientista, porque eu nunca fiz um experimento... Dos pequenos experimentos que fiz, acredito que vem antes... a teoria. Acredito que seja a teoria. Porque se ele quer descobrir uma coisa, acredito que ele analise a prática. Se ele quer descobrir uma coisa, vai analisar, observar, vai ter sua dúvida, vai praticar, vai ter sua dúvida e vai na teoria pra ver se a teoria já existente traz a resposta. Mas se é uma pessoa assim, como eu [leigo], estudando, que não quer descobrir nada, aí vai olhar na teoria, praticar e comprovar que a teoria tá certa. Mas se um cientista quer mesmo descobrir, se ele tem uma dúvida, ele vai primeiro praticar.

AL55: O cientista vai, tira os dados que precisa, que necessita na teoria, pra ver se a teoria tá certa. Precisa ver os dados que precisa na teoria, então vai primeiro na teoria. Então, acredito que ele vai na teoria, com curiosidades, que ele tá precisando saber.

7.3.6 O conhecimento é provisório ou definitivo?

A ciência chega a resultados definitivos? A ciência revisa suas leis? O que pensam os alunos? Sim, não e talvez, respondem eles.

Alguns entendem que há determinados conhecimento provisórios e outros definitivos:

AL51: *Depende do caso. Pode ser definitivo por certo tempo, mas depois desse certo tempo pode haver uma evolução e o conhecimento se tornar obsoleto. [Exemplo.] Assim como tem coisas que podem ser definitivas. O conhecimento, no caso, no espaço, planeta, esse tipo de coisa, o descobrimento de um planeta é ali. Mas a nível de saúde, por exemplo, o conhecimento pode se tornar obsoleto depois de um certo tempo, pode ser que aquela mudança desencadeie novos processos, e a doença se torne mais forte, mais fraca, tem que estar sempre em cima. Mas uma ciência, no campo da Engenharia Civil, pode ser... aquilo pode se tornar definitivo. Fez um projeto, chegou ali, para aquele momento é definitivo.*

Para outros, tanto o mundo como o conhecimento sobre ele são mutáveis:

AL52: *Eu acho que não existem coisas estabelecidas. Nada fica imóvel, permanece a mesma coisa. Nem as pessoas são sempre a mesma coisa. Nada. O mundo, a gente tem provas da evolução, de que muita coisa mudou. É uma coisa que todo mundo vê, perene [eterna]. Todo mundo sabe disso. Toda convicção, no fundo, é uma prisão. Sem brincar com rima nem nada. Acho que toda convicção é burrice. É como se a gente só conseguisse enxergar para frente e não conseguisse ver para os lados.*

AL52: *Eu não tô dizendo que muda o tempo todo. Também não tô dizendo que o roxo hoje amanhã vai ser amarelo. Não é que tenha essa necessidade de mudar. Só que a gente pode estar certo de uma coisa agora, mas não significa que daqui a 60 anos ainda vai tá certo. Acho que é relativo ao momento, depende do que se vivencia no momento. É a mesma coisa com alguma convicção pessoal que tu tenha sobre determinado assunto da tua vida. Hoje tu tem essa opinião, essa convicção, mas daqui a algum tempo, muita coisa muda. Quantos valores não podem mudar? Se tu mudar de ideia e a ciência também, quanta coisa se transforma no planeta, quanta coisa muda, quanta coisa nova é criada e quanta coisa que existia deixa de existir. Então acho que não existe isso de eternamente ser a mesma coisa.*

O conhecimento deve sempre ser revisado, porque é relativo, tentativo, datado:

AL53: *Acho que revisa. Tu vai partir de um caminho. Aí tu vai fazer outra coisa, tu vai passar sempre por ele. Aí se o modelo não der certo, tu vai ter que ver de novo. Pelo que a gente tem visto até agora, eu acho que [a lei da gravidade] tá satisfazendo. Agora, se algum cientista achar um novo dado, uma nova força que atue, teria que ser revisado. Pode variar. [Fica assim] até aparecer algo que ela não dá conta... se encontrar isso, acho que deveria experimentar de novo.*

AL53: *No segundo grau tem a história do Galileu, que estava embaixo da maçã, caiu a maçãzinha... Não! Era Newton, o da maçã. Galileu era o das bolinhas lá da Torre de Pisa. E se, por exemplo, algum cientista achasse, descobrisse que tem outra força atuando na Terra, sobre a Terra, que a gente não tinha pensado, e ninguém soubesse, e ele fosse e descobrisse. Aí os outros fossem, testassem, testassem e descobrissem que existisse mesmo. Aí teria que revisar. Também tem uma história que colidiu com a Terra um cometa, que daí o eixo da Terra ficou entortado, desentortado, sei lá, é um negócio assim. Deveria ser revisado também. Acho que tu não vai ficar revisando [toda hora]. Sempre vai estar pesquisando. Se as pesquisas estão saindo direito, observando todas as coisas, então tá, o que der errado é porque tem alguma coisa ali que não tá batendo. Aí vai experimentar todas elas pra ver qual é. Se for a realidade, tu vai tentar descobrir o que possa ter de diferente.*

AL54: *A professora disse em aula que as pesquisas... que nunca uma teoria é definitiva. Sempre pode vir uma outra para substituí-la. Eu fiquei convencido. Porque a gente vê na história, que sempre tá caindo um atrás do outro. Talvez essas experiências que a gente esteja estudando agora, um dia sejam piada pros outros.*

O conhecimento está em permanente construção, sendo modificado e melhorado:

AL55: *De jeito nenhum. Tem muita coisa pra ser descoberta ainda. Nada, nenhuma teoria, por mais que se diga que vale em tudo, que vale em qualquer lugar do universo... ela sempre tem um erro, se não tá totalmente errada. Porque tudo está mudando, tudo muda sempre, de repente muda uma teoria, muda todas, como são muitas teorias... As teorias fundamentais, se de repente tem uma que não tá certa, vão mudar todas as outras. Então acredito que tudo pode mudar. Um ser humano sozinho não pode descobrir, não pode*

afirmar, porque ele é só um ser humano. Tem muita coisa além, do que simplesmente, porque ele disse, está comprovado. Eu não sei nem se o que vejo no espelho sou eu mesma. Sabia professora que a voz que eu escuto não é a mesma que a senhora escuta? E o que eu vejo no espelho não é o mesmo que a senhora vê também. Acho que tem muito mais coisa que a gente não sabe, não imagina.

7.3.7 Existe necessidade de revisar uma teoria muito estudada? Como e quando se criam novas teorias?

Dito de outra forma: hoje em dia ainda é preciso revisar a lei da “gravidade”?

Os estudantes confundem dados empíricos com as explicações que damos para esses dados. Dado: Observamos os corpos caírem. Pergunta: Mas por que os corpos caem? Explicação: Porque existe a gravidade. Pergunta: Mas o que é a gravidade? Explicação: Newton diria que a gravidade é um exemplo de interação gravitacional entre dois corpos que possuem massa. A maçã é atraída pela Terra, na razão direta das massas e na razão inversa do quadrado da distância. A Terra é atraída pela maçã por uma força de mesmo valor e sentido contrário.

Esta teoria, esta explicação, pode ser modificada. Einstein reinterpretou a queda dos corpos. Dado: Corpos na proximidade da Terra caem. Pergunta: Mas por que os corpos caem? Explicação: Para Einstein, corpos de grande massa, como o planeta Terra, causam uma deflexão significativa no espaço ao seu redor. Um pequeno corpo, próximo à Terra, sentirá a deflexão do espaço e será acelerado em direção ao planeta.

Para Newton a aceleração da gravidade é gerada por uma força. Para Einstein é gerada por uma deformação do espaço-tempo. Mesmo fato empírico. Duas explicações completamente diferentes. Ambas as explicações são consideradas científicas pelos físicos.

Os estudantes acreditam na verdade imutável das teorias. E mais, confundem fatos com teorias, misturam dados e explicações. Não é de estranhar, portanto, que a maioria considere ridícula a possibilidade de que a teoria da “gravidade” possa ser revisada. Desconhecem eles o básico: que não só pode, como já foi revisada... Todos já ouviram falar de Einstein, mas quase ninguém sabe o que ele pesquisou, quais foram suas contribuições à Física, do que trata a famosa teoria da relatividade.

Este aluno acha que a “teoria” da gravidade se reduz a número, o valor do campo gravitacional na superfície da Terra. Nem entremos nos detalhes de que mesmo o valor depende de variáveis como a latitude, a altitude, a distribuição espacial de elementos químicos na esfera planetária, etc. Ele afirma:

AL51: *Pelo que eu vejo, e pelo que a gente convive e vive, no campo da Física, a gravidade é 9,8. Eu acho que todos os livros trazem isso, acho que já está suficientemente estudado. A não ser que mude com o efeito estufa, que possa mudar e aí levante uma hipótese, eu acho que já tá suficientemente estudado.*

Para esta aluna, revisar é possível, se houver novos indícios para tal, sem ficar estagnado examinando indefinidamente o mesmo assunto:

AL52: *Depende do caso. Se há muito tempo vem sendo estudado e se vê a coisa permanece a mesma, acho que não. Acho que não, mas também depende. Se é uma assunto que é interessante, que se tem dúvidas, que possa ter mudado, aí merece ser revisto. Mas se é uma coisa que já se tem uma ideia formada, de que é a mesma coisa, acho que não tem necessidade. Tem mais coisas a serem exploradas, novas. Depois, aí sim volta, mas acho que não pára, não fica estagnado batendo na mesma tecla sempre. Volta quando tiver uma oportunidade de dar uma revisada, volta lá e vê se é a mesma coisa ainda.*

Já esta aluna acredita que somente as teorias que apresentam falhas merecem revisão:

AL53: *A partir do momento que aquelas [teorias] que se tem não satisfazem mais. O grande problema é ver se elas estão certas mesmo e achar as que satisfaça (sic), que resolva mais aqueles problemas, senão mais experiências. [É uma boa teoria] se ela resolver todos os problemas que são pra ela resolver, tudo que tá no campo de abrangência dela. Ela tem que satisfazer todos. Não pode faltar nenhum. Se faltar um, não pode...*

A teoria da gravidade não é uma teoria, é uma realidade, exclama este aluno, ao mesmo tempo que antevê, em um lampejo de sensatez, a possibilidade de que haja outra explicação para a queda dos corpos:

AL54: *[A teoria da gravidade ou “os corpos caem”]. Essa aí... Eu acho que nesse caso a experiência em si não precisa mais ser estudada. Mas a teoria da gravidade não é uma teoria. A teoria da gravidade é uma realidade. Só colocaram o nome de teoria. [A teoria que explica porque que os corpos caem], essa é definitiva, eu acho. Se bem que ela pode ser definitiva pra ideia que a gente tem hoje da atração da Terra. Mas quem sabe um dia se prove que a atração é outra coisa. Tipo, em vez de ser um campo gravitacional como a gente imagina, com linhas entrando, enfim, seja outra coisa, seja outra coisa totalmente diferente. Pode ser que nesse sentido sim, a coisa muda, mas sempre vai cair... A experiência continua a mesma... mas... pode mudar a interpretação da experiência. [Há interpretação definitiva?] Acho que tem algumas explicações que já não muda mais. Nem a interpretação. Por exemplo, ‘A Terra é redonda.’*

A propósito, ‘A Terra é redonda’ é um dado (fotográfico, diríamos hoje em dia?), não uma explicação. E este modelo é bastante simplório, diga-se de passagem. Costumamos adotar outros modelos mais elaborados: a terra como uma esfera achatada, por exemplo.

Apesar de justificar suas afirmações usando concepções religiosas, esta aluna discorda de seus colegas anteriores:

AL55: Acho que a coisa não é tão simples. Acredito que atrás de tudo o que já descobriram hoje, tem coisas mais complicadas, mais profundas do que qualquer cientista já tenha ido. Acho que essa é a mudança. O ser que inventou, não inventou simplesmente pra tu estudar, aprender, descobrir. Não é simplesmente aquilo ali, aquela fórmula. De repente, se um cientista conseguisse se aprofundar mais, ele vai descobrir coisas que podem mudar tudo. Acho que essa mudança não é do jeito que a gente vê o mundo... Acho que o cientista tá sempre tentando ver o outro lado da coisa. Ele sempre quer ver, quer provar aquela fórmula, ver se encontra algum erro ali, sempre vendo se aquela fórmula se encaixa na teoria. Tá sempre querendo achar o erro, o furo na teoria, que eu acho que existe! Não vou ser eu que vai descobrir.

Claramente a aluna demonstra uma sábia humildade, imaginando que as explicações atuais, por melhores que sejam, deverão estar sempre abertas à revisão. A Mecânica de Newton foi uma teoria com enormes sucessos práticos. É utilizada para fazer boa parte dos cálculos que permite o vôo de aviões e espaçonaves, inclusive as que levaram o homem à Lua e o levarão a Marte. Antes disso, cálculos baseados nesta teoria permitiram descobrir a existência do planeta Urano, que não é visível a olho nu, pelos desvios da órbita do planeta Saturno. E posteriormente de Netuno, pelos desvios na órbita do próprio Urano. Essas conquistas e todos os três séculos de sucessos da mecânica newtoniana não evitaram que ela, no século XX, fosse considerada errada quando aplicada ao interior de átomos ou a partículas viajando em altas velocidades. Nesses casos, os físicos agora utilizam a mecânica quântica e a relatividade, respectivamente. O século XX trouxe a humildade para os físicos, mas aparentemente ainda não para os estudantes de Física.

7.3.8 Hoje é possível viver sem a ciência?

Os seres vivos são seres autorregulados. Essa característica permite que eles se adaptem a uma gama de situações e sobrevivam, pelo menos enquanto espécie. É claro que em situações mais extremas, muitos indivíduos morrem e mesmo muitas espécies acabam por ser extintas. Mas, por ora, examinemos as que até agora sobreviveram.

Os seres humanos, em particular, além da grande capacidade de adaptação natural, criaram mecanismos extras de sobrevivência, como a vida em sociedade, a divisão de trabalho, a escrita, o ensino escolarizado, a pesquisa científica, além de vastas aplicações tecnológicas dela decorrentes.

Para a maioria dos seres humanos do século XXI, abdicar da ciência e de seus produtos corresponderia quase a um retrocesso à vida do homem das cavernas. Para nós, *Homo sapiens digitalis*²⁰ (ironicamente alguns se identificam mais com *Homo zappiens*²¹), esta seria uma cena quase inimaginável. Como poderíamos viver sem carro, televisão ou notebook? Quantos meses levaríamos para redigir esta dissertação à mão? Supondo que o papel ainda existisse, claro.

É um fato: a ciência e a tecnologia mudaram radicalmente a vida dos seres humanos. Nossa existência está cada dia mais tecnológica, informatizada, conectada. É impossível imaginar esta civilização sem a ciência. Contudo, em um caso extremo, acreditamos que se as características de autorregulação e de adaptação continuam a fazer parte de nossa genética, passado o susto e a frustração iniciais, seríamos capazes de sobreviver e talvez recriar a ciência como a conhecemos hoje. Talvez.

Os alunos identificam claramente a dependência da ciência que os seres humanos têm:

AL51: *Eu acho que parte da ciência tá desaparecendo. Acho que [o homem] vive, embora deixe o homem involuído (sic). A ciência, desde o início dos tempos fez parte da vida do homem, mas hoje a ciência é mais avançada pelo própria evolução do desenvolvimento. Hoje se faz muitas (sic) coisas que não se fazia, seria uma consequência de toda a ciência, da própria evolução que tá havendo hoje. Acho que sem a ciência hoje seria uma catástrofe muito grande, catástrofe pra vida humana, porque muita gente sobrevive, muita gente vive, graças à ciência.*

AL53: *Antigamente eles descobriram a eletricidade. Pra eles foi um achado. Não tinha. Passou a ter e foi ótimo, maravilhoso. Mas, se de uma hora pra outra tirar a eletricidade, o que que eu faço? Não faço mais nada. Acho que a gente tem que continuar procurando, a gente tem sempre que conviver com os cientistas. Sem eles, como encontrar propriedades diferentes? Antigamente não tinha computador, não tinha máquina de calcular, era tudo na cabeça. Se eu tirar agora, perde o sentido, vai se perder no meio do caminho.*

AL54: *Não, hoje não é possível viver sem a ciência. Acho que nunca foi. Sempre, às vezes até sem saber, mas sempre foi usada a ciência. Então é impossível viver sem ela.*

Nesta fala aparece a relação simbiótica entre ser humano e ciência conduzindo à evolução da civilização:

AL52: *Não, com certeza. Se a gente tivesse na idade da pedra, ia existir ciência. Até a busca pela tua subsistência já é uma maneira de tu estar integrado à ciência, pois tudo começou daí, a subsistência, as formas alternativas de conseguir ir vivendo. Taí, não tem vida sem ciência... As pessoas podem não ter interesse em se aprofundar nela, mas que ela vai estar sempre à nossa volta, vai estar.*

²⁰ Com o advento dos computadores digitais, os seres humanos, pela sua dependência destas máquinas, teriam “evoluído” da subespécie “sapiens sapiens” para a “sapiens digitalis”.

²¹ Não raciocinam, apenas ficam a “zapear”, isto é, ficam mudando continuamente o canal da televisão.

7.3.9 Visão do cientista

As visões positivas do cientista são de um homem que persiste na busca, continua até encontrar, prossegue em suas metas, permanece, perdura nos objetivos. O cientista é alguém insistente, teimoso, obstinado, perseverante (firme e constante), pertinaz, inflexível e irreduzível (invencível).

Muitos ainda falam do cientista louco, excêntrico, bitolado ou desligado. Vejamos as descrições dos estudantes:

AL51: *Meio louco ainda, um cara meio pálido. Cada um tem seus dotes, certas características, por isso que pode fazer aquilo, que fazem ele ser bom nessas coisas. Eu acho que um cientista é a mesma pessoa que eu via um semestre atrás, assim meio aérea, meio estranha. Fisicamente, estilo “Einstein”, cabelo meio comprido, meio careca, de óculos, meio sério.*

AL51: *[Para ser cientista, a pessoa] tem que ser curiosa, deve ser muito persistente, sempre querendo saber o porquê das coisas. Acho esta uma característica forte pra se encaminhar prum cientista. Não sei se vai dar um cientista, mas um cara que vai para a Física ou a Química, sempre buscando, procurando, sempre curioso, não se conformando com o que tá ali, embora não defina, é uma característica que pode levar a isso, e já se ele gosta...*

AL53: *É uma pessoa que busca respostas, soluções, pras perguntas que a gente tem. [Fisicamente,] depende. Não são todos assim. Tem uns que passam despercebidos.*

AL53: *[Pra ser cientista] tem que gostar de estudar. Tem que procurar respostas. Tem que ter perguntas, saber o que está procurando. Tem que ter força de vontade pra poder continuar, porque ele não vai desistir na metade. É isso. Vontade de estudar, já que a vida dele vai ser mais estudar e pesquisar do que outra coisa.*

AL53: *[O cientista trabalha] em empresas, universidades. Depende do tipo dele. Se ele for cientista de carros... Se ele trabalha em efeito estufa, ele deve trabalhar numa empresa, procurar um jeito de despoluir. Uma empresa que trate a despoluição. Ele pode ser professor também. Eu acho que ele trabalha mais como cientista porque isso ocupa muito o tempo dele. Deve ocupar uma boa parte da vida dele. E ter duas profissões ia ficar muito pesado. Eu acho que o cientista trabalharia mais pra sobreviver. Ele não vai ter tanto tempo quanto o outro, se ele tem uma profissão que impede que ele busque, que ele procure.*

AL54: *O meu cientista é igual, tá na dele. Não lembro o que falei. Ah, o meu cientista, deixa eu ver... Acho que mudei um pouco... O cientista hoje, pra mim, é todo pesquisador que está tentando buscar coisas novas, não importa a área que seja. Se bem que no fundo eu acho que vejo o cientista como um ser supremo. Vejo um cara trancado num quarto, debruçado em cima de um caderno, deduzindo e tentando imaginar como fazer.*

AL54: *[Essa imagem] não corresponde à realidade, claro que não. Quando penso no cientista, sempre tenho essa impressão. Não sei se é nos livros que a gente via as figurinhas e ficou gravado ou o que, mas sei que quando penso é assim. Claro, se tu for abrir a cabeça, é claro que é diferente. O cientista, tá cheio aí. Até naquele lugar deve ter cientista.*

AL55: *Acredito que eu tenha, neste semestre, virado um pouco cientista, não de Química, porque eu continuo totalmente alienada, mas de Física. Acho que o cientista é uma pessoa altamente curiosa, que tá sempre querendo saber a verdade. Não é aquela pessoa de óculos, aquela ideia assim que tu tem, que as pessoas acham. O que eu vejo hoje é que o cientista sou eu, uma pessoa que gosta muito de matemática, que gosta muito de mexer, de inventar, gosta de saber, gosta de provar na teoria o que ele fez na prática e gosta de praticar o que ele descobriu na teoria.*

7.3.10 Onde trabalham os cientistas?

Muitos estudantes não convivem com nenhum cientista (ou não sabem que convivem). Então sua ideia de cientista está mais ligada ao que é mostrado no Jornal Nacional ou à imagem retratada nos desenhos animados (cientista ou inventor maluco). Então perguntamos onde o cientista trabalha para entender se o que mencionam sobre o cientista é constatação ou impressão. Vejamos:

AL54: *Bom, desde que o cara esteja estudando alguma coisa, tentando evoluir esse negócio, é um pesquisador. E todo pesquisador tem um fundo de cientista. Cientista, cientista é uma palavra que não se usa quase... Não! Se usa muito! Só que na realidade se tu vê um cientista ao vivo, tu não diz que é um cientista. Se a professora fosse uma cientista, eu não ia saber que você é uma cientista, a menos que você me falasse ou me mostrasse os trabalhos que fez. Quer dizer, não existe uma diferença muito grande entre o pesquisador e o cientista. Talvez o pesquisador só pesquise, ele não chegue a nada mais do que já foi inventado, descoberto. Tá estudando, pesquisando, mas ele não avança muito. Agora o cientista vai além, ele consegue enxergar o que os outros não vêem.*

AL55: *Depende. Trabalha num laboratório. Trabalha num laboratório mexendo, inventando, olhando em... como é o nome? Microscópios. Praticando, praticando, praticando. Além de olhar no microscópio, de fazer experiência com bolinha [colisões], ele tá também fazendo conta. Ele tem hora de praticar e hora de fazer teoria.*

AL51: *Dá pra reconhecer o cientista na rua. Se eu visse, acho que dá.*

AL51: *O cientista trabalha, em primeiro lugar, nos laboratórios. Acho que estritamente dentro dos laboratórios, a maior parte deles. [Onde ficam?] Estão ligados à Educação, primeiro de tudo à Educação. À educação como termo geral. Pode tá ligado ao próprio Ministério da Saúde, deve ter seus laboratórios e à iniciativa privada.*

AL51: *[Como se sustenta?] Não tive acesso a isso, mas acho que trabalha para o governo. E a iniciativa privada, acho que ele trabalha para uma empresa de pesquisas. Ou pode ser um trabalhador autônomo. Não sei como funciona, se faz o trabalho, ou se vende. Se for empregado de uma grande empresa, quem paga é a empresa. Se for o governo, ele paga.*

AL52: *Tá metido em todos os setores, não se limita a ficar só na sua pesquisa. Ele pode trabalhar na indústria, na Universidade. O cientista, deixa eu ver... pode trabalhar com outros cientistas. Pode estar envolvido em projetos, em projetos de Engenharia, de Medicina... É muito relativo. Não existe um cientista só físico, só biólogo. A minha mãe é uma cientista política e eu considero ela uma cientista também. Ciência não é só número.*

É claro que os cientistas trabalham nos laboratórios. Onde mais poderia ser? Muitos gostam de imaginar um laboratório na casa do cientista, não um laboratório de pesquisa como entendemos no meio acadêmico. E no Brasil, existem cientistas? Onde trabalham?

AL54: Olha, é lógico que tem nas Universidades. A gente houve falar muito da Unicamp, da USP, que desenvolvem muitos trabalhos. Os 'cientistas' da USP e da Unicamp. Significa que tem e não só nessa área. No Brasil tem bastante cientista na Petrobras, pesquisando. Só que os nossos cientistas estão falidos. Realmente eu acho que eles não tem no que se segurar, não tem nem dinheiro pra ir em frente com as pesquisas. A gente não valoriza quase aqui no Brasil isso aí. Mas no exterior, o cara se declarou um pesquisador, tão enfiando dinheiro nele à vontade. Se ele trabalhar pruma empresa, a empresa deve [sustentá-lo]. Agora se trabalha por conta própria, eu não sei.

AL54: Tem [cientista autônomo], em cada canto tem um. Essa tarefa é independente, às vezes é paralela quase. Pra pessoa fazer pesquisa, ele não precisa trabalhar só nisso. Ele pode se sustentar de outra forma. E o dinheiro grosso mesmo entra na hora que ele tem que colocar em prática, fazer ou executar um projeto, daí sim ele precisa de dinheiro. Agora para pensar, fazer uma teoria, ele não precisa de dinheiro. Até a professora pode 'viajar', imaginar alguma teoria, formular uma teoria e de repente provar que tá certo. Não precisa ter muito dinheiro pra isso não. Só com cara, cabeça e vontade.

7.3.11 Relação entre o cientista e a sociedade

Cientista e sociedade se relacionam certamente. Mas de que forma? Quem se preocupa com quem? Quem está a serviço de quem? A mídia retrata muito bem os feitos científicos, cientistas descobrindo a cura de doenças ou desenvolvendo técnicas e soluções tecnológicas. Mas os que imaginam o cientista excêntrico não conseguem separar o trabalho, os frutos do trabalho científico, dessa imagem que é repulsiva:

AL51: Eu acho que a sociedade valoriza o trabalho dele. Isso a nível de mundo. País de primeiro mundo sabe o valor que tem um cientista. [Aqui,] se tu chega numa favela e diz que o cara trabalha num laboratório, ou faz pesquisa, ninguém dá valor. Não tem um final de semana ou durante a semana que não passe uma nova reportagem, uma pesquisa, com os novos conhecimentos que foram descobertos. Então eu acho que ele consegue um destaque e tem uma boa relação com a sociedade.

AL51: Valoriza o cientista como pessoa, mas em país de primeiro mundo. Se tu for chegar hoje numa favela, se as pessoas vêem que o cara é cientista, como a maioria é leigo nisso aí e o próprio país não favorece a educação, então todo mundo acha que o cara é meio louco. Só sabem o valor que tem, as pessoas que vivem dentro, que conhecem o trabalho. Isso é uma coisa que quando as pessoas vem divulgar, tem que saber. No geral tem muita gente que não é reconhecido pela sociedade.

AL52: O problema é que as pessoas sempre dizem que o cientista é uma pessoa alienada em sociedade, que vive isolado no seu meio, que se restringe ao seu mundo, às suas pesquisas, às suas vivências. Mas, por outro lado, eu sinto que é como se a sociedade de uma maneira indireta pressionasse esse isolamento dele, porque a sociedade não reconhece um cientista a menos que se veja um benefício prático daquilo que ele estuda, daquilo que ele pesquisa, na própria sociedade. Ela só enche de louvores aquele cientista que descobriu tal fórmula que vai beneficiar a sociedade. Só enche de méritos aquele químico ou médico que descobriu a cura de tal doença. Então o cientista acaba se sentindo um estranho no seu próprio ninho.

Eu nem acho que o cientista é uma pessoa que destoa tanto assim das outras. Realmente, é uma pessoa que tem outros interesses, tá mais preocupada em coisas mais importantes do que correrias do dia-a-dia e coisas banais. Ela tá preocupada em assuntos mais abrangentes, mais interessantes, não se limita, não é uma pessoa tão limitada. Ao contrário do que possa parecer, eu acho que todos nós somos muito mais limitados do que um cientista, porque o nosso mundo se restringe a tão poucas coisas na verdade, pouquíssimas. Acho que embora a gente faça 'n' coisas durante o dia, nossa semana, mês ou ano, e um cientista passa seu ano inteiro batendo na mesma tecla, envolvido com a mesma questão, eu acho que tem muito mais valor, muito mais. Só que infelizmente não é assim que a sociedade vê.

AL52: *É meio ambíguo, porque a sociedade não permite que ele se integre. Não tem estímulo, é muito difícil tu ver uma pessoa incentivar um cientista: 'Ah, muito bem! Isso que tu faz, tua pesquisa, teu trabalho, ótimo!' Até o governo, aqui no nosso país de terceiro mundo, não se vê incentivo quase nenhum à ciência, nada. Parece que o Brasil, ultimamente, é o 'maior' exportador de cientistas, porque quem tem oportunidade, todo mundo sabe, é notório, procura uma oportunidade em outro país, vai embora. Ou se envolve com questões até de outros países, com o potencial que tem nosso país, tanta coisa para ser explorada, quantas áreas. Mas só que o Brasil, o país, não valoriza, é um ciclo, uma coisa gera a outra. O cientista se isola, mas a sociedade também não permite que ele venha, que ele se integre. Ele acaba ficando um pouco de fora mesmo.*

AL52: *Com certeza [o cientista procura direcionar o trabalho dele pra ajudar a sociedade]. Senão, não teria razão de ser. Este é o objetivo básico. Não tem porque uma pessoa passar um tempão se dedicando a descobrir alguma coisa se não tivesse um objetivo na prática. Não digo até se para ele aquilo é importante, se aquilo vai trazer algum benefício, só que a sociedade só valoriza quando esse benefício é amplo, quando enche os olhos. Do contrário, a sociedade não consegue dar valor a 'pequenas coisas', coisas não muito faraônicas.*

AL53: *Acho que a sociedade não se preocupa muito com o cientista. Acho que hoje, lá na Nasa, nos Estados Unidos, eles tem uma preocupação maior. Acho que depende um pouco de cultura. Lá no Japão também deve ser supervalorizado, devem ganhar bem lá. Aqui não é tanto. Tem um 'campinho', eu já ouvi falar, mas é super-restrito. Não sai em qualquer lugar, não tem tanto divulgação.*

AL53: *Eu acho que [o cientista se preocupa com a sociedade] sim. Se ele se preocupa em responder às perguntas, se ele tiver pesquisando sobre poluição, ele vai estar pesquisando pra sociedade também. Se ele estiver fazendo outro tipo de coisas, também ganha a sociedade. Tudo o que ele estiver pensando vai acabar sendo [compartilhado], ele não vai poder guardar o que descobriu só pra ele.*

AL54: *A sociedade não dá muita bola pra isso. No geral, o povão, alguns nem sabem que existe. Agora o pesquisador, muitas vezes sim se preocupa, porque o objetivo sempre é trabalhar em pesquisa pra diminuir o trabalho braçal. Sempre foi assim. Quando se inventa uma enxada, é pra não ter que arrancar o capim com a mão. Estão é pensando sempre em diminuir o trabalho. E fazer mais coisas com menos tempo.*

AL54: *Não é que [a sociedade] não valoriza [o cientista]. Eu falei que ela não liga muito, não se preocupa muito, porque não é do mesmo mundo, é de mundo diferente. Como eu também sou do povo, posso falar por ele. O pesquisador é um cara quase inal... inalcançável. Que eu saiba, até hoje eu não tive acesso a nenhum. Que eu saiba! Por não ter essa relação, esse contato, não se preocupa muito.*

AL55: *Eu acho que as pessoas, a sociedade, precisa da ciência. Acredito que tudo o que o cientista faz vem a beneficiar a sociedade. Na sociedade cada um tem sua função. A sociedade precisa do cientista, ele é fundamental. É ele que descobre tudo.*

AL55: *Depende do cientista, isso varia de cientista para cientista. Acredito que a maioria dos cientistas hoje tá mais preocupado em ganhar... descobrir, digamos, a cura da AIDS. Todos estão pesquisando porque aquele que descobrir a cura da AIDS vai ser posto lá em cima. Qualquer pessoa quer, um dia, ter seu nome... mas acredito também que eles estejam fazendo isso por causa da humanidade, para salvar, para fazer um bem para a sociedade. Acho que tudo gira em torno disso, eles tanto querem fazer um bem para a humanidade como também se fazer um bem, porque vão estar ganhando dinheiro, se fazendo dentro da sociedade.*

AL55: [A sociedade valoriza o cientista?] *Não, a sociedade usando, tendo aquilo ali... A gente só sente falta das coisas quando perde. Então a sociedade não dá valor pro que o cientista faz, todo trabalho que ele faz, que leva pra ela. Ela tem tudo de mãos beijadas, então não dá valor. Se um dia a sociedade precisasse saber disso ou daquilo, aí ela ia se lembrar do cientista. Mas como ela não se preocupa em saber, não dá valor pro cientista.*

7.3.12 Gostaria de ser cientista?

Os estudantes admiram os cientistas? Aspiram se tornar cientistas? Alguns acham tentadora a ideia de ser admirado. Seria por que todos os cientistas são geniais e por isso são invejados? Contudo, outros se dão conta que a pesquisa exige trabalho duro e não estão dispostos a enfrentar os 99% de transpiração que ela exige:

AL52: *Ah, com certeza. Por isso que eu não me sinto meio perdida. Não tenho interesse de ficar estudando e carregando livro, fazendo conta, aí. Não tem nada a ver nem com a minha personalidade. Não gosto de coisas pré-estabelecidas, que a gente tenha que seguir sempre a mesma coisa. Isso limita muito o ser humano. Sei lá, fazer pesquisa, ficar inventando e descobrindo alguma coisa, fuçando assim, inventando coisa. Ficar lendo, lendo, lendo ou mexendo no computador, sei lá, queria ter a oportunidade de conhecer novas coisas ligadas à ciência... Não, eu não quis dizer que eu queria sombra e água fresca. Pelo contrário, eu acho que o cientista padece. Até mesmo economicamente... Olha ser cientista no Brasil...*

AL53: *Acho que os cientistas se preocupam com as consequências do seu trabalho sim. Por exemplo, a bomba atômica, eles não iam pensar que fosse para destruir... Se ele pensar e ver (sic) que foi uma coisa 'que eu criei', ele deve se sentir supermal. Ele avalia sim. Ele não vai ser louco, vai procurar saber como pode ser usado.*

Muitas foram as ideias encontradas e discutidas nas entrevistas. Cada aluno tem muitas opiniões a expressar e vários deles gostaram de poder compartilhá-las conosco durante este projeto. O completo mapeamento destas entrevistas requererá, contudo, muito trabalho adicional, o que foge ao escopo desta dissertação. Então nos limitamos a trazer alguns elementos para análise.

CONHECIMENTO PRODUZIDO

*“Aquilo que guia e arrasta o mundo
não são as máquinas, mas as ideias.”*

Victor Hugo

8 CONHECIMENTO PRODUZIDO

Em síntese, qual foi o conhecimento produzido nesta investigação?

Pretendemos, neste capítulo, apresentar as asserções de conhecimento a que chegamos para as três questões básicas de pesquisa apresentadas na introdução desta dissertação:

- 1) *O que pode ser feito para integrar teoria e laboratório em disciplinas de física geral?*
- 2) *Qual é a visão de ciência dos estudantes de física geral?*
- 3) *Um enfoque epistemológico ao laboratório pode modificar a visão de ciência dos alunos?*

Contudo, estas não foram as únicas perguntas que guiaram nosso trabalho. A pesquisa não partiu exatamente destas questões, nem se ateve somente a elas. O conhecimento produzido incluirá também outros aspectos apresentados nos três estudos descritos nos capítulos anteriores (Anos I, II e III) que serão ser interpretados à luz dos referenciais teóricos, epistemológicos e metodológicos que embasaram a pesquisa.

As três questões acima são as *questões-chave* da pesquisa e foram formuladas em diferentes momentos ao longo dos estudos. Antes delas serem engendradas, a pesquisa teve início. Seu objetivo inicial foi o de realizar uma imersão na disciplina de Física I, visando compreender e descrever a microcultura deste grupo social, suas ideias, crenças e pressupostos, seus comportamentos e ações. A professora-pesquisadora foi ao mesmo tempo observadora e participante, influenciou e foi influenciada. Procurou narrar os eventos observados em sala de aula e interpretar esta realidade, explicá-la. As hipóteses foram sendo formuladas recursivamente durante o desenvolvimento da pesquisa. Nos capítulos anteriores procuramos contar, historiar, contextualizar o que foi vivenciado.

Nesse sentido, a questão inicial de pesquisa foi, de fato: “0. *Como é a microcultura da disciplina de Física I da FURG?*” Para respondê-la, vamos fazer uma síntese do que foi observado no Ano I.

8.1 ANO I - COMO É A MICROCULTURA DA DISCIPLINA DE FÍSICA I DA FURG?

A partir de observações, conversas, anotações detalhadas e análise de documentos (relatórios, trabalhos, bilhetes, questionários, opiniários, testes, provas, etc.) produzidos pelos alunos, captamos, da microcultura de sala de aula, os aspectos que seguem.

Na Teoria

- Aulas teóricas bastante tradicionais;
- Pouca ênfase em aspectos conceituais;
- Dificuldades conceituais em física (concepções alternativas);
- Importância da empatia e do entrosamento entre professora e alunos;
- Reação positiva dos alunos à disponibilidade, dedicação e atenção da professora;
- Conexões entre teoria e prática dependentes do empenho do professor.

No Laboratório

- Aulas de laboratório trabalhosas e desafiadoras;
- Dificuldades com a preparação do material, necessidade de laboratorista;
- Necessidade de refletir sobre expectativas e objetivos das aulas práticas;
- Pouca aprendizagem significativa no laboratório;
- Práticas sem nenhum espaço para reflexão, criatividade e investigação científica;
- Roteiros experimentais diretivos, com procedimentos demasiado detalhados e veiculando concepções empiristas-indutivistas;
- Necessidade de reescrever os roteiros total ou parcialmente;
- Pouco empenho e comprometimento dos estudantes, que realizam mecanicamente os experimentos;
- Provas experimentais indicando pouca aprendizagem de conhecimentos práticos;
- Alunos têm dificuldades em citar pressupostos teóricos e avaliar fontes de erro;
- Relatórios áridos, incompletos ou copiados, tornando a correção cansativa;
- Professores diferentes na teoria e na prática dificultando a conexão entre elas;
- Alunos podem se empenhar e participar ativamente, como na aula extra “montando e calibrando dinamômetros”;
- É necessário que a professora seja mais firme e exigente.

Relatórios versus Diagramas Vê

- Pouca aprendizagem relacionada a relatórios, textos enfadonhos;
- Diagramas Vê são propostos como alternativa;
- Comparação entre grupo experimental e de controle;
- Dificuldades em introduzir os Vês nas primeiras aulas;
- Dificuldades para avaliar de modo coerente relatórios e Vês;
- Diferentes propostas de avaliação para relatórios e Vês são experimentadas;
- Permanece insatisfação com a avaliação dos Vês;
- Provas experimentais para avaliar a aprendizagem no laboratório;
- Baixa fidedignidade nas provas experimentais aponta para mudança de estratégia;
- Diferenças entre Vês e relatórios começam a ser observadas;
- Diagramas Vês são mais difíceis de elaborar, mas são mais interessantes;
- Indícios de que o Vês são instrumentos melhores do que relatórios para abordar como a ciência é feita e explicitar aspectos epistemológicos nas aulas.

Avaliação e sucesso na disciplina

- Provas centradas em problemas numéricos, pouca ou nenhuma avaliação conceitual;
- Nota experimental de 30% da nota final é considerada excessiva;
- O sucesso na disciplina é diferente para calouros e repetentes;
- Calouros com o mesmo professor na teoria e na prática: alta aprovação (73%), baixa desistência (27%);
- Repetentes com professores diferentes na teoria e na prática: alta desistência + reprovação (50% + 20% ou maior), baixa aprovação (30% ou menor);
- É senso comum que não é possível modificar a alta reprovação nestas disciplinas.

Visão de ciência e do cientista

- Crença no método científico;
- Cientista entraria no laboratório sem pré-conceitos;
- Leis seriam descobertas a partir dos experimentos;
- Enunciados universais seriam induzidos a partir de enunciados particulares verificados;
- Seria possível chegar à verdade, portanto teorias ou leis não seriam revisadas;
- Cientistas entendidos como gênios ou mitos;
- Valorização excessiva da ciência enquanto se ignoram suas limitações.

Portanto, o primeiro semestre no Ano I foi dedicado a entender melhor como foram as aulas teóricas e as aulas de laboratório e suas fracas inter-relações. No segundo semestre já se procurava modificar a constatada dissociação entre teoria e prática na Física I, introduzindo os diagramas Vê e comparando seu uso e eficácia com os tradicionais relatórios.

Desse modo, o Ano I nos conduziu até a primeira questão-chave da pesquisa: “1. *O que pode ser feito para integrar teoria e laboratório em disciplinas de física geral?*” Para respondê-la, vamos fazer uma breve incursão no que foi observado no Ano II.

8.2 ANO II - COMO INTEGRAR TEORIA E EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA GERAL?

Na microetnografia procuramos olhar repetidas vezes e analisar detalhadamente as situações de interação humana, focalizando a comunicação, os sujeitos e seus discursos em determinados cenários. Nossa percepção do Ano II está sintetizada a seguir.

Modificações na teoria e no laboratório

- A escolha adequada dos experimentos é fundamental para fomentar a integração entre teoria e prática;
- Novos roteiros são escritos ou adaptados;
- Continuam as dificuldades de começar a utilizar os Vês;
- Uso de diagramas Vê em leitura de textos;
- Critérios de avaliação de relatórios e Vês são ajustados;
- Evita-se o uso de formulários para relatórios ou Vês, para que os alunos os construam, não preencham;
- Busca de uma adequação da linguagem nas aulas e nos textos escritos.
- Alunos e professores começam a perceber as vantagens do Vê frente ao relatório.

Concepções e atitudes dos alunos

- Aplicação do Teste de Concepções sobre Força e Movimento indica prevalência de concepções alternativas e homogeneidade inicial das turmas, em média;

- Respostas à Escala de Atitude sobre Física Geral mostram que a atitude dos alunos sobre a disciplina é, em geral, favorável;
- Escala de Atitudes em Relação à Ciência é construída e aperfeiçoada (testada e validada).

Visão de ciência e do cientista

- Os Vês são utilizados visando uma melhor compreensão das práticas no laboratório e um melhor entendimento de como é o dia-a-dia de um pesquisador experimental;
- Com a adoção dos diagramas Vê nas aulas práticas, o laboratório torna-se o local ideal para explicitar e discutir aspectos epistemológicos;
- Ao longo do curso, buscam-se possíveis evidências de modificações na visão de ciência;
- Entrevistas piloto questionam os alunos sobre as aulas, os Vês, as relações percebidas entre teoria e prática, bem como sobre sua visão de ciência e do cientista;

No Ano II, procurou-se otimizar a utilização de diagramas Vês na disciplina de Física I, principalmente (mas não apenas) nas aulas práticas, explorando o fato destes diagramas serem instrumentos heurísticos capazes de explicitar como a pesquisa científica é feita. A premissa é que, assim como as questões-foco promovem a interação entre os domínios conceitual e metodológico do diagrama, o Vê poderia ser utilizado como instrumento para vincular os dois aspectos complementares (teoria e experimentação) da disciplina de Física I, promovendo sua articulação.

Mas, para aproveitar em profundidade as características dos diagramas Vê, é preciso trabalhar aspectos epistemológicos em sala de aula, o que nos conduz à questão: “2) *Qual é a visão de ciência dos estudantes de física geral?*”. É necessário detectar a visão de ciência dos alunos, suas concepções sobre o cientista e sobre as relações entre ciência e sociedade.

Os diagramas Vê permitem uma abordagem epistemológica nas aulas experimentais, fomentam a discussão sobre como a ciência funciona, como os cientistas trabalham. Após detectar quais são as concepções dos alunos sobre o cientista e a ciência, é o momento de questionar: “3. *Um enfoque epistemológico ao laboratório pode modificar a visão de ciência dos alunos?*” Para tanto, é necessário acompanhar como evolui o conhecimento dos alunos sobre o fazer ciência.

Todos estes aspectos estão presentes no Ano III - Estudo Final, mais aprofundado, onde procuramos colocar em prática o que foi antecipado nos estudos iniciais.

8.3 ANO III - DIAGRAMAS VÊS CONECTANDO TEORIA E EXPERIMENTAÇÃO, PROMOVEDO UM ENFOQUE EPISTEMOLÓGICO AO LABORATÓRIO E MODIFICANDO A VISÃO DE CIÊNCIA DOS ALUNOS

No Estudo Final procuramos implementar as metodologias e as estratégias indicadas e avaliadas nos estudos preliminar e piloto. Começamos constatando a separação teoria-experimentação. Introduzimos os diagramas Vê para fomentar a integração entre teoria e prática. Os diagramas Vê propiciaram a discussão sobre o trabalho dos cientistas e a visão de ciência dos alunos. Os pontos principais são detalhados a seguir.

Modificações na teoria e no laboratório

- Dadas as dificuldades iniciais com os Vês, adota-se inicialmente as 8 questões;
- Adequa-se a linguagem escrita nos textos e roteiros (simplificar termos difíceis, evitar concepções epistemológicas retrógradas, enfatizar posturas epistemologicamente coerentes com a visão contemporânea da ciência);
- Esforço intenso para adequar a linguagem nas aulas;
- Adota-se um modelo específico de correção dos Vês que a torna mais eficiente.

Concepções, atitudes e visão de ciência dos alunos

- Aplicação do Teste de Concepções sobre Força e Movimento indica prevalência de concepções alternativas e homogeneidade inicial das três turmas, em média;
- As várias provas, que supomos medem o conhecimento de física, tiveram coeficientes de fidedignidade razoavelmente elevados, mas médias baixas ou muito baixas.
- Apesar das baixas notas nas provas, as respostas à Escala de Atitude sobre Física Geral indicam que a atitude dos alunos sobre a disciplina é, em geral, favorável;
- Aplicamos a Escala de Atitudes em Relação à Ciência, composta de três fatores: atitude em relação à ciência, visão empirista-indutivista de como a ciência é feita, visão do cientista e sua relação com a sociedade;
- As notas de laboratório não se correlacionam com a atitude *inicial* dos estudantes em relação à ciência ou ao cientista;
- As notas de laboratório correlacionam-se fracamente com a atitude *final* dos estudantes em relação à ciência ou ao cientista, isto é, as estratégias usadas não foram suficientes para mudar efetivamente as visões de ciência dos alunos;
- A avaliação do desempenho da professora indicou pontos a melhorar.

Analisemos um pouco mais o que ocorreu no Ano III.

Inferimos que as dificuldades demonstradas pelos estudantes ao elaborar os diagramas Vê, em especial as questões-foco, o objeto/evento e as asserções de conhecimento, possivelmente se devem às suas concepções epistemológicas. Se os estudantes entendem que a teoria emerge dos experimentos, como poderão iniciar o experimento criando questões? Se crêem que o conhecimento é a soma das respostas obtidas nos laboratórios de pesquisa, como poderão aceitar que a ciência é, na verdade, teorias provisórias imaginadas por pesquisadores criativos? Mais ainda, se não percebem que a ciência é uma eterna movimentação entre ideias e metodologias, mediadas por eventos e objetos da realidade, sobre os quais elaboramos questionamentos e dúvidas, como poderão utilizar esse conhecimento? São precisamente esses os tipos de questões discutidas pelos epistemólogos.

Muitos professores desconhecem Kuhn, Popper e Feyerabend. Ensinam as “leis” definitivas da física. Os alunos, acostumados a essa didática, esperam que continuemos a lhes ensinar “verdades” científicas. Ficam desnorteados quando ensinamos que a ciência tem mais dúvidas e inquietações do que certezas e verdades. Que não há um método único de fazer ciência. Que ideias metafísicas e procedimentos irracionais também podem alavancar o desenvolvimento científico, enquanto uma sequência de passos cuidadosamente executados pode levar a lugar nenhum.

Contudo, modificar a visão de ciência é difícil. O uso do Vê no laboratório e os cuidados da professora em tratar o tema da epistemologia como pano de fundo não foram suficientes para modificar efetivamente a visão de ciência dos alunos. Isso se dá porque as concepções empiristas-indutivistas resultaram de uma aprendizagem significativa e, assim como as concepções alternativas em física, são bastante resistentes à mudança. Contudo, há indícios que elas podem ser modificadas, mas requerem estratégias específicas, explícitas, intensas, similares àquelas que tem sido propostas na literatura para as concepções alternativas.

Como defendem Novak e Gowin (1984), Novak (1989), Gowin e Alvarez (2005), os alunos necessitam de tempo para aprender significativamente sobre a ciência e sobre os diagramas Vê. Precisam se familiarizar gradativamente com o instrumento. O formato final vai ser obtido paulatinamente, sem exigências de rigor excessivo imediato, sem saturação. As 8 Questões podem atuar como organizadores prévios para os diagramas Vê, quer dizer servir de pontes entre o conhecido e o desconhecido (Moreira e Masini, 1982; Moreira, 1983).

Gowin antecipa que as evoluções e as involuções são naturais, esperadas, fluxos antecipados no processo de ancorar novos significados à estrutura cognitiva do aprendiz. É preciso apoiar o aluno em sua caminhada, não exigir perfeição nos primeiros passos. Aumentar as exigências à medida que domina as etapas intermediárias.

Construir diagramas Vê requer concisão, poder de síntese, captar o essencial e refletir sobre o experimento. Requer, portanto, maior carga cognitiva do que outras tarefas. Mas também pode dar mais satisfação, pelo prazer de ter concluído com sucesso uma tarefa difícil.

O trabalho em grupo apresenta vantagens, como viabilizar a interação entre os aprendizes, permitindo que negociem significados. Que exercitem a troca, o intercâmbio, o engrandecimento pessoal. Permite que pensar, agir e sentir ocorram, sejam fomentados. Incentiva que os aprendizes tomem para si a tarefa de aprender, e mesmo de aprender a aprender.

Para Ausubel, os alunos usam seu conhecimento prévio (sobre ensino, física e epistemologia) enquanto aprendem novos tópicos de física em aula. Querer apagar os princípios listados no início do experimento do pêndulo simples nada mais é do que se guiar pelas suas concepções prévias, que indicam que é sempre melhor evitar erros. O papel do erro, seja no ensino ou na ciência, ainda é pouco compreendido.

O professor, enquanto mediador da aprendizagem, deve adequar a fala, os livros, os roteiros de laboratório, para aproximar o aluno do marco epistemológico que espera que ele se aproprie. O professor pode incentivar visões de ciência. Pode e deve discutir em sala de aula como é feita a ciência, como trabalha o cientista.

8.4 À GUIA DE CONCLUSÃO

A “dicotomia” teoria/experimentação no ensino de Ciências (e de Física) é um problema permanente para professores e estudantes. Talvez seja apenas um reflexo da inadequação geral do ensino.

Apesar do caráter restrito dos resultados aqui relatados, foi possível observar depoimentos que mostram indícios de integração entre teoria e experimentação, mas que esta depende fortemente da atuação do professor. Não ficou claro se a integração teoria/laboratório, por si só, facilita a aprendizagem significativa.

Em se tratando da visão de ciência e do cientista, alguns estudantes revelaram ter conhecimento do trabalho do cientista e de como se dá a construção do conhecimento, inclusive relatando a importância das discussões feitas em sala de aula para a consolidação dessa visão. Por outro lado, o estudo parece apontar para dificuldades com muitos estudantes nesse aspecto. Assim, para modificar a visão sobre ciência, não bastaria trazer um enfoque epistemológico como pano de fundo. Seria preciso fazer uma discussão explícita, até para que os estudantes pudessem se dar conta de suas próprias concepções.

A aprendizagem significativa pode ser obtida de muitas formas – via aulas teóricas, via resolução de problemas, via leitura de textos ou capítulos de livros, via discussão com os colegas, via aula de laboratório – de modo que é difícil avaliar a contribuição efetiva da integração teoria/laboratório neste processo. Esse aspecto merece ser estudado mais detalhadamente, inclusive analisando outros dados que dispomos, ou até mesmo realizando estudos posteriores.

O laboratório, enquanto atividade participativa em muito poderia auxiliar na aprendizagem significativa de conceitos e procedimentos. Entretanto, a desvinculação entre teoria e experimentação só piora um quadro dramático de repetência e apatia. Além disso uma visão errônea a respeito da ciência é veiculada ou reforçada, gerando uma dicotomia cada vez maior entre teoria e experimentação. A ciência, que é um processo dinâmico, efervescente, acaba sendo encarada como um produto acabado, definitivo, hermético e sem graça. Este estudo pretendeu trazer alguns subsídios para modificar esse quadro.

O uso do diagrama Vê facilitou a implementação da estratégia, auxiliando no planejamento tanto das aulas teóricas como das atividades de laboratório, atuando como guia para a explicitação das relações entre teoria e experimentação.

A visão empirista-indutivista – visão epistemológica inadequada de como a ciência se desenvolve – tem muitos adeptos nas escolas e universidades. Inclusive muitos cientistas afirmam que seu trabalho se dá nestes cânones. Eles se vêem como aqueles primeiros

cientistas – homens ímpares, corajosos desbravadores, que lutaram quase à morte contra o misticismo, a religião, a crença desmedida, a ignorância – para nos legar o conhecimento verdadeira e cientificamente comprovado. Para todos eles, uma atualização nas visões epistemológicas poderia ser utilizada, se não para outros fins, para modificar as práticas didáticas, tornando-as mais eficientes.

Finalmente, há que lembrar que muitas escolas secundárias sequer oferecem ao aluno (e ao professor) a possibilidade de aulas experimentais. No nosso entender é de fundamental importância que a experimentação seja inserida como uma prática corriqueira no ensino de Física. E que ela, de preferência, tenha um enfoque epistemológico associado ao laboratório, evitando que o esforço seja inútil.

8.5 O QUE ENSINAMOS JUNTO COM A FÍSICA?

É conhecida a aversão de muitos alunos pela Física. Desde muito cedo os estudantes aprendem a não gostar de Física. Mesmo na Universidade, a grande maioria se matricula em disciplinas de Física apenas por imposição curricular. Além disso, a reprovação e a desistência nas disciplinas de Física costumam ser bastante elevadas.

São apontadas como causas do problema o excessivo número de alunos por turma, a falta de professores, equipamentos e instalações. Contudo, a diminuição do número de alunos por turma, a contratação de novos professores, a compra de equipamentos e o uso de novos recursos instrucionais, como projetores e computadores, parece não ter reflexos significativos num ponto: os alunos continuam sem aprender Física. Ou seja, o esforço para criar condições favoráveis para ministrar a disciplina não é condição suficiente para que os alunos sejam aprovados ou mesmo para que adquiram alguma motivação positiva em relação à Física (MOREIRA, 1983).

O fato é que os alunos não gostam de Física provavelmente porque, em geral, o tipo de ensino que recebem é inadequado, não obstante os esforços. As inadequações no ensino de Física são várias. Algumas já foram mencionadas acima. Podemos acrescentar ainda: a falta de atividades experimentais realizadas pelos alunos e até de demonstrações realizadas pelo

professor; programas excessivamente longos; reduzido número de aulas; professores que não dominam o conteúdo ou que não tem habilidade para transmiti-lo.

Mas e quando as aulas experimentais existem e têm se mostrado inúteis? E quando o professor se esforça mas ainda assim os alunos parecem não aprender?

Mesmo um professor que domine o conteúdo e seja capaz de transmiti-lo poderá ensinar de maneira inadequada, na medida em que simplesmente se considerar um emissor com o qual o aluno deve sintonizar.

Muitas vezes o professor pensa que está ensinando corretamente, mas depois percebe que o aluno não está aprendendo. Para ensinar melhor, é preciso *facilitar a aprendizagem* do aluno. Para isso procuram-se métodos, técnicas, recursos instrucionais ou modelos de ensino. A teoria de Ausubel representa uma alternativa viável, que é adequada ao cotidiano das nossas salas de aula. A abordagem ausubeliana pretende que os alunos aprendam Física valorizando a aquisição de conteúdo de maneira clara, estável e organizada.

O ato de ensinar envolve inúmeros aspectos. Cada vez que entra em uma sala de aula, o professor, quase que imediatamente, é investido da autoridade inata deferida aos mestres. O que nos faz pensar sobre a responsabilidade que envolve cada encontro educativo. Cada palavra, cada ato, cada pequena porção de saber ou de não-saber que será discutido, deixará sua marca na mente do estudante que escuta e que dialoga com o professor.

Durante muito tempo o professor foi considerado uma espécie de sábio, um ser superior. Aquela pessoa que mergulhava nos intrincados e inacessíveis mundos do conhecimento e da verdade, e que trazia porções homeopáticas de saber para curar nossa ignorância. Infelizmente o professor é também um profissional que caiu em desgraça, mas que ainda assim tem guardado em alguns gestos um pouco do esplendor grego atribuído apenas aos grandes mestres da Antiguidade.

Distingue-se ainda as diferenças entre o trabalho do professor de disciplinas científicas, em oposição ao professor de Línguas, Humanidades ou Artes. O primeiro tem toda uma tradição que o impele a ser rigoroso, acadêmico, vasto e exigente. A ele não cabe formar opiniões, discutir pontos de vista ou criar espírito crítico em seus alunos. Ele deve moldar, lapidar, preencher o vazio de ciência dos alunos. Sua missão é, portanto, ensinar o

máximo possível do conhecimento consolidado, das verdades herdadas em nosso do patrimônio científico. Suas ideias sobre a ciência e os cientistas não são relevantes. Se ele souber alguns dados históricos sobre a vida dos gênios da ciência ganha alguns pontos com os alunos. Mas é só.

Esta postura é uma falácia. O fato é que, atualmente, o professor de ciência precisa, ao contrário, se aproximar das humanidades e das artes. Necessita aprender a emitir opiniões e cultivar a curiosidade, a crítica e a criatividade de seus alunos. Ensinar hoje requer mudança de concepções, de posturas e de expectativas. Para ensinar física é imprescindível primeiro saber o conteúdo. Mas, cada vez mais nos damos conta que não basta saber física para ser um bom professor de física. O educador precisa compreender como e quando ocorre a aprendizagem, como se relacionar com os alunos, como motivar, como exigir, como instigar. Na sala de aula ele é um ser completo: ao mesmo tempo que fala e age, também veicula pensamentos e sentimentos. Não trabalha apenas com o intelecto, com a razão. Não ensina apenas princípios de física, mas veicula grande quantidade de juízos de valor, muitos deles talvez de forma não-verbal.

Por exemplo, hoje em dia espera-se de todo o cidadão um comprometimento com a saúde do planeta, com a sustentabilidade. Somos constantemente bombardeados pela mídia com os temas reciclagem de lixo, reaproveitamento de recursos, redução de gastos com água potável e energia elétrica, diminuição da poluição do ar e da água, etc. Como professores de física perderemos a oportunidade de mencionar estes temas ao ensinar, por exemplo, a conservação de energia? Ou abordar o perigo que representam as baterias de celular para o meio ambiente? Ou alertar para os perigos que a exposição inadequada aos raios ultravioleta do Sol acarreta? Como professores deixaremos os alunos continuarem a pensar que todo pesquisador é um ser excêntrico, que passa meses trancado em um laboratório e não tem vida social?

Os livros apresentam a ciência como sendo a descoberta de leis a partir de experimentos bem sucedidos. Se nunca ensinamos aos estudantes como realmente a ciência é feita, como podemos esperar que os cidadãos tenham uma visão positiva a respeito da ciência e apoiem o trabalho científico?

Assim como não existe o cientista neutro, tampouco existe o professor neutro. Ensinar é emitir asserções. Asserções de conteúdo e de valor. Pesquisamos à luz de um referencial

teórico-filosófico-epistemológico. Da mesma forma ensinamos ciência à luz de nossas convicções de como se aprende, como se ensina, como é o mundo, como é feita a ciência.

Insiste-se hoje em dia sobre a necessidade de que a natureza da ciência seja compreendida por todos, sejam eles futuros pesquisadores ou leigos. Na vida cotidiana, as ciências estão cada vez mais presentes e o nível de resultados divulgados na mídia é cada vez maior. Os cientistas, cada vez mais especializados, devem adquirir no bacharelado visões sobre as ciências que não praticarão. De fato, um físico ou um engenheiro nuclear está quase tão pouco preparado frente aos avanços atuais da genética quanto um não-cientista. Frente à especialização, deveria se introduzir aos estudantes na universidade uma imagem mais autêntica das ciências (Séré, 2002).

Precisamos dar ferramentas a professores e alunos para dar significado às atividades experimentais em física e realizar uma crítica consistente ao empirismo-indutivismo praticado no ensino de ciências.

REFERÊNCIAS

“Se você rouba ideias de um autor, é plágio.

Se você rouba de muitos autores, é pesquisa.”

Wilson Mizner

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. **Filosofia da Ciência**: introdução ao jogo e suas regras. 15. ed. São Paulo: Brasiliense, 1992. 211 p.
- ALVES, R. **O Que é Científico?** São Paulo: Edições Loyola, 2007. 79 p.
- ASIMOV, I. **Contando as Eras**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986. 235 p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625 p.
- AXT, R.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. da. Experimentação Seletiva e Indissociada de Teoria como Estratégia para Facilitar a Reformulação Conceitual em Física. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 12, p. 139-158, dez. 1990.
- BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W. B.; KELLY, W. C. **Física na Escola Secundária**. 6. ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1971. v. 1. 384 p.
- BLOSSER, P. E. O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 74-78, ago. 1988.
- BOUD, D. J.; DUNN, J.; KENNEDY, T.; THORLEY, R. The Aims of Science Laboratory Courses: a survey of students, graduates and practicing scientists. **European Journal of Science Education**, London, v. 2, n. 4, p. 415-428, 1980.
- BUNGE, M. **Física e Filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2007. 343 p.
- CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Delineamentos Experimentais e Quase-Experimentais de Pesquisa**. São Paulo: EPU; EDUSP, 1979. 138 p.
- CANIATO, R. **As Linguagens da Física**. São Paulo: Ática, 1990. 144 p.
- CARRASCOSA, J.; GIL, D.; PAYA, J. La Transformación de las Prácticas de Laboratorio de Física y Química: un ejemplo de formación del profesorado coherente con las concepciones constructivistas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, p. 221-222, 1993. n. extra.
- CHALMERS, A. F. **O Que é a Ciência, Afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993. 225 p.
- CHALMERS, A. F. **A Fabricação da Ciência**. São Paulo: Ed. da UNESP, 1994. 185 p.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica**: questões e desafios para a educação. 2. ed. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2001. 440 p. (Coleção Educação em Química).
- CHRÉTIEN, C. **A Ciência em Ação**: mitos e limites. Campinas: Papyrus, 1994. 268 p.
- DUMON, A. Formar a los Estudiantes en el Método Experimental: ¿utopía o problema superado? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 1, p. 25-31, 1992.

- FERREIRA, A. B. de H. **Novo Dicionário Eletrônico Aurélio versão 5.0**. Curitiba: Positivo Informática Ltda. 2004. 1 CD-ROM.
- FEYERABEND, P. K. **Contra o Método**. 3. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989. 488 p.
- FEYERABEND, P. K. **Diálogos sobre o Conhecimento**. São Paulo: Perspectiva, 2008. 121 p.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. L. **Lectures on Physics**. Menlo Park: Addison-Wesley, 1963. v. 1, p. 1-9.
- GIL PEREZ, D. La Metodología y la Enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.
- GONZÁLEZ E. M. ¿Qué Hay que Renovar en los Trabajos Prácticos? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 206-211, 1992.
- GOULD, S. J. **A Falsa Medida do Homem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 369 p. (Coleção Ciência Aberta).
- GOULD, S. J. **Darwin e os Grandes Enigmas da Vida**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1992. 274 p.
- GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca: Cornell University Press, 1981. 210 p.
- GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. C. **The Art of Educating with V Diagrams**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 231 p.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 1: mecânica**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1990. v. 1. 332 p.
- GURLEY-DILGER, L. Gowin's Vee - Linking the Lecture and the Laboratory. **The Science Teacher**, Arlington, v. 59, n. 3, p. 50-57, Mar. 1992.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRILL, J. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. v. 1. 300 p.
- HEWITT, P. G. **Conceptual Physics: a high school physic program**. Menlo Park: Addison-Wesley, 1987. Teacher's edition.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685 p.
- HODSON, D. Hacia un Enfoque Más Crítico del Trabajo de Laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1987. 257 p. (Coleção Debates).
- KUHN, T. S. **A Tensão Essencial**. Lisboa: Edições 70, 1989. 421 p.
- LAKATOS, I. **Falsificação e Metodologia dos Programas de Investigação Científica**. Lisboa: Edições 70, 1999. 208 p.

- LUCAS, A. M.; GARCÍA-RODEJA GAYOSO, I. Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 8, n. 1, p. 11-16, 1989.
- MAIZTEGUI, A. P.; SABATO, J. A. **Física**. 8. ed. Buenos Aires: Kapelusz, 1965. v. 1. 450 p.
- MASSONI, N. T. **Epistemologias do Século XX**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005. 96 p. (Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 16, n. 3).
- MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Um Exemplo de Metodologia Qualitativa na Investigação Educativa em Ciências. **Actas del PIDEC**: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Porto Alegre, v. 8, p. 43-99, 2006.
- MOREIRA, M. A. A Non-tradicional Approach to the Evaluation of Laboratory Instruction in General Physics Courses. **European Journal of Science Education**, London, v. 2, n. 4, p. 441-448, 1980.
- MOREIRA, M. A. Avaliação do Professor pelo Aluno como Instrumento de Melhoria do Ensino Universitário. **Educação e Seleção**, São Paulo, n. 4, p. 109-123, 1981.
- MOREIRA, M. A. **Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino de Física**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1983. 189 p.
- MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino**: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do Vê epistemológico de Gowin. São Paulo: EPU, 1990. 94 p.
- MOREIRA, M. A. Investigación en Educación en Ciencias: métodos cualitativos. **Actas del PIDEC**: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Porto Alegre, v. 4, p. 25-53, 2002.
- MOREIRA, M. A. Pesquisa em Ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEC**: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Porto Alegre, v. 5, p. 101-136, 2003.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica / Aprendizaje Significativo Crítico**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005. 47 p.
- MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006. 103 p.
- MOREIRA, M. A.; AXT, R. (Orgs.). **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. 109 p.
- MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1983. 117 p.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982. 112 p.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino do Método Científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993.

- MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. da. **Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem**: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993. 104 p.
- MOURA, J. F. C. de; MOREIRA, M. A. Construção e Validação de Escalas de Atitude em Relação à Escola, à Disciplina de Ciências e à Física. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 42, n. 7, p. 275-276, jul. 1990, v. 1. Suplemento.
- MUÑOZ, H. **Introducción a la Mecánica de Newton**. Santiago: Ediciones Pedagógicas Chilenas, 1990. 164 p.
- NOVAK, J. D. Construtivismo Humano: um consenso emergente. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 6, n. 3, p. 213-223, 1988.
- NOVAK, J. D. Estratégias Metacognitivas para Ajudar Alunos a Aprender a Aprender. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 32-36, abr. 1989.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 200 p.
- NUNNALLY, J. C. **Introducción a la Medición Psicológica**. Buenos Aires: Editorial Paidós, 1973. 619 p. (Coleção biblioteca de psicometría y psicodiagnostico, serie mayor, v. 36).
- OSTERMANN, F. A Epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 184-196, dez. 1996.
- POPPER, K. R. **O Realismo e Objectivo da Ciência**: 1º volume do pós-escrito à lógica da descoberta científica. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1987. 418 p.
- POPPER, K. R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. 5. ed. São Paulo: Cultrix, 1993. 567 p.
- PRETTO, N. De L. **A Ciência nos Livros Didáticos**. Campinas: Editora da UNICAMP; Bahia: Universidade Federal da Bahia, 1985. 95 p.
- REGNER, A. C. K. P. Feyerabend e o Pluralismo Metodológico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 231-247, dez. 1996.
- SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985. v. 1. 251 p.
- SÉRÉ, M.-G. La Enseñanza en el Laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 357-368, 2002.
- SHAW, M. E.; WRIGHT, J. M. **Scales for the Measurement of Attitudes**. New York: McGraw-Hill, 1967. 604 p.
- SILVEIRA, F. L. da. Construção e Validação de uma Escala de Atitude em Relação a Disciplinas de Física Geral. **Revista Brasileira de Física**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 871-878, dez. 1979.
- SILVEIRA, F. L. da. A Filosofia da Ciência de Karl Popper e suas Implicações no Ensino da Ciência. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. (Org.). **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto

Alegre: Sagra, 1991. p. 62-78.

SILVEIRA, F. L. da. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 197-218, dez. 1996a.

SILVEIRA, F. L. da. A Metodologia dos Programas de Pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, dez. 1996b.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A. Avaliação do Desempenho do Professor pelo Aluno: evidências de validade de um instrumento. **Ciência e Cultura**, São Paulo, n. 36, v. 3, p. 466-472, mar. 1984.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um Teste para Detectar se o Aluno Possui a Concepção Newtoniana sobre Força e Movimento. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 2047-2055, dez. 1986.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um Teste para Detectar se o Aluno Possui Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples. **Ciência e Cultura**, São Paulo, n. 41, v. 11, p. 1129-1133, nov. 1989.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura Interna de Testes de Conhecimentos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validación de un Test para Verificar si el Alumno Posee Concepciones Científicas sobre Calor, Temperatura y Energía Interna. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. 14, v. 1, p. 75-86, 1996.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; NUNES, A. D. Avaliação do Desempenho do Professor pelo Aluno: novas evidências de validade de um instrumento. **Ciência e Cultura**, São Paulo, n. 37, v. 8, p. 1237-1240, ago. 1985.

TAMIR, P. Training Teachers to Teach Effectively in the Laboratory. **Science Education**, New York, v. 73, n. 1, p. 59-69, 1989.

TIPLER, P. A. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985. 2 v.

VARGAS, M. A. Evolução da Ciência Moderna. **Revista Brasileira de Filosofia**, São Paulo, n. 77, p. 16-27, 1978.

VIANNA, H. M. **Testes em Educação**. São Paulo: IBRASA; Fundação Carlos Chagas, 1973. 220 p.

VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. **European Journal of Science Education**, London, v. 1, n. 2, p. 205-221, Apr./June 1979.

VILLANI, A.; PACCA, J. de A.; HOUSOME, Y. Concepção Espontânea sobre Movimento. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 37-45, jun. 1985.

WATSON, J. D. **A Dupla Hélice**: um relato pessoal da descoberta da estrutura do ADN. Lisboa: Gradiva, 1987. 280 p. (Coleção Ciência Aberta).

ZYLBERSZTAJN, A. Revoluções Científicas e Ciência Normal na Sala de Aula. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. (Orgs.). **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. p. 47-61.

APÊNDICES

*“A genialidade é 1% inspiração
e 99% transpiração.”*

**Thomas Edison,
inventor americano**

APÊNDICE A

EXEMPLO DE TESTE DE LABORATÓRIO

FURG – DEP. DE FÍSICA – FÍSICA I – ANO I – 1º TESTE DE LABORATÓRIO

ATENÇÃO: Assinale *APENAS UMA* alternativa para cada questão!!!

1ª Experiência – PÊNDULO SIMPLES – Medimos os períodos para vários comprimentos do fio (30, 35, 40, 45 e 50 cm).

1. O objetivo principal da 1ª experiência é:
 - a () verificar que o período do pêndulo não depende da massa m .
 - b () verificar que o período do pêndulo não depende da amplitude θ .
 - c () verificar que o período do pêndulo depende do comprimento ℓ do fio.
 - d () verificar experimentalmente que, para pequenas amplitudes, $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$.
 - e (X) encontrar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade local.

2. A principal fonte de erro nesta experiência é:
 - a () atrito com o ar.
 - b (X) imprecisão ao acionar o cronômetro.
 - c () imprecisão na medida da massa m .
 - d () problemas no cronômetro.
 - e () dificuldade na medida da amplitude θ .

3. Para diminuir o erro desta experiência:
 - a () usamos esferas com massa quase desprezível.
 - b (X) medimos o tempo de 10 oscilações.
 - c () fizemos sempre a mesma amplitude.
 - d () usamos grandes comprimentos do fio.
 - e () tomamos cuidado para não haver vibrações da massa m .

4. Sabendo-se que $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$ e plotando y contra x , ou seja, y na vertical e x na horizontal, qual das seguintes alternativas fornece como declividade da reta a aceleração da gravidade g ?
 - a () $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$, fazendo $y = T$ e $x = \sqrt{\ell}$.
 - b () $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$, fazendo $y = T$ e $x = 2\pi\sqrt{\ell}$.
 - c () $T^2 = 4\pi^2 \ell/g$, fazendo $y = T^2$ e $x = 4\pi^2 \ell$.
 - d (X) $4\pi^2 \ell = gT^2$, fazendo $y = 4\pi^2 \ell$ e $x = T^2$.
 - e () $4\pi^2 \ell = gT^2$, fazendo $y = 4\pi^2 \ell$ e $x = T$.

5. NÃO poderíamos determinar g como o fizemos caso:

- a () tivéssemos grandes massas.
- b (X) fizéssemos grandes amplitudes.
- c () tivéssemos grandes comprimentos do fio.
- d () estivéssemos a grandes latitudes.
- e () tivéssemos massas cilíndricas ao invés de esféricas.

*2ª Experiência – ESTUDO DE UM MOVIMENTO RETILÍNEO –
Medimos os tempos para vários deslocamentos (20, 40, 60, 80 e 100 cm).*

6. O trilho de ar é utilizado por:

- a () diminuir o atrito do carrinho com o ar.
- b () ser plano e retilíneo.
- c (X) diminuir o atrito entre a superfície e o carrinho.
- d () facilitar as medidas das posições ou deslocamentos.
- e () ser um equipamento moderno e econômico.

7. O objetivo principal da 2ª experiência é:

- a (X) determinar o tipo de movimento realizado.
- b () comprovar que o movimento é retilíneo.
- c () verificar que o movimento é desacelerado.
- d () certificar-se que se trata de um movimento uniforme.
- e () verificar que há mais de um movimento envolvido.

8. Se o gráfico do deslocamento Δx contra o tempo t resulta numa reta (não-horizontal) temos:

- a () repouso.
- b (X) movimento uniforme.
- c () movimento uniformemente variado.
- d () composição de movimentos.
- e () nada podemos afirmar.

9. Se o gráfico do deslocamento Δx contra o tempo t NÃO resulta numa reta, temos:

- a () repouso.
- b () movimento uniforme.
- c () movimento uniformemente variado.
- d () composição de movimentos.
- e (X) nada podemos afirmar.

10. Se o gráfico do deslocamento Δx contra o tempo t^2 resulta numa reta (não-horizontal), temos:

- a () repouso.
- b () movimento uniforme.
- c (X) movimento uniformemente variado.
- d () composição de movimentos.
- e () nada podemos afirmar.

11. Sabendo que o ângulo de inclinação do trilho é de aproximadamente 1° ($\text{sen } 1^\circ = 0,017$; $\text{cos } 1^\circ = 1,000$), qual dos seguintes valores é aceitável para a aceleração do carrinho?

- a () $0,017 \text{ cm/s}^2$
- b () $0,17 \text{ cm/s}^2$
- c () $1,7 \text{ cm/s}^2$
- d (X) $17,0 \text{ cm/s}^2$
- e () 170 cm/s^2
- f () 978 cm/s^2

12. Os cuidados para diminuir as possibilidades de erros nesta experiência NÃO incluem:

- a (X) soltar o carrinho sempre da posição 100 cm, independente do deslocamento que se está medindo.
- b () evitar que uma pessoa largue o carrinho e outra acione o cronômetro.
- c () olhar atentamente para o ponto zero, de frente, evitando paralaxe.
- d () verificar inicialmente se o trilho está nivelado e se não há ar demais sob o carrinho.
- e () fazer várias medidas de tempo para cada deslocamento.

13. Se aumentássemos um pouco a inclinação θ do trilho:

- a () a aceleração do carrinho diminuiria.
- b () a aceleração do carrinho permaneceria a mesma.
- c (X) a aceleração do carrinho aumentaria.
- d () o carrinho levaria o mesmo tempo para percorrer 100 cm.
- e () a velocidade do carrinho seria menor ao final do trilho.
- f () seria possível encontrar uma aceleração de 978 cm/s^2 .

3ª Experiência – MOVIMENTO DO PROJÉTIL – Deixamos a esfera rolar da canaleta para o plano inclinado (vidro), descrevendo sua trajetória com um carbono sobre o papel milimetrado.

14. O objetivo principal da 3ª experiência é:

- a () calcular a aceleração a_y no eixo inclinado.
- b () calcular a velocidade do projétil ao final do plano inclinado (vidro).
- c () analisar um movimento retilíneo.
- d () calcular a declividade da reta y contra x^2 .
- e (X) identificar os movimentos retilíneos que compõem o movimento do projétil.
- f () observar que a trajetória descrita pelo projétil é uma hipérbole.

15. Se o gráfico y contra x^2 NÃO resulta numa reta (pontos dispersos):

- a () a trajetória y contra x não é uma parábola.
- b () o movimento em x não é uniforme.
- c () o movimento em y não é uniforme.
- d (X) o lançamento não foi horizontal.
- e () não conseguimos eliminar o atrito entre a esfera e o vidro.
- f () ainda podemos calcular a velocidade v_0 usando $y = (a_y/2v_0^2)x^2$.

16. Qual alternativa apresenta um valor razoável para a velocidade v_0 de saída da canaleta?

- a () 247 m/s
- b () 24,7 m/s
- c () 2,47 m/s
- d (X) 0,247 m/s
- e () 0,0247 m/s

4ª Experiência – MEDIDAS DE FORÇA – Medimos a posição do anel da mola para diferentes massas penduradas (5, 10, 15, ..., 45 g).

17. O objetivo principal da 4ª experiência é:

- a (X) observar a deformação da mola quando submetida a diferentes forças.
- b () observar a força da mola quando submetida a diferentes deformações.
- c () calcular a força máxima que a mola suporta.
- d () verificar que a energia da mola depende da deformação.
- e () observar a relação entre força e posição.
- f () verificar que a constante da mola depende da deformação.

18. O gráfico força contra deformação:

- a () é uma reta para qualquer deformação.
- b () é uma reta para qualquer força.
- c (X) necessariamente passa pela origem.
- d () torna-se decrescente depois de um certo valor da força.
- e () depende do comprimento inicial da mola.

19. A variável dependente na mola é:

- a (X) a deformação.
- b () a força aplicada.
- c () o peso.
- d () a constante elástica.
- e () o deslocamento.

20. Se você recebesse hoje outra mola idêntica à da experiência, mas com o dobro do comprimento, você afirmaria que esta mola:

- a () possui o dobro da constante elástica k .
- b () possui a metade da constante elástica k .
- c (X) possui a mesma constante elástica k .
- d () suporta o dobro das forças que a anterior.
- e () nada podemos afirmar.

21. Do gráfico força contra deformação concluímos:

- a () a força varia quadraticamente com a deformação.
- b () a deformação varia quadraticamente com a força.
- c () força e deformação são proporcionais, mas não sabemos de que forma.
- d (X) a deformação varia linearmente com a força.
- e () força e deformação não são diretamente proporcionais.

22. Sabendo que a lei de Hooke é $F = k \cdot \Delta x$, NÃO podemos afirmar que:

- a k é a declividade da reta F contra Δx .
- b k é a constante de proporcionalidade entre F e Δx .
- c k é a constante da mola.
- d k depende da deformação.
- e k independe da força aplicada.

23. A unidade de t^2 é:

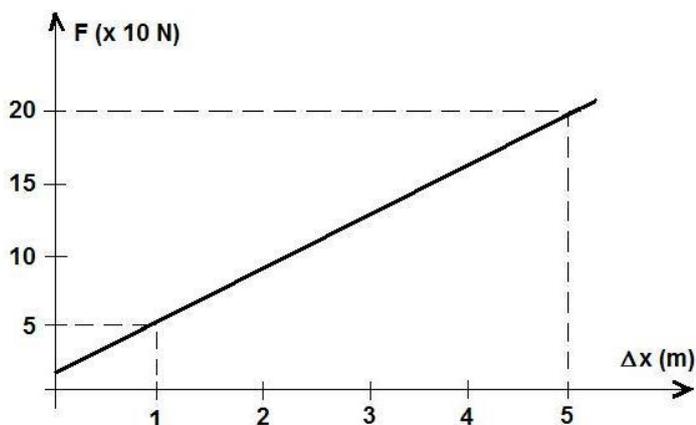
- a s
- b s^{-1}
- c s^2
- d s^{-2}
- e cm/s

24. A declividade da reta:

- a não tem unidades.
- b é sempre em cm/s^2 .
- c fornece sempre a aceleração do movimento.
- d depende do fato da reta passar na origem ou não.
- e é uma constante física que depende da experiência.

25. Quanto vale a declividade da reta ao lado?

- a 2,5 N/m
- b 3,75 N/m
- c 25 N/m
- d 37,5 N/m
- e 40 N/m
- f 50 N/m



QUESTÃO DISCURSIVA: MÁXIMO 10 LINHAS!

26. Explique como você poderia construir um dinamômetro (medidor de forças) dispondo de uma mola. Que procedimentos devem ser tomados? Que tipo de forças seria possível medir? Quaisquer valores? Existe limite? Explique.

APÊNDICE B

EXEMPLOS DE ROTEIROS EXPERIMENTAIS

B1 - ROTEIRO PÊNDBULO SIMPLES

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - DISCIPLINAS FÍSICAS I (ANUAIS) ANÁLISE DO MOVIMENTO DE UM PÊNDBULO SIMPLES

Um pêndulo simples consiste de uma massa presa a um fio, que é largada de uma certa amplitude (ângulo que o fio faz com a posição de equilíbrio) e descreve um movimento periódico (que se repete).

O período do pêndulo é o tempo que o pêndulo gasta para realizar um ciclo completo, ou seja, sair da posição A, passar por B, chegar a C, passar novamente por B e retornar a A.

O objetivo desta atividade é que você investigue este movimento. Você quer saber que variáveis influenciam o período do pêndulo, ou seja, você está interessado em encontrar uma relação entre o período (chamemos de T) e as outras grandezas do problema (massa, amplitude, comprimento do fio, temperatura da sala, pressão atmosférica, o meu humor, etc., etc., etc.).

a) Você vai inicialmente discutir com seus colegas sobre quais são as grandezas que podem afetar o problema e selecionar as mais importantes. Você pode ainda justificar (argumentar) sobre a inclusão ou exclusão de cada uma.

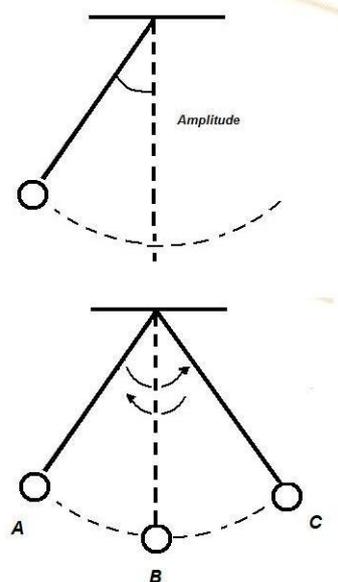
b) Formule claramente a sua teoria. A experiência serve como um dos testes para as teorias. Você deve ter uma teoria para testar. Você não pode chegar no laboratório e fazer uma experiência sem ter nada em mente. Então formule sua teoria explicitamente:

O período do pêndulo depende de pois

O período do pêndulo depende de pois

O período do pêndulo não depende de pois

(Use quantas frases forem necessárias)



c) Concluído o passo anterior teste a sua teoria. Lembre-se que ao fazer a experiência você deve incluir um número suficiente de medidas do período para cada variável. Por exemplo, aconselha-se sempre a medir o tempo de 10 períodos seguidos e depois dividir por 10 para obter o valor de um período. Repita este procedimento várias vezes. Depois organize uma tabela onde consta os vários períodos medidos e o valor do período médio.

d) Se necessário, faça gráficos.

e) Organize os dados e resultados obtidos. Faça uma síntese ao final.

f) Comente as possíveis causas de erro em cada caso e como poderíamos proceder para minimizá-los.

PARA O TRABALHO ESCRITO, SIGA O ROTEIRO:

1. Qual é a questão-chave (\equiv problema) que você está tentando resolver?
2. Esta questão se refere a que fato (\equiv evento, experiência)?
3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?
4. Qual é a sua teoria (\equiv conjunto de frases, enunciados)?
5. Como você fez para testar sua teoria?
6. Como você pode resumir os resultados obtidos? (Não esqueça de relacionar o que você pensou no item 4 com estas respostas)
7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?
8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?

B2 - ROTEIRO MOLA E ATILHO

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - DISCIPLINAS DE FÍSICAS I (ANUAIS)

ANÁLISE DE UMA MOLA E DE UM ATILHO

Forças podem causar dois tipos de efeitos sobre um corpo: acelerar o corpo ou deformá-lo. Uma mola é um elemento mecânico que pode ser deformado quando aplicamos sobre ela um peso.

Você dispõe de uma mola e de várias massas para estudar como varia a deformação da mola. Antes, porém, discuta com seus colegas algumas questões:

- Como são as deformações da mola? Do que dependem essas deformações?
- As deformações se modificam quando a força aumenta muito?
- Se você receber outra mola, mais comprida, a deformação dela será igual ou diferente da mola inicial?
- Se você receber outra mola mais dura, a deformação dela será igual ou diferente da mola inicial?

Robert Hooke foi o primeiro a propor que havia uma relação linear entre a força aplicada sobre a mola e a deformação sofrida por ela. A constante que liga essas duas variáveis, representada por k , é chamada constante elástica da mola e é uma característica da mola. A lei de Hooke nos informa que:

$$F_{aplicada} = k \Delta x \quad (1)$$

ou

$$F = k (x - x_0) \quad (2)$$

Você dispõe de uma mola de constante k desconhecida e você pretende resolver duas questões:

- 1) A relação entre a força aplicada e a deformação é dada pela equação 1?
- 2) Neste caso, quanto vale a constante elástica da mola?

Para tanto, você deve aplicar várias forças conhecidas, medir as deformações obtidas para cada força e construir o gráfico da força aplicada contra a deformação.

A força conhecida utilizada será a força peso de vários objetos. Inicialmente determine as massas de cada um na balança. Faça combinações com os pesos a fim de obter várias forças diferentes.

Para a medição das deformações é comum escolher um anelzinho da mola e marcar sua posição inicial e a seguir marcar a posição do mesmo anel quando a mola esta distendida. Ao efetuar estas medições você deve evitar ao máximo a ocorrência de erro de paralaxe, ou seja, deve manter a cabeça sempre em frente ao anel escolhido, evitando olhar de cima ou de baixo. Organize seus resultados numa tabela:

x₀ = cm

| Massa (kg) | F _{aplicada} (N) | Deformação (cm) |
|------------|---------------------------|-----------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Construa o gráfico $F_{aplicada}$ (N) contra deformação Δx (cm). O gráfico corrobora (concorda com) a premissa de que a relação entre a força e a deformação é linear?

Neste gráfico, o que significa a declividade da reta? Observe que a declividade da reta em Física é uma grandeza que possui unidades. Dados dois pontos 1 e 2 sobre uma reta, a declividade pode ser calculada por:

$$declividade = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1}$$

Discuta:

- O que determina o valor desta declividade? (Do que ela depende?)
- O comportamento linear da mola vale para qualquer força aplicada?
- Quais as principais fontes de erro desta experiência?

SEGUNDA PARTE

Repita a experiência com um atilho. Organize seus dados numa segunda tabela. Construa o novo gráfico. Quais as diferenças entre o atilho e a mola?

PARA O TRABALHO ESCRITO, SIGA O ROTEIRO:

1. Qual é a questão-chave (= problema) que você está tentando resolver?
2. Esta questão se refere a que fato (= evento, experiência)?
3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?
4. Qual é(são) a(s) teoria(s) utilizada(s) como ponto de partida para o raciocínio?
5. Como você fez para testar sua idéias?
6. Como você pode resumir os resultados obtidos? (Não esqueça de relacionar aquilo de onde você partiu no item 4 com os resultados experimentais)
7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?
8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?

B3 - ROTEIRO COLISÃO

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - DISCIPLINAS DE FÍSICAS I (ANUAIS) ANÁLISE DE UMA COLISÃO

Colisão é um evento no qual forças internas relativamente grandes atuam entre as partículas que colidem, durante um intervalo de tempo relativamente pequeno. Como as forças externas são muito menores que as forças internas, podemos dizer que a colisão é um evento isolado, ou seja, que a força externa resultante é nula.

Você vai realizar uma colisão, analisando os conceitos físicos envolvidos, especialmente no que se refere ao princípio de conservação da quantidade de movimento linear

“Quando a resultante das forças que atua num sistema é nula, então o VETOR momento linear do sistema permanece constante (se conserva).”

Além disso você vai classificar se a colisão foi elástica ou não. Numa colisão elástica, além da conservação do momento linear, ocorre também a conservação da energia cinética.

A colisão será realizada ao final de um plano inclinado apenas porque isso permitirá a determinação dos valores das velocidades das esferas antes e depois do choque. Inicialmente é necessário marcar a posição das esferas sobre o papel ofício, que deve ser colocado embaixo da rampa.

A seguir solta-se a primeira esfera sozinha, usando o papel-carbono para marcar seu alcance. Repete-se essa operação pelo menos cinco vezes, tendo o cuidado de soltar a esfera sempre da mesma posição.

Depois coloca-se a segunda esfera na posição lateral, de modo que a colisão ocorra de raspão. Solta-se a primeira bola, do mesmo local anterior, efetuando a colisão também cinco vezes. Tanto a velocidade inicial como as velocidades finais são determinadas pelos alcances das esferas.

No movimento de projétil, a esfera cai uma altura h (altura do plano inclinado) ao mesmo tempo que percorre uma distância x horizontal (com velocidade constante). Assim, temos:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{e} \quad x = vt.$$

Meça as massas das esferas e a altura do plano inclinado e anote os dados obtidos. Calcule o tempo de queda. Por que ele independe da bola considerada?

$$\begin{array}{l} m_1 = \quad \quad \quad kg \\ m_2 = \quad \quad \quad kg \\ h = \quad \quad \quad m \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{2h/g} = \quad \quad \quad s \end{array}$$

Atenção: repita várias vezes o procedimento de soltar as esferas a fim de minimizar os erros de medição.

Com suas medidas, complete a tabela:

| $x \text{ (m)}$ | $v \text{ (m/s)}$ | $P \text{ (kg.m/s)}$ | $K \text{ (J)}$ |
|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| $x_{1i} =$ | $v_{1i} = x_{1i}/t =$ | $P_{1i} = m_1v_{1i} =$ | $K_{1i} = m_1v_{1i}^2/2 =$ |
| $x_{2i} = 0$ | $v_{2i} = 0$ | $P_{2i} = 0$ | $K_{2i} = 0$ |
| $x_{1f} =$ | $v_{1f} = x_{1f}/t =$ | $P_{1f} = m_1v_{1f} =$ | $K_{1f} = m_1v_{1f}^2/2 =$ |
| $x_{2f} =$ | $v_{2f} = x_{2f}/t =$ | $P_{2f} = m_2v_{2f} =$ | $K_{2f} = m_2v_{2f}^2/2 =$ |

Sabemos que $\vec{P}_1 = \vec{P}_{1i}$. Por quê?

Por que não podemos somar \vec{P}_{1f} e \vec{P}_{2f} para obter \vec{P}_f ?

Para obter os vetores momento linear inicial \vec{P}_i e momento linear final \vec{P}_f vamos utilizar um procedimento gráfico. Copiamos as direções de x_{1i}, x_{1f} e x_{2f} numa folha de papel e sobre essas direções desenharemos os vetores quantidade de movimento linear. A seguir somamos graficamente \vec{P}_{1f} e \vec{P}_{2f} , obtendo assim \vec{P}_f .

Qual foi o valor obtido do vetor \vec{P}_f ? O momento linear se conservou? Qual foi o desvio percentual entre os valores de \vec{P}_i e de \vec{P}_f ? Houve desvio em direção?

Compare as energias cinéticas K_i e K_f . A colisão foi elástica?

PARA O TRABALHO ESCRITO, SIGA O ROTEIRO:

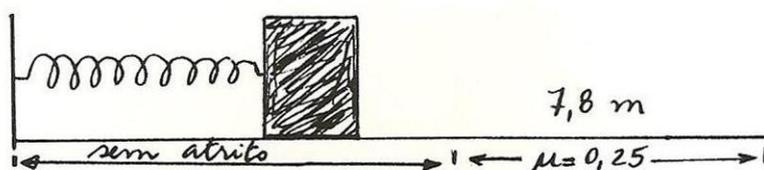
1. Qual é a questão-chave (= problema) que você está tentando resolver?
2. Esta questão se refere a que fato (= evento, experiência)?
3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?
4. Estes conceitos se organizam em princípios. Quais são eles?
5. Princípios fazem parte de uma teoria, que é mais geral. Qual é a teoria envolvida neste experimento?
6. Como você fez para testar suas idéias? Quais os registros (medidas) que foram efetuados?
7. Que transformações foram efetuadas com os registros e quais os resultados obtidos destas transformações?
8. Faça uma afirmativa que resuma o conhecimento produzido nessa experiência.
9. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Qual o valor deste trabalho?
10. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?

APÊNDICE C - EXEMPLO DE TRABALHO

FURG – DEP. DE FÍSICA – FÍSICAS I (ANUAIS) – ANO III – PROBLEMAS

PROBLEMA 1

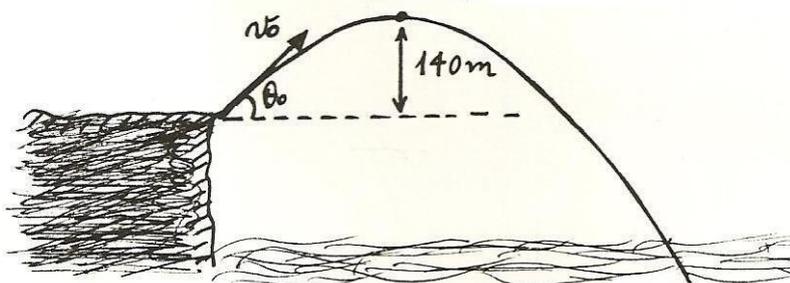
De acordo com o que mostra a figura, um bloco de 3,5 kg solta-se de uma mola comprimida, cuja constante elástica é 640 N/m. Após abandonar a mola, o bloco desloca-se por uma superfície horizontal, por uma distância de 7,8 m, antes de parar. O coeficiente de atrito entre o bloco e a superfície é 0,25.



- Qual foi o trabalho realizado pela força de atrito para parar o bloco?
- Qual foi a energia cinética máxima do bloco?
- De quanto a mola foi comprimida antes de o bloco ser liberado?
- Quais os conceitos físicos importantes para responder este problema?
- Quais são os princípios/teorias utilizados como ponto de partida para resolver o problema?
- Crie uma questão adicional sobre este problema.

PROBLEMA 2

Um projétil de massa 0,55 kg é lançado com um ângulo θ , da beira de um rochedo, com uma energia cinética inicial de 1.550 J e o seu ponto mais alto está a 140 m acima do ponto de lançamento.



- Qual é a componente horizontal da velocidade do projétil?
- Qual é a componente vertical da velocidade do projétil no instante de lançamento?
- Em um certo instante de voo, a componente vertical da velocidade é 65 m/s. Este ponto ocorre acima ou abaixo da posição de lançamento? Neste instante qual a distância ao ponto de lançamento?
- Quais os conceitos físicos importantes para responder este problema?
- Quais são os princípios (e teorias) utilizados como ponto de partida para resolver o problema?
- Crie uma questão adicional sobre este problema.

APÊNDICE D

EXEMPLOS DE PROVAS APLICADAS

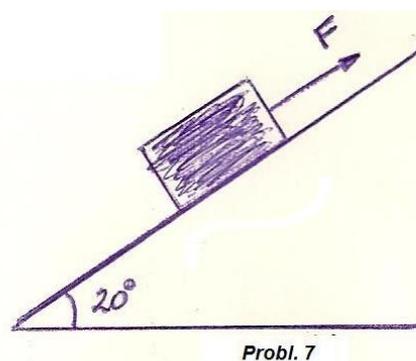
D1 - EXEMPLO DA 1ª PROVA

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA FÍSICA GERAL I – TURMAS AB – ANO III – PRIMEIRO TESTE: DINÂMICA

1. CRITIQUE, JUSTIFICANDO.

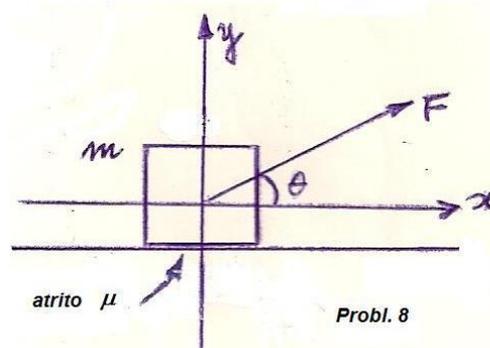
- a) O movimento de um corpo ocorre sempre na direção da força resultante.
 - b) As leis de Newton valem apenas na Terra e seus arredores.
 - c) A normal é a reação ao peso.
 - d) Massa é a capacidade de um corpo ser atraído (ou atrair) gravitacionalmente outro corpo que tenha massa.
 - e) Um quilograma de ferro possui o mesmo número de átomos que um quilograma de água.
 - f) Os corpos com muita inércia movem-se sempre muito lentamente.
2. Como podemos entender que a massa de um próton seja 1836 vezes maior que a massa de um elétron? Apresente um conceito de massa compatível.
 3. Se sobre um corpo atua uma única força, ele pode estar em repouso? Pode estar em movimento? Em caso afirmativo, que tipo de movimento?
 4. Conceitue e diferencie massa e peso. Dê um exemplo de uma situação física em que o conceito relevante seja a massa e um em que o peso seja relevante.
 5. A Terra move-se ao redor do Sol seguindo uma trajetória circular. Neste caso, como a força de atração que o Sol exerce sobre a Terra modifica o movimento da Terra?
 6. Misturamos 25 cm^3 de areia com 25 cm^3 de água.
 - a) O volume obtido é 50 cm^3 ? Justifique.
 - b) Isto viola a lei de conservação de massa? Por quê?

7. Um bloco pesando 80 N está apoiado em um plano inclinado em 20° com a horizontal (veja a figura). O coeficiente de atrito estático é $0,25$ e o cinético é $0,15$.
 - a) Qual é o valor mínimo da força F para que o bloco não escorregue?
 - b) Qual é o valor mínimo da força F para iniciar o movimento para cima?
 - c) Que força F é necessária para mover o bloco para cima com velocidade constante?



Probl. 7

8. Para o bloco mostrado na figura ao lado:
 - a) Faça o diagrama do corpo livre, indicando todas as forças que atuam no bloco.
 - b) Monte as equações nas direções x e y indicadas.



Probl. 8

D2 - EXEMPLO DA 3ª PROVA

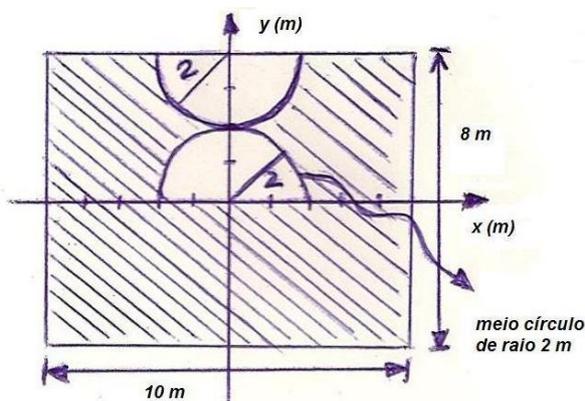
FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA FÍSICA I-M – TURMA U – ANO III TERCEIRO TESTE: SISTEMA DE PARTÍCULAS E COLISÕES

RAPIDINHAS

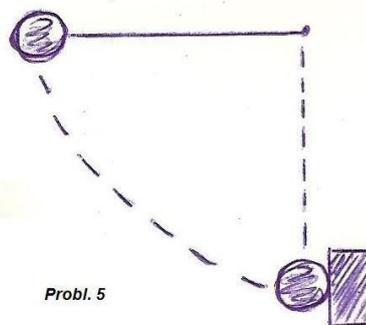
1. Que propriedades possui o centro de massa de um sistema de partículas?
2. Apresente a segunda lei de Newton para um sistema de partículas, explicando seu significado conceitual.
3. É possível ocorrer a conservação do momento linear sem que exista conservação da energia mecânica (ou cinética) do sistema?

PROBLEMAS

4. Determine a posição do centro de massa da figura ao lado (x e y).



5. Uma bola de aço de 0,5 kg, amarrada a uma corda de 0,7 m de comprimento, é largada quando a corda está na horizontal. Na parte mais baixa de sua trajetória, a bola atinge um bloco de aço de 2,5 kg, inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. A colisão é elástica. Determine:
 - a) a velocidade da bola logo após a colisão.
 - b) a velocidade do bloco logo após a colisão.



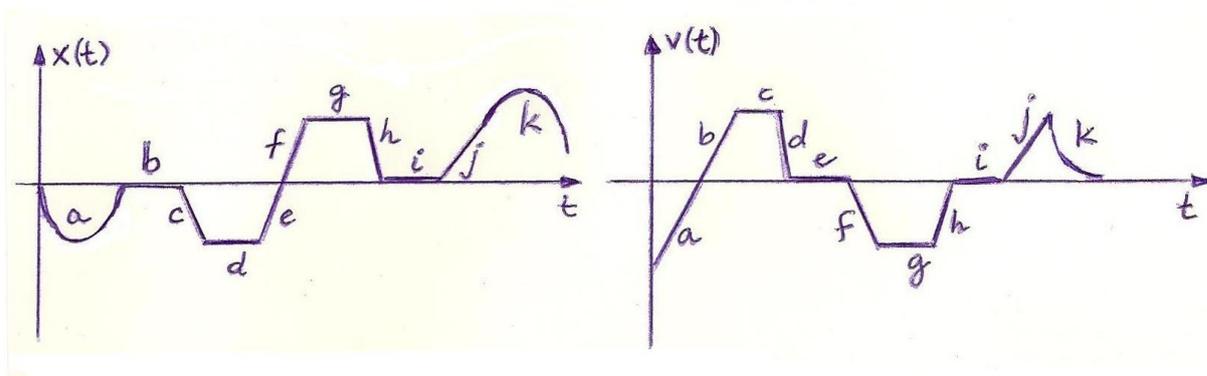
Probl. 5

6. Uma bola, com massa de 4 kg e uma velocidade de 1,2 m/s, colide frontalmente com outra bola de 5 kg de massa que se move com velocidade igual a 0,6 m/s no mesmo sentido. Supondo colisão elástica, calcule:
 - a) as velocidades das bolas após a colisão.
 - b) o momento linear do sistema depois da colisão.
 - c) o impulso recebido por cada bloco.
7. Dois corpos A e B, ambos de massa 2 kg, colidem. As velocidades antes da colisão são: $\mathbf{v} = 5 \mathbf{i} + 3 \mathbf{j}$ e $\mathbf{v} = -10 \mathbf{i} + 15 \mathbf{j}$. Após a colisão sabemos que $\mathbf{v}' = -5 \mathbf{i} + 12 \mathbf{j}$. Todas as velocidades são em metros por segundo.
 - a) Qual é a velocidade final do corpo B?
 - b) Que quantidade de energia cinética foi ganha ou perdida na colisão?

D3 - EXEMPLO DA 4ª PROVA

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FÍSICA I/EQA – TURMAS AC – ANO III
QUARTO TESTE : CINEMÁTICA DE TRANSLAÇÃO E DE ROTAÇÃO

1. Suponha que os movimentos descritos nos gráficos abaixo são retilíneos. Para cada trecho indicado, diga qual é o movimento mostrado, e se a aceleração é positiva (+), negativa (-) ou nula (0).



| | GRÁFICO $x(t)$ (POSIÇÃO x TEMPO) | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRECHOS | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k |
| Tipo de Movimento | | | | | | | | | | | |
| Sinal da Aceleração | | | | | | | | | | | |

| | GRÁFICO $v(t)$ (VELOCIDADE x TEMPO) | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRECHOS | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k |
| Tipo de Movimento | | | | | | | | | | | |
| Sinal da Aceleração | | | | | | | | | | | |

2. A posição de uma partícula movendo-se ao longo de um círculo é dada por $\theta(t) = 3 - 4t + 5t^2 - 2t^3$, onde θ é dado em radianos e t em segundos.
- Escreva as expressões da velocidade angular e da aceleração angular da partícula em função do tempo.
 - Onde está a partícula nos instantes 1s e 3s?
 - Qual a velocidade angular média no intervalo de 1s a 3s?
 - Qual é a velocidade angular instantânea nos tempos 1s e 3s?
 - Qual é a aceleração angular média no intervalo de 1s a 3s?
 - Qual é a aceleração angular instantânea nos tempos 1s e 3s?
 - Existe uma força resultante atuando nesta partícula? Por quê?

3. Um trem parte do repouso e move-se com aceleração constante. Em certo instante, a sua velocidade é de 30 m/s , mas 160 m depois (desse instante) a velocidade é de 50 m/s . Calcule:
- a aceleração constante do trem;
 - o tempo necessário para percorrer os 160 m ;
 - o tempo necessário para atingir a velocidade de 30 m/s ;
 - a distância percorrida do repouso à velocidade de 30 m/s .
4. a) Com que velocidade uma pedra deve ser jogada verticalmente para cima de modo a atingir uma altura de $20,4 \text{ m}$?
- Quando ela chega no ponto mais alto, qual sua aceleração?
 - Durante quanto tempo ela permanecerá no ar?
 - Qual a velocidade da pedra no instante que ela atinge o solo?
5. Um projétil é disparado com velocidade inicial de 30 m/s , fazendo um ângulo de 60° com a horizontal.
- Qual é a velocidade do ponto mais alto?
 - Qual é a aceleração do ponto mais alto?
 - Quanto tempo o projétil permanece no ar?
 - Qual o alcance deste projétil?
6. A Lua gira em torno da Terra completando uma revolução em $27,3 \text{ dias}$. Suponha que sua órbita seja circular e tenha um raio de 385.000 km . (Atenção às unidades!)
- Qual é a velocidade angular da Lua?
 - Qual é o valor da velocidade escalar da Lua?
 - Qual é o valor da aceleração da Lua nesse movimento?
 - Represente em uma figura os vetores \mathbf{v} e \mathbf{a} da Lua no movimento circular uniforme ao redor da Terra. (Dado: $1 \text{ dia} = 24 \text{ horas} = 86400 \text{ s}$)
7. Ayrton Senna percorre 71 voltas em Interlagos em $1 \text{ h } 30 \text{ min } 28 \text{ s } 128$. Nigel Mansell obtém a volta mais rápida (de nº 35) com $1 \text{ min } 20 \text{ s } 436$. Se o comprimento da pista é de 4.325 m , obtenha a velocidade escalar média e a velocidade média de cada piloto.
8. PARA RELAXAR: Probleminha para fazer em casa...
- “Um urso parte de um ponto da superfície da Terra, caminha 1 km para o sul, depois caminha 1 km para Oeste e em seguida 1 km para o Norte, voltando ao ponto de partida.”
- Qual é a cor do urso? *Fácil, fácil, ...*

APÊNDICE E

ESCALA DE ATITUDES EM RELAÇÃO À CIÊNCIA

E1 - ESCALA CIÊNCIA - Versão Preliminar

INSTRUÇÕES

Cada afirmação deste questionário expressa um particular sentimento das pessoas em relação à ciência; gostaríamos de saber como você se posiciona frente a elas. Não há respostas certas ou erradas e as pessoas diferem bastante na maneira como respondem.

Você deve posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância com cada afirmação. Os cinco pontos são:

CONCORDO FORTEMENTE (CF),
CONCORDO (C),
INDECISO (I),
DISCORDO (D),
DISCORDO FORTEMENTE (DF).

Você deve fazer um círculo ao redor da(s) letra(s) que melhor expressa(m) sua posição. Evite marcar muitas vezes INDECISO.

Posicione-se em todas as afirmações com a máxima sinceridade.

Muito obrigado pela sua colaboração.

I - VISÃO DE CIÊNCIA

- | | |
|--|---------------------|
| 1. A partir da experimentação podemos chegar a leis e princípios científicos corretos. | CF C I D DF |
| 2. Uma boa teoria tem que explicar os fatos observados. | CF C I D DF |
| 3. Os dados do laboratório e mais um pouco de matemática resultam na teoria. | CF C I D DF |
| 4. A experimentação é um teste para as teorias. | CF C I D DF |
| 5. As grandes descobertas são feitas por acaso. | CF C I D DF |

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| 6. O conhecimento científico é uma construção humana. | CF | C | I | D | DF |
| 7. É possível fazer uma experiência sem ter nenhuma teoria na cabeça. | CF | C | I | D | DF |
| 8. Mesmo uma teoria ultrapassada pode ser útil na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 9. Os dados experimentais falam por si só: examinando-os chegamos às leis científicas. | CF | C | I | D | DF |
| 10. Uma boa teoria deve ser construída a partir dos dados observados. | CF | C | I | D | DF |
| 11. A experiência desempenha um papel importante na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 12. As fórmulas são obtidas através das experiências. | CF | C | I | D | DF |
| 13. É possível testar uma teoria e concluir que ela é verdadeira. | CF | C | I | D | DF |
| 14. É possível testar uma teoria e concluir que ela é falsa. | CF | C | I | D | DF |
| 15. Se uma lei funciona no laboratório podemos dizer que ela é uma lei universal. | CF | C | I | D | DF |
| 16. A teoria científica vem antes da experiência. | CF | C | I | D | DF |
| 17. Uma teoria é considerada verdadeira até que se prove que ela é falsa. | CF | C | I | D | DF |
| 18. Uma teoria é considerada falsa até que se prove que ela é verdadeira. | CF | C | I | D | DF |
| 19. A experiência dá o veredicto final para a teoria. | CF | C | I | D | DF |
| 20. Frequentemente ocorrem revisões nas teorias científicas. | CF | C | I | D | DF |
| 21. As teorias científicas nascem, crescem e morrem. | CF | C | I | D | DF |
| 22. Entre duas teorias conflitantes, escolhe-se a mais correta. | CF | C | I | D | DF |
| 23. Raramente ocorrem revoluções na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 24. Os cientistas sabem como o mundo é na realidade. | CF | C | I | D | DF |
| 25. A ciência busca a verdade. | CF | C | I | D | DF |
| 26. A crítica é a alma da ciência. | CF | C | I | D | DF |

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 27. Os cientistas constroem modelos sobre a natureza. | CF | C | I | D | DF |
| 28. A ciência é correta, certa. | CF | C | I | D | DF |
| 29. A ciência descreve como funciona a natureza. | CF | C | I | D | DF |
| 30. A objetividade é a marca registrada da ciência. | CF | C | I | D | DF |

II - ATITUDE EM RELAÇÃO À CIÊNCIA

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 31. A ciência me é fascinante. | CF | C | I | D | DF |
| 32. Não vejo aplicação prática para a ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 33. Creio que as pessoas dão excessiva importância à ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 34. A ciência me ajuda a enfrentar os problemas do dia-a-dia. | CF | C | I | D | DF |
| 35. O trabalho do cientista me parece aborrecido. | CF | C | I | D | DF |
| 36. Gosto de filmes de ficção científica. | CF | C | I | D | DF |
| 37. Disciplinas científicas fazem eu me sentir burro. | CF | C | I | D | DF |
| 38. Ler artigos de ciência no jornal me traz satisfação. | CF | C | I | D | DF |
| 39. Acho que a carreira científica é alienante. | CF | C | I | D | DF |
| 40. Gostaria de ser cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 41. Assuntos científicos são chatos. | CF | C | I | D | DF |
| 42. Creio que devemos confiar no trabalho dos cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| 43. Sinto-me incapaz de seguir uma carreira científica. | CF | C | I | D | DF |
| 44. Programas científicos na televisão me aborrecem. | CF | C | I | D | DF |

III - RELAÇÃO CIÊNCIA E SOCIEDADE

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 45. A ciência pode modificar radicalmente a vida das pessoas. | CF | C | I | D | DF |
|---|----|---|---|---|----|

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 46. A ciência é pouco importante para o desenvolvimento do país. | CF | C | I | D | DF |
| 47. O cientista tem poucas responsabilidades sobre o que é feito do seu trabalho. | CF | C | I | D | DF |
| 48. A ciência pode levar a humanidade a um fim trágico. | CF | C | I | D | DF |
| 49. A ciência está descompromissada com a sociedade. | CF | C | I | D | DF |
| 50. A opinião dos cientistas é importante na política. | CF | C | I | D | DF |
| 51. O mundo seria melhor sem cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| 52. A ciência é indispensável na vida das pessoas. | CF | C | I | D | DF |
| 53. A guerra faz a ciência progredir de uma forma inacreditável. | CF | C | I | D | DF |
| 54. A ciência não se preocupa em solucionar os problemas do país. | CF | C | I | D | DF |

IV - MODELO DE CIENTISTA

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| 55. A característica mais importante do cientista é a genialidade. | CF | C | I | D | DF |
| 56. Vejo o cientista como um cidadão comum. | CF | C | I | D | DF |
| 57. Os cientistas são excêntricos. | CF | C | I | D | DF |
| 58. A dedicação é o traço principal do cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 59. O cientista é uma pessoa consciente dos problemas que o país enfrenta. | CF | C | I | D | DF |
| 60. Os cientistas não ligam para dinheiro. | CF | C | I | D | DF |
| 61. O cientista não é imparcial. | CF | C | I | D | DF |
| 62. A competição é fundamental entre os cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| 63. O cientista costuma ser “desligado”. | CF | C | I | D | DF |
| 64. Os cientistas são cooperativos, trabalham em grupos. | CF | C | I | D | DF |

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| 4. As grandes descobertas são feitas por acaso. | CF | C | I | D | DF |
| 5. O conhecimento científico é uma construção humana. | CF | C | I | D | DF |
| 6. É possível fazer uma experiência sem ter nenhuma teoria na cabeça. | CF | C | I | D | DF |
| 7. Mesmo uma teoria ultrapassada pode ser útil na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 8. Os dados experimentais falam por si só: examinando-os chegamos às leis científicas. | CF | C | I | D | DF |
| 9. É possível testar uma teoria e concluir que ela é verdadeira. | CF | C | I | D | DF |
| 10. As fórmulas são obtidas através das experiências. | CF | C | I | D | DF |
| 11. Se uma lei funciona no laboratório podemos dizer que ela é uma lei universal. | CF | C | I | D | DF |
| 12. A experiência dá o veredicto final para a teoria. | CF | C | I | D | DF |
| 13. As teorias científicas sempre podem ser revisadas. | CF | C | I | D | DF |
| 14. Um conjunto de observações e/ou resultados experimentais concorda sempre com mais de uma teoria. | CF | C | I | D | DF |
| 15. O conhecimento científico é sempre provisório. | CF | C | I | D | DF |
| 16. Nunca ocorrem revoluções na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 17. Os cientistas sabem como o mundo é na realidade. | CF | C | I | D | DF |
| 18. A crítica é a alma da ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 19. Os cientistas constroem modelos sobre a natureza. | CF | C | I | D | DF |
| 20. A ciência é correta, certa. | CF | C | I | D | DF |
| 21. A ciência descreve como funciona a natureza. | CF | C | I | D | DF |
| 22. A objetividade é a marca registrada da ciência. | CF | C | I | D | DF |

II - ATITUDE EM RELAÇÃO À CIÊNCIA

| — | | | | | | + |
|---|----|---|---|---|----|-----------|
| desfavorável | | | | | | favorável |
| 23. A ciência me é fascinante. | CF | C | I | D | DF | |
| 24. Não vejo aplicação prática para a ciência. | CF | C | I | D | DF | |
| 25. Creio que as pessoas dão excessiva importância à ciência. | CF | C | I | D | DF | |
| 26. A ciência me ajuda a enfrentar os problemas do dia-a-dia. | CF | C | I | D | DF | |
| 27. O trabalho do cientista me parece aborrecido. | CF | C | I | D | DF | |
| 28. Gosto de filmes de ficção científica. | CF | C | I | D | DF | |
| 29. Disciplinas científicas fazem eu me sentir burro. | CF | C | I | D | DF | |
| 30. Ler artigos de ciência no jornal me traz satisfação. | CF | C | I | D | DF | |
| 31. Acho que a carreira científica é alienante. | CF | C | I | D | DF | |
| 32. Gostaria de ser cientista. | CF | C | I | D | DF | |
| 33. Assuntos científicos são chatos. | CF | C | I | D | DF | |
| 34. Creio que devemos confiar no trabalho dos cientistas. | CF | C | I | D | DF | |
| 35. Sinto-me incapaz de seguir uma carreira científica. | CF | C | I | D | DF | |
| 36. Programas científicos na televisão me aborrecem. | CF | C | I | D | DF | |

III - RELAÇÃO CIÊNCIA E SOCIEDADE

| — | | | | | | + |
|--|----|---|---|---|----|---|
| isolada, desconectada, descompromissada, à parte | | | | | | comprometida, relacionada, participativa, importante |
| 37. A ciência é pouco importante para o desenvolvimento do país. | CF | C | I | D | DF | |

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| 38. O cientista não deve se preocupar com as implicações do seu trabalho. | CF | C | I | D | DF |
| 39. A ciência pode levar a humanidade a um fim trágico. | CF | C | I | D | DF |
| 40. A ciência está descompromissada com a sociedade. | CF | C | I | D | DF |
| 41. A opinião dos cientistas é importante na política. | CF | C | I | D | DF |
| 42. O mundo seria melhor sem cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| 43. A ciência é indispensável na vida das pessoas. | CF | C | I | D | DF |
| 44. A guerra pode fazer a ciência progredir de uma forma surpreendente. | CF | C | I | D | DF |
| 45. Os cientistas não devem se preocupar em solucionar os problemas do país. | CF | C | I | D | DF |

IV - MODELO DE CIENTISTA

| | |
|--|---|
| — _____ + excêntrico, alienado, apolítico, desligado | cidadão comum, consciente, participativo, dedicado |
|--|---|

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 46. O verdadeiro cientista é sempre genial. | CF | C | I | D | DF |
| 47. Vejo o cientista como um cidadão comum. | CF | C | I | D | DF |
| 48. Ser excêntrico é uma característica muito comum do cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 49. A dedicação deve ser o traço principal do cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 50. O cientista deve ser uma pessoa consciente dos problemas que o país enfrenta. | CF | C | I | D | DF |
| 51. Os cientistas não devem ligar para dinheiro. | CF | C | I | D | DF |
| 52. A competição é fundamental entre os cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| 53. O cientista costuma ser “desligado”. | CF | C | I | D | DF |

E3 - ESCALA DE ATITUDES EM RELAÇÃO À CIÊNCIA - 3ª Versão (final²²)

INSTRUÇÕES

Cada afirmação deste opiniário expressa um particular sentimento das pessoas em relação à ciência; gostaríamos de saber como você se posiciona frente a elas. Não há respostas certas ou erradas e as pessoas diferem bastante na maneira como respondem.

Você deve posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância com cada afirmação. Os cinco pontos são: CONCORDO FORTEMENTE (CF), CONCORDO (C), INDECISO (I), DISCORDO (D), DISCORDO FORTEMENTE (DF). Você deve fazer um círculo ao redor da(s) letra(s) que melhor expressa(m) sua posição. Evite marcar muitas vezes INDECISO.

Posicione-se em todas as afirmações com a máxima sinceridade.

Muito obrigado pela sua colaboração.

FATOR I - ATITUDE EM RELAÇÃO À CIÊNCIA

- | | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 1. (23) A ciência me é fascinante. | CF | C | I | D | DF |
| 2. (24) Não vejo aplicação prática para a ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 3. (25) Creio que as pessoas dão excessiva importância à ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 4. (26) A ciência me ajuda a enfrentar os problemas do dia-a-dia. | CF | C | I | D | DF |
| 5. (27) O trabalho do cientista me parece aborrecido. | CF | C | I | D | DF |
| 6. (28) Gosto de filmes de ficção científica. | CF | C | I | D | DF |
| 7. (29) Disciplinas científicas fazem eu me sentir burro. | CF | C | I | D | DF |
| 8. (30) Ler artigos de ciência no jornal me traz satisfação. | CF | C | I | D | DF |
| 9. (31) Acho que a carreira científica é alienante. | CF | C | I | D | DF |

²² Os itens foram reordenados para mostrar os fatores evidenciados na análise estatística. Os números em itálico indicam a numeração na versão anterior. A letra R junto ao número em itálico indica que o item contribuiu para mais de um fator, estando, portanto “repetido” na escala. Ao final temos o grupo dos itens eliminados.

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 10. (32) Gostaria de ser cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 11. (33) Assuntos científicos são chatos. | CF | C | I | D | DF |
| 12. (35) Sinto-me incapaz de seguir uma carreira científica. | CF | C | I | D | DF |
| 13. (36) Programas científicos na televisão me aborrecem. | CF | C | I | D | DF |
| 14. (37) A ciência é pouco importante para o desenvolvimento do país. | CF | C | I | D | DF |
| 15. (42) O mundo seria melhor sem cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| 16. (43) A ciência é indispensável na vida das pessoas. | CF | C | I | D | DF |
| 17. (45) Os cientistas não devem se preocupar em solucionar os problemas do país. | CF | C | I | D | DF |

FATOR II - VISÃO (EMPIRISTA-INDUTIVISTA) DE COMO A CIÊNCIA É FEITA

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| 18. (01) Leis e princípios científicos são obtidos da experimentação e da observação. | CF | C | I | D | DF |
| 19. (03) Os dados do laboratório e mais um pouco de matemática resultam na teoria. | CF | C | I | D | DF |
| 20. (08) Os dados experimentais falam por si só: examinando-os chegamos às leis científicas. | CF | C | I | D | DF |
| 21. (09) É possível testar uma teoria e concluir que ela é verdadeira. | CF | C | I | D | DF |
| 22. (10) As fórmulas são obtidas através das experiências. | CF | C | I | D | DF |
| 23. (11) Se uma lei funciona no laboratório podemos dizer que ela é uma lei universal. | CF | C | I | D | DF |
| 24. (12) A experiência dá o veredicto final para a teoria. | CF | C | I | D | DF |
| 25. (13) As teorias científicas sempre podem ser revisadas. | CF | C | I | D | DF |
| 26. (16) Nunca ocorrem revoluções na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 27. (17) Os cientistas sabem como o mundo é na realidade. | CF | C | I | D | DF |
| 28. (20) A ciência é correta, certa. | CF | C | I | D | DF |

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 29 (21) A ciência descreve como funciona a natureza. | CF | C | I | D | DF |
| 30 (22) A objetividade é a marca registrada da ciência. | CF | C | I | D | DF |
| 31. (38) O cientista não deve se preocupar com as implicações do seu trabalho. | CF | C | I | D | DF |
| (R45. Os cientistas não devem se preocupar em solucionar os problemas do país.) | CF | C | I | D | DF |
| 32. (46) O verdadeiro cientista é sempre genial. | CF | C | I | D | DF |
| 33. (48) Ser excêntrico é uma característica muito comum do cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 34. (51) Os cientistas não devem ligar para dinheiro. | CF | C | I | D | DF |

FATOR III - MODELO DE CIENTISTA E SUA RELAÇÃO COM A SOCIEDADE

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| (R24. Não vejo aplicação prática para a ciência.) | CF | C | I | D | DF |
| (R26. A ciência me ajuda a enfrentar os problemas do dia-a-dia.) | CF | C | I | D | DF |
| (R27. O trabalho do cientista me parece aborrecido.) | CF | C | I | D | DF |
| (R31. Acho que a carreira científica é alienante.) | CF | C | I | D | DF |
| (R32. Gostaria de ser cientista.) | CF | C | I | D | DF |
| (R33. Assuntos científicos são chatos.) | CF | C | I | D | DF |
| (R37. A ciência é pouco importante para o desenvolvimento do país.) | CF | C | I | D | DF |
| (R38. O cientista não deve se preocupar com as implicações do seu trabalho.) | CF | C | I | D | DF |
| 35. (40) A ciência está descompromissada com a sociedade. | CF | C | I | D | DF |
| 36. (41) A opinião dos cientistas é importante na política. | CF | C | I | D | DF |
| (R42. O mundo seria melhor sem cientistas.) | CF | C | I | D | DF |
| (R43. A ciência é indispensável na vida das pessoas.) | CF | C | I | D | DF |
| (R45. Os cientistas não devem se preocupar em solucionar os problemas do país.) | CF | C | I | D | DF |

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| (R46. O verdadeiro cientista é sempre genial.) | CF | C | I | D | DF |
| (R48. Ser excêntrico é uma característica muito comum do cientista.) | CF | C | I | D | DF |
| 37. (49) A dedicação deve ser o traço principal do cientista. | CF | C | I | D | DF |
| 38. (50) O cientista deve ser uma pessoa consciente dos problemas que o país enfrenta. | CF | C | I | D | DF |
| 39. (53) O cientista costuma ser “desligado”. | CF | C | I | D | DF |

IV - ITENS ELIMINADOS

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| (02) As teorias científicas podem ser inspiradas em crenças sem relação com os fatos. | CF | C | I | D | DF |
| (04) As grandes descobertas são feitas por acaso. | CF | C | I | D | DF |
| (05) O conhecimento científico é uma construção humana. | CF | C | I | D | DF |
| (06) É possível fazer uma experiência sem ter nenhuma teoria na cabeça. | CF | C | I | D | DF |
| (07) Mesmo uma teoria ultrapassada pode ser útil na ciência. | CF | C | I | D | DF |
| (14) Um conjunto de observações e/ou resultados experimentais concorda sempre com mais de uma teoria. | CF | C | I | D | DF |
| (15) O conhecimento científico é sempre provisório. | CF | C | I | D | DF |
| (18) A crítica é a alma da ciência. | CF | C | I | D | DF |
| (19) Os cientistas constroem modelos sobre a natureza. | CF | C | I | D | DF |
| (34) Creio que devemos confiar no trabalho dos cientistas. | CF | C | I | D | DF |
| (39) A ciência pode levar a humanidade a um fim trágico. | CF | C | I | D | DF |
| (44) A guerra pode fazer a ciência progredir de uma forma surpreendente. | CF | C | I | D | DF |
| (47) Vejo o cientista como um cidadão comum. | CF | C | I | D | DF |
| (52) A competição é fundamental entre os cientistas. | CF | C | I | D | DF |

APÊNDICE F

COMENTÁRIOS ESCRITOS DA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROFESSOR

F1 - COMENTÁRIOS ESCRITOS - ANO I

Ano I - 1º Semestre - Física I - CD (teoria e prática)

- 005 - É uma ótima professora.
- 012 - As provas deveriam ser pelo menos com valores diferentes ou algo diferente nos problemas, pois ficam muito viciantes os resultados.
- 023 - Eliane, de modo geral, te considero ótima professora, apenas sugiro que sejas mais rígida com relação à disciplina do aluno em aula.
- 027 - Eu acho que o andamento das aulas está piorando um pouco, mas acho normal para uma turma numerosa, mas isto não justifica o fato da avaliação ter sido mudada. Isto se percebe na última prova realizada, que estava mais difícil, com um índice muito maior de dificuldade. A única explicação para este fato é que tu, Eliane, estás sendo influenciada por outros professores, que acham que nível de ensino se dá pela reprovação, e eu acho que este está sendo o teu único erro, e talvez por este erro, tu podes vir a ser um deles.
- 036 - Na minha opinião acho que a professora em geral teve uma ótima atuação. Não fosse um único problema, poderia ser nota “10”. O problema que acho que prejudicou alguns alunos foi a falta de disciplina em aula. Realmente tem pessoas que tem grandes dificuldades para se concentrar e tiveram que enfrentar este problema todo este semestre, estimulando o aluno a se ausentar da sala de aula!

Ano I - 1º Semestre - Física I - F (só prática)

- 043 - Sugiro que este questionário ou similar seja adotado por toda a universidade, aplicado pelo DCE ou por algum departamento de ensino da universidade, e que o resultado seja divulgado por toda a universidade e também na comunidade, com o objetivo do povo saber do gabarito dos professores que pagam.
- 046 - A professora desta disciplina mostrou gostar da função que exerce e que tem ótimo domínio nas relações humanas. Espero que ela continue fazendo este trabalho e estimulando outros alunos, assim como eu me estimulei no trabalho realizado em sua disciplina. Agradeço a atenção dispensada e desejo sucesso no decorrer de sua carreira profissional.
- 047 - A dedicação e o interesse da professora pela aprendizagem do aluno foi surpreendente, fazendo com que os alunos desenvolvessem uma força de vontade muito grande de vencer a disciplina e todos os obstáculos que venham a surgir pelo caminho.

- 048 - A professora é boa e dedicada, mas o sistema que é dada a disciplina não é dos melhores. Fica difícil considerarmos experiências que o resultado final já é conhecido.
- 049 - Item 11 - Creio que já está planejado no departamento; nada a reclamar. Item 19 - Sempre que coerente. Item 22 - Falta um pouco de exigência de participação em aula para tornar a aula mais interessante, perguntas e respostas, discussões (crítica construtiva). Item 34 - O mesmo que o item 22. Item 37 - Com relação aos itens que se referem a mim, creio não ter participação ativa na aula, o qual falta para que a aula se torne mais interessante.

Ano I - 2º Semestre - Física I - G (só prática)

- 087 - Na resposta que eu coloquei é porque só mais adiante eu vou ter informação suficiente para responder com certeza.

Ano I - 2º Semestre - Física IV (quase só teórica)

- 056 - Acho apenas que o recurso das aulas práticas poderia ter sido mais utilizado.
- 064 - Item 17 - Não tem reações que possibilitem visualizar sua satisfação ou não em dar aula. Item 37 - Não compete a mim julgar-me, pois o ser humano infelizmente não é imparcial quando julga a si próprio.
- 066 - 1) Levando em consideração que é a 1ª vez que leciona este conteúdo, achei bem transmitido. É óbvio que só ao longo do tempo se aprende mais sobre aquilo que se está lecionando. 2) Experiências práticas teriam enriquecido o conteúdo enormemente, visto o grau de teoria da disciplina.

Queria que esse bilhete aqui deixado não fosse uma forma de "puxar o saco" mas uma forma de agradecimento para você, que é uma professora excepcional de boas qualidades, e se possível queria ter o prazer e a sorte também de tê-la conosco novamente.

Desejo também pedir desculpas pela bagunça, mas saiba que apesar de tudo o que aconteceu nós te adoramos.

OBRI-GAÇÃO!!!



F2 - COMENTÁRIOS ESCRITOS - ANO III

Ano III - 1º Semestre - Civil

- 201 - Professora Eliane: Embora ache válido a idéia de fazer este questionário, acho que algumas respostas ficam no ar e por isso resolvi escrever este complemento. Como a senhora pode perceber, tenho um “bom” conceito a seu respeito. Bom, porque ninguém é ótimo naquilo que faz, assim como me considero “boa” aluna. Acho que este 1º bimestre não foi “lá essas coisas” pois não soubemos cooperar e muitos de nós ainda não entendemos a importância de estar aqui. Acredito no seu potencial mas acho que, como eu posso me tornar uma aluna “muito boa”, a senhora pode se tornar uma professora “muito boa”. Acho que neste 2º bimestre ambas já começaremos a mudança.
- 202 - Professora acho que os trabalhos que a senhora dá em aula deveriam ser aplicados após a turma já ter feito exercícios sobre a matéria, porque da maneira que a senhora faz fica difícil fazer e na maioria das vezes acabo copiando. Também um número maior de exercícios facilitaria, assim como melhoraria o rendimento da turma.
- 204 - Eliane, como crítica construtiva, acho que deverias melhorar um pouco a tua didática, pois tu dás a impressão de conhecer bem o assunto, mas sinto uma dificuldade no modo como tu transmites estes conhecimentos, se bem que esta turma também não ajuda muito!

Ano III - 1º Semestre - Química

- 253 - Na questão 13, acho que a matéria do início do ano teve mais “atenção”, foi mais trabalhada, do que a matéria a partir do capítulo 9. Tenho a impressão de que esta “medida de atenção” deveria ser ao contrário, já que da matéria inicial já se tem uma boa noção do 2º Grau, enquanto que o restante da matéria a maioria da turma nunca viu.
- 254 - Eu acho que a senhora programa conteúdos demais para as aulas, talvez seja pelo motivo da greve. Acho também que os últimos capítulos foram muito corridos e o resultado para mim vai ser ruim. Procure se concentrar mais nas aulas e não deixe o barulho lhe deixar atordoada. Tem vezes que a gente ia lhe perguntar alguma coisa e a senhora deixava a gente falando sozinho, com cara de bobo. Não encare essas críticas como ruins, mas apenas o meu ponto de vista. Eu penso que o professor que faz esse tipo de questionário tem boa intenção.
- 255 - 1) Deveria programar melhor as aulas, tentando que os alunos sejam mais atentos em aula. 2) Os trabalhos tem um valor muito elevado, desestimulando os alunos pelas notas que recebemos.
- 278 - Se impor mais perante os alunos.

Ano III - 1º Semestre - Mecânica

- 303 - 1) As aulas de laboratório são péssimas, mal organizadas e se tira poucos proveitos delas porque muitas vezes nem se sabe do que se trata e um professor é muito pouco para atender todos os alunos. 2) O sistema de correção das provas é muito injusto com os alunos. Nós não estamos aqui para decorar o que está escrito no livro ou no caderno e sim para entender. Então as questões teóricas não deveriam estar totalmente erradas quando se põe a nossa opinião ou o que a gente entendeu.
- 321 - Em relação à questão 34: Sim, se a turma ajudasse.

APÊNDICE G

ROTEIROS DAS ENTREVISTAS

G1 - ROTEIRO DA PRÉ-ENTREVISTA

VIVÊNCIA PESSOAL SOBRE FÍSICA

1. Diga seu nome completo e idade.
2. Qual é seu curso? O que o(a) levou a escolher este curso?
3. Você já estudou Física? Quanto tempo? Onde? Usava livro-texto de Física?
4. Qual a primeira idéia que lhe vem à cabeça quando você escuta a palavra Física?
5. Na disciplina de Física do Ensino Médio, havia aulas de laboratório? Como eram? Eram frequentes? Você considerava agradáveis?
6. Você considera importante ter aulas de laboratório regulares em disciplinas de Física?
7. Em sua opinião, qual a finalidade das aulas teóricas em disciplinas de Física?
8. Em sua opinião, qual a finalidade das aulas práticas em disciplinas de Física?
9. Estes objetivos estão sendo atingidos?
10. O que você aprendeu de Física do Ensino Médio?

A VISÃO DO CIENTISTA

11. Como é um cientista? Descreva-o.
12. Quantos cientistas você conhece? Conhece pessoalmente?
13. Em geral, onde trabalham os cientistas?
14. Como você vê o trabalho do cientista? Comente.
15. Quando uma pessoa é reconhecida como cientista?
16. O que faz um cientista? Dê um exemplo de possíveis áreas de trabalho para cientistas.
17. Quando o cientista vai ao laboratório ele já sabe o que vai encontrar, apenas desconfia ou não tem a mínima idéia? Explique.
18. Você acha que a aula experimental costuma (ou deveria) ser semelhante ao proceder do cientista em seu laboratório?
19. Como acontece a formação de um cientista?
20. Como é avaliado o trabalho do cientista?
21. Como o cientista divulga seu trabalho?
22. Você gostaria de ser cientista?

O PROCEDER DO CIENTISTA

23. É possível descrever os passos que o cientista executa no laboratório para chegar às teorias? Se for o caso, quais são estes passos?
24. Seguindo estes passos qualquer pessoa pode ser cientista?
25. Que características são úteis em um cientista? Como ele deve ser? Do que ele deve gostar?
26. Para ser cientista é preciso ser... Inteligente? Criativo? Dedicado? O quê?
27. Algumas pessoas argumentam que o cientista deve ser neutro. O que você pensa?
28. O cientista é capaz de deixar suas idéias e preferências de lado para fazer seu trabalho?
29. Os cientistas costumam estar sempre seguros do que estão fazendo e onde pretendem chegar?
30. Devemos confiar ou duvidar dos cientistas?
31. Os leigos devem se resumir a compreender e aprender com os cientistas, nada mais. Concorda?
32. Se a pesquisa não chega onde pretendia, de quem é a culpa?
33. Você acha justo que o cientista seja responsabilizado pelo que outros (o governo, as indústrias, etc.) façam com seu trabalho?
34. Devemos consultar os cientistas a respeito de assuntos como política, metas sociais, projetos comunitários? Por quê?
35. Qual o papel do cientista na sociedade?

A VISÃO DE CIÊNCIA

36. Você pode viver sem a ciência? A ciência é importante na sua vida?
37. Você poderia dar um exemplo de como a ciência pode modificar a vida das pessoas?
38. Existem diferenças na maneira de proceder em diferentes áreas da ciência? Em Biologia, Física, Química ou Geologia?
39. Em sua opinião, o que estas áreas têm comum?
40. A ciência moderna está próxima ou afastada do conhecimento comum, do cotidiano?
41. Explique: O que é a ciência? O que você acha que é a ciência?
42. Qual o objetivo da ciência? Pra que ela serve? O que ela se propõe a fazer?
43. Todos os tipos de pesquisas científicas são igualmente importantes?
44. A sociedade tem exercido um controle sobre a ciência, definindo prioridades e recursos?
45. Você acha certo gastar muito dinheiro para construir uma nave para ir à Marte? Ou para compreender o que está ocorrendo em uma galáxia distante? Que utilidade isso teria?
46. A pesquisa científica é principalmente um trabalho individual ou uma construção coletiva?
47. As idéias e convicções pessoais do cientista são importantes quando ele faz ciência?
48. O conhecimento científico vai crescendo um pouco por dia e nunca diminui. Concorda?
49. O progresso da ciência ocorre por acumulação de conhecimento?
50. Na ciência ocorrem revoluções científicas?

O PAPEL DAS TEORIAS CIENTÍFICAS

51. O que é uma teoria científica? Para que serve? Qual sua utilidade?
52. Podem existir ao mesmo tempo mais de uma teoria sobre o mesmo assunto?
53. Como nasce uma teoria científica?
54. As teorias científicas morrem?
55. O que vem antes: teoria ou experiência?
56. É possível fazer experiência sem teoria?
57. É possível fazer teoria sem experiência?
58. Quais são as características mais importantes de uma teoria científica?
59. As teorias científicas são construídas a partir de quê?
60. Quando se abandona uma teoria científica?
61. Teorias antigas, ultrapassadas (como, p. ex. a geração espontânea) foram importantes no desenvolvimento científico ou foram apenas perda de tempo?
62. Há teorias que podem ser consideradas um entrave ao progresso da ciência?
63. Em que situação concluímos que existe a necessidade de uma nova teoria científica?
64. O que diferencia uma teoria científica de uma não-científica?
65. A descoberta e o acaso são importantes na ciência?

A VERDADE DAS TEORIAS

66. Como se testa uma teoria científica?
67. É possível testar uma teoria científica e concluir que ela é falsa?
68. É possível testar uma teoria científica e concluir que ela é verdadeira?
69. Uma teoria é falsa até que se prove verdadeira ou é verdadeira até que se prove falsa?
70. Uma teoria científica descreve corretamente o mundo físico?
71. Para ser aceita, uma nova teoria tem apenas que explicar o que as outras já explicam. Concorda?
72. A Física se ocupa dos “comos” ou dos “porquês”?
73. As teorias científicas estão sujeitas à revisão?
74. Existem revoluções científicas na ciência? Em caso afirmativo, o que as desencadeia?
75. Na ciência ocorrem grandes mudanças ou apenas pequenas modificações de cada vez?
76. Fazendo uso da ciência, é possível atingirmos a verdade?

O PAPEL DA EXPERIÊNCIA

77. Qual é o papel da experiência no trabalho científico?
78. É correto dizer que as teorias nascem dos dados experimentais?
79. É exato dizer que as teorias são apenas uma sistematização de dados empíricos?
80. No trabalho científico, o papel da experiência é ser um ponto de partida, um guia ou um fim?
81. Como o cientista seleciona que fatos são relevantes e devem ser estudados?
82. A partir de uma teoria científica é possível prever fatos ainda não observados?
83. É verdade que as grandes descobertas científicas acontecem por acaso?

G2 - ROTEIRO DA PÓS-ENTREVISTA

SOBRE A DISCIPLINA

1. Diga seu nome completo e idade.
2. O que você achou da disciplina de Física deste semestre?
3. Comparado com o que você tinha visto no ensino médio, como é que foi?
4. O que você mais gostou na disciplina? Das várias atividades que a gente fez (laboratório, teoria, discussões, problemas) qual você mais gostou?
5. O que você detestou (menos gostou) no curso?

SOBRE O LABORATÓRIO

6. Você já tinha tido laboratório antes?
7. Como foram as aulas de laboratório?
8. Em geral os alunos trabalhavam bem nos grupos de laboratório?
9. Poderiam ter aproveitado mais?
10. Havia alunos desocupados ou sobrecarregados?

SOBRE A INTEGRAÇÃO TEORIA-LABORATÓRIO

11. Teoria e laboratório foram duas coisas integradas ou separadas?
12. O laboratório encaixou bem na teoria? Havia uma relação entre eles?
13. As aulas de teoria e as aulas de laboratório casaram bem? Havia uma ponte entre teoria e experimento?
14. Na aula experimental, você precisava lembrar de coisas da aula teórica?
15. A aula experimental esclarecia dúvidas teóricas que você tinha?
16. Você gostava mais da aula de laboratório ou da aula teórica?
17. Se você tivesse que escolher, ficava com a parte teórica ou com a experimental?
18. Os alunos gostam mais da aula prática pelo fato da turma ser menor?

SOBRE O VÊ DE GOWIN

19. O que você achou daquelas perguntas que a gente respondia no laboratório? Fala um pouquinho disso.
20. O que você lembra do Vê, da tarefa escrita? Fale dele. Como é que é esse Vê?
21. Lembra da sequência das perguntas?
22. Como se constroi o Vê? Por onde se começa? Que partes tem? O que vai em cada parte?
23. Nosso trabalho no laboratório tem alguma semelhança com o trabalho que o cientista faz? É parecido, é diferente?

SOBRE O CIENTISTA

Perfil

24. Para você, como é um cientista? Descreva um cientista.
25. Que características são úteis em um cientista? Do que ele deve gostar?
26. Qual é a diferença entre um cientista e um inventor? Tem diferença?

Como trabalha?

27. Como o cientista trabalha?
28. O que o cientista faz primeiro: teoria ou experiência?
29. Como o cientista verifica se uma teoria está certa?
30. Se a experiência de laboratório não fecha com a teoria, o que o cientista faz?

CIENTISTA E SOCIEDADE

Onde trabalha o cientista

31. Onde trabalha o cientista?
32. Como são esses laboratórios? Onde ficam?
33. Como um cientista se sustenta? Quem o financia? Do que ele sobrevive?

Valorização e integração

34. A sociedade valoriza o trabalho do cientista?
35. O cientista se preocupa com a sociedade?
36. O cientista é uma pessoa integrada na sociedade? Como é essa relação entre cientista e sociedade?

Responsabilidade, ética

37. O cientista se preocupa com os efeitos do trabalho dele ou ele é mais preocupado com o trabalho do que com as consequências?
38. A maior parte dos cientistas se preocupa ou não?
39. O cientista é responsável pelo que outras pessoas possam fazer com o trabalho dele?
40. Suponhamos que o cientista desenvolva uma vacina e alguém resolva usá-la como uma arma bacteriológica. O cientista que desenvolveu a vacina é responsável pelo que os outros fizerem com seu trabalho?
41. Se você fosse o cientista e suspeitasse que sua pesquisa poderia ser utilizada como arma, continuava o trabalho ou parava?
42. Em geral, o cientista pára ou continua?
43. Você gostaria de ser cientista?
44. A competição é importante dentro da ciência?
45. Os trabalhos científicos são bem divulgados ou há muito sigilo?

SOBRE A CIÊNCIA

46. Explique: O que é a ciência? O que você acha que é a ciência?
47. Como funciona a ciência? O que é importante na ciência?
48. O que ela se propõe a fazer?

Disciplinas científicas e não-científicas

49. Fala-se em disciplinas científicas e disciplinas não-científicas. O que lhe vem à cabeça quando se fala em “disciplinas não-científicas”?
50. Você acha que _____ é uma disciplina científica?

Ciência e Não-Ciência

51. O que diferencia a ciência das outras coisas? Como é que você classifica “Isso é ciência. Isso não é.”? O que diferencia a ciência da não-ciência?
52. Dê um exemplo de uma coisa que não é ciência.
53. Faça um paralelo entre ciência e algo que não é ciência.

Ciência e Religião

54. Vou te dar um exemplo: religião. Religião é ciência?
55. Em que religião e ciência diferem?

Importância da Ciência atualmente

56. Hoje é possível viver sem a ciência?

Hipótese, Teoria e Lei

57. Como é que você entende as palavras *hipótese*, *teoria* e *lei*? As pessoas fazem distinções entre esses termos. Como é que você os entende?
58. Qual é a diferença entre *teoria* e *lei*?

Conhecimento provisório e definitivo

59. O que aprendemos de Física neste semestre é um conhecimento estabelecido ou ainda é provisório?
60. A ciência chega a resultados definitivos ou as teorias sempre podem ser revisadas?
61. Um assunto muito estudado, ainda precisa ser revisado?
62. Por exemplo, devemos revisar a teoria da gravidade? Ou melhor: devemos revisar a explicação de por que os corpos caem?

APÊNDICE H

EXEMPLO DE ENTREVISTA COMPLETA²³

Aluno 90 - Entrevista 79 - Fita 44

ENTREVISTADORA: Então tu diz o teu nome e tua idade.

ALUNO90: [Sou fulano²⁴]. Tenho 18 anos.

ENTR: Me conta o que tu achaste da disciplina de Física desse semestre.

AL90: É mais... é uma física que parece que a gente já viu muita coisa no segundo grau. Mas só que ela se torna mais aprofundada, assim. Algumas coisas que eu não tinha visto eu comecei a aprender, mas muito, principalmente cinemática, essas coisas assim, eu já tinha aprendido no segundo grau, né.

ENTR: Tu achaste boa a disciplina? Ruim? Gostaste ou não gostaste?

AL90: Como assim?

ENTR: A forma como aconteceu.

AL90: A forma. Eu gostei até. Apesar de não ter saído muito bem, mas eu gostei até (riso).

ENTR: Por que tu acha que tu não foi bem?

AL90: Pra mim, porque eu peguei e não estudei, eu não estudei mesmo. Eu não encarei como deve ser encarado, né, o curso. Aí faltou o básico né, o estudo mesmo. Não tem como [?] mesmo. Ainda tô no ritmo do segundo grau, né. Estudo um pouco, aí paro uns dias, aí estudo um pouco. É por isso, né. Aí não dá pra gente parar mesmo.

ENTR: Das várias coisas que a gente fez, laboratório, teoria, problemas, trabalhos, o que tu gostou mais? Dessas atividades.

AL90: Eu gostei de alguns trabalhos de laboratório, tipo do pêndulo, aquele, eu gostei. É, eu gostei mais do laboratório. Eu acho que...

ENTR: Esse do pêndulo que tu fala é aquele do começo do semestre?

AL90: É, isso mesmo. Esse eu gostei de fazer. Eu gostei mais. Eu prefiro a aula... Teoria é importante, mas eu gosto de ver a aula prática porque eu gosto de ver como é que funciona. Porque em física mesmo eu nunca tinha tido experiência de prática mesmo. Só em Química. Aí a gente vê porque funciona aquilo, porque não funciona, né. Tu entende os fenômenos. Porque não adianta entender só na teoria, né, pegar uma fórmula lá e o que faz na prática mesmo, não saber.

ENTR: O que tu detestou na disciplina?

AL90: Ah, detestei, detestei alguns conteúdos, tipo rotação, tipo... Mas até que eu não detestei muito não. Eu não posso dizer que detestei, assim. Eu não sou muito bom assim em problemas também. Eu sou muito... eu sou muito, assim, de, na hora do problema, de resolver, e aí, tem muitos problemas. Nessas últimas matérias mesmo teve muito né. Aí eu sentia muita dificuldade de fazer tudo assim, aqueles problemas.

²³ Transcrição literal da conversa gravada em áudio.

²⁴ O nome do aluno foi removido para preservar sua identidade.

Muitos assim tinha muita dificuldade. Isso foi o que eu mais detestei. Foi alguns problemas só, que eu não sou muito de... Mas na teoria até que eu me virei um pouco né, com muito problema.

ENTR: Nas aulas de laboratório, tu acha que o pessoal trabalhava bastante ou a maioria era muito deitada?

AL90: Não, sério, eu achei até que eu comecei aprender muito, porque no meu grupo tem bastante gente interessada, né. Eu acho, pelo menos, bastante gente. E aí, e muita coisa também que eu não sabia, que eu acabei aprendendo na aula de prática, de laboratório como [?]. Tem gente que encara mesmo. Aí eu aprendi mesmo, pelo menos no meu grupo. Ah, tem certas brincadeiras, é claro. Mas na hora de fazer, de pegar assim e fazer o trabalho mesmo, a gente fazia mesmo. Entendeu? Agora, pra fazer o trabalho de laboratório foi um [?]

ENTR: Tu acha que o laboratório e a teoria se encaixaram bem ou eles andaram como duas coisas separadas?

AL90: Ah, pra falar a verdade, muitos eu achei que se encaixou, mas alguns eu achei que não teve. Mas também eu não sei porque, teve um trabalho que eu não vim, não vim né. Aquele que tinha o exemplo dos passarinhos, né, aí eu não peguei muito bem, eu não entendi muitas vezes algumas coisas do laboratório, que não encaixou muito bem, porque isso, porque aquilo. Mas a maioria eu achei que encaixou no laboratório.

ENTR: Tu achava que precisava puxar coisas da teoria pra fazer a experiência de laboratório e depois tu entendia coisas da teoria, assim, tinha uma ponte entre teoria e laboratório?

AL90: É, eu acho que sim. No início eu achei um pouquinho de dificuldade foi na parte assim quando tu perguntava aquela, que tinha uma pergunta assim, qual é a sua teoria antes de fazer a prática? Aí que tinha muitas coisas, assim, que a gente já tinha uma própria teoria, né, que já vem do segundo grau, né, aí fica difícil ainda de mudar aquele pensamento, às vezes, né. Por exemplo, do pêndulo né, aquele pêndulo que gira, assim, que a massa não influencia, né. Eu achava que influenciava. E aí fica difícil de entender sem a teoria mesmo explicando aquilo né.

ENTR: Sim, mas tu entendia que quando eu perguntava qual é a sua teoria era o que tu achava mesmo?

AL90: É, é. Pois é.

ENTR: Colocar assim, a massa influencia. E aí no final que tu...

AL90: É, eu achava isso. Que eu tinha um pensamento, muitas coisas eu tinha um pensamento, aí depois mudou. Esses últimos trabalhos de laboratório até achei um tanto meio difíceis mesmo assim para mim. Eu não me considero um aluno nada inteligente, né.

ENTR: Por quê?!

AL90: Ah, então eu achei uma certa dificuldade. Em Física eu nunca fui... Eu gosto de física, mas eu nunca fui, assim, eu nunca sou muito bom. É que eu gosto mais da teoria do que de fazer problemas assim. Eu gosto de aprender o que é aquilo, porque que é aquilo, o que acontece isso, porque que acontece assim. Assim que eu gosto da Física. Eu tive um professor que tentava fazer isso pra mim. Tentava passar mais a teoria do que botar fórmulas e passar problemas. Aí por isso também que eu gosto um pouquinho mais do laboratório.

ENTR: Tu estudaste aqui em Rio Grande?

AL90: Estudei aqui em Rio Grande.

ENTR: Em que colégio?

AL90: Salesiano.

ENTR: Mais um pouquinho da aula de laboratório. Tu achava difícil fazer esse Vê, essas últimas coisas que a gente fez? Contar a experiência na forma desse Vê.

AL90: Eu achei.

ENTR: Por quê?

AL90: Eu não sei, porque aí tem que ter um elo, né, uma espécie de um elo entre todas as coisas. Aí às vezes eu me perdia assim na hora de montar. Eu achava mais difícil só, do que da outra forma, que era feito...

ENTR: E aquelas perguntas que vinha antes, tu achava mais fácil?

AL90: Eu achava. É porque aquilo mostrava o que a gente sabia, o que a gente sabia antes da experiência e depois, porque a gente sempre aprendia alguma coisa né. Por isso que eu achava.

ENTR: Mas as perguntas são as mesmas que tu tem que fazer...

AL90: Não, não, não. É porque a gente faz assim. O Vê a gente tem que ter tipo um elo, porque tem que ficar montando as coisas, e no outro trabalho não, a gente só perguntava o que a gente sabia antes e o que depois, o que a gente aprendeu depois. O Vê não, o Vê era tipo uma coisa, como se uma coisa dependesse da outra, né.

ENTR: Mas aquelas perguntas também tinham um encadeamento...

AL90: É, tinham um encadeamento. Mas...

ENTR: Eram as mesmas perguntas! (riso)

AL90: Mas é a forma que eu acho! A forma de colocar assim, a diferença. Eu acho assim, de colocar as coisas assim, de colocar.

ENTR: A forma é a diferença. Quando a pergunta tá escrita, por extenso, tu acha mais fácil?

AL90: É, é, é. Eu acho que é mais fácil, eu não sei.

ENTR: O que tu te lembra disso que a gente coloca no Vê? Tu te lembra o que vai?

AL90: Como assim?

ENTR: O que é perguntado? Quando eu monto o Vê, o que vai em cada coisa? O que tu te lembra dele?

AL90: Como assim, eu ainda não entendi a pergunta assim.

ENTR: Do Vê, quando a gente faz o Vê de uma experiência, tu te lembra o que vai aqui, o que vai aqui, o que vai em cada parte.

AL90: Eu me lembro de alguma coisa quando a gente montou. Montou, por exemplo, a gente coloca o início da, começa assim pelo mais, como é que eu vou dizer, pelo mais, pelo mais, no início, assim, em cima, a gente coloca mais a parte assim mais por cima assim né. Ah quando vai descendo o Vê a gente vai colocando mais, vai esmiuçando aquela coisa. Eu fiz assim pelo menos, esmiuçando aquele pensamento que a gente tem. No início é mais por cima assim, ah quando vai chegando mais pra baixo, fechando o Vê...

ENTR: É mais detalhado?

AL90: É, mais detalhado.

ENTR: Tá. Vamos mudar um pouquinho de assunto. Quanto tu pensa num cientista, o que te vem à cabeça? Me descreve um cientista.

AL90: Um cientista? Um cara que pensa muito no que ele tá... no que ele tá... na teoria dele, ele vai e tenta provar a tese dele. É um cara que tem várias teses, um cara que trabalha muito mesmo. Ele praticamente se dedica mais ao trabalho do que às outras coisas. Eu penso assim. Um cientista. Um cara que tá sempre com fome, com fome de aprender mais e mais, não tá, não tá sempre restrito àquele conhecimento dele só e deu. Tá sempre aberto ao que chegar. Um cara que... ele tem vários pensamentos, tá sempre querendo provar todos os fatos [?]. Eu acho que é isso.

ENTR: Ele tem uma característica física que te permita distinguir ele numa multidão?

AL90: [gargalhada] O cara sim, claro, o cara é totalmente excêntrico assim. Normalmente a gente pensa num cara de óculos, com o cabelo assim, sem pentear, uma coisa assim, o cara não liga muito pro visual. Eu acho que é isso.

ENTR: Tu acha que a maioria dos cientistas é assim?

AL90: É o pensamento assim é o que passa, né, a cultura assim do povo. Pensa assim cientista, então a gente pensa assim. Mas nem sempre precisa ser assim. Mas normalmente é.

ENTR: O que uma pessoa tem que gostar pra ser cientista?

AL90: Eu acho que tem que gostar de ter fome de aprender, eu acho. Ele não pode parar nunca, assim, se acomodar. Não pode se acomodar. E sempre tentando aprender mais e mais, eu acho né. Porque o conhecimento nunca é demais, né. Aí se ele não tentar aprender mais e mais, ele vai acabar se desatualizando né, comparando-se com outros.

ENTR: Onde é que trabalha um cientista?

AL90: Ah, um cientista? Vai trabalhar em vários lugares assim, né. Principalmente em laboratórios assim, tem que ter vários pra trabalhar, né, porque tem que ter um laboratório e uma biblioteca, pra sempre tá estudando. Eu acho que assim.

ENTR: Tu acha que esse laboratório tá ligado a que ou a quem? Onde é que fica esses laboratórios? Quem é que financia?

AL90: O cientista? Financiar assim alguém, como tipo um patrocínio, assim?

ENTR: Quem é que paga o cientista? Ele sobrevive do quê?

AL90: Pra falar a verdade eu não sei.

ENTR: O que tu acha? O que tu acha?

AL90: Eu não sei. Um cientista, ele, de suas obras, de alguns livros que ele faça, de alguma coisa, eu não sei. Eu acredito que seja isso.

ENTR: De royalties, assim?

AL90: É. Tipo assim, acredito que seja isso, né. Das pesquisas também. Por exemplo, se um empresa quer descobrir um novo produto, alguma coisa, vai ter os seus cientistas que vão tentar descobrir, melhorar o produto, tudo né. Daí dá lucro. Pode ser financiado pela [?] todos os conhecimentos dele, por todas as experiências dele.

ENTR: Tu acha que ele é contratado por projeto, por tarefa, ou ele tem um emprego permanente?

AL90: Eu acho que muitos... eu acho que são por projeto. Eu acho que são poucos por emprego permanente. Porque uma empresa, normalmente, aqui no Brasil, pensa no lucro, né. Aí ela pensa em melhorar o produto. Se ela tá com interesse em, se ele mostrar um bom trabalho talvez ele continue. Mas por exemplo se o produto já tá tão

evoluído, eles, eu acho que eles dispensam. Não ficam com uma equipe de cientistas pra... mas pode ser que tenha né. Poucos, né, devem ter emprego permanente.

ENTR: E esses continuam, assim, eles vivem só disso ou eles tem um outro emprego paralelo?

AL90: Eu acho que eles devem ter um emprego paralelo, assim. Porque não, não dizem, né, mas vinculada à sua área de pesquisa. O emprego dele talvez seja ligado a isso. Tipo um cientista, tá, ele faz as pesquisas dele pra uma firma. Se ele não tem mais um emprego, ele deve ter um emprego, assim, tá, que seja no mesmo ramo que ele tava fazendo as pesquisas.

ENTR: Tu acha que a sociedade se preocupa com o cientista, o cientista se preocupa com a sociedade? Como é que é essa relação entre cientista e sociedade?

AL90: Aqui no Brasil eu acho que não se preocupa nada com cientista, dão muito pouco apoio. Porque eu acho que pra ele poder trabalhar bem, ele vai ter que ter uma área financeira legal, vai ter que ter, vai ter que ter garantias que não vai passar trabalho, que não vai passar necessidades, tipo, com a remuneração dele, coisas assim né. E aqui no Brasil são poucos, devem ser poucos mesmo que tem...

ENTR: Uma vida estável?

AL90: Uma vida estável, uma remuneração boa, assim, [?]. Acho que devem ser poucos.

ENTR: Por que tu acha que a sociedade não valoriza o cientista?

AL90: Eu acho que aqui, porque aqui no Brasil eles pensam muito, assim, além dos produtos não serem tão assim, muitos assim não serem tão... comparando-se com os de outros países desenvolvidos, desatualizados, assim, né, produtos de menor qualidade. Por isso mesmo, eles só pensam no consumo, né. Se o produto tá vendendo bem, eles não tentam assim melhorar o produto normalmente. Como, por exemplo, a indústria automobilística dos Estados Unidos, né, que tá sempre tentando evoluir. No Brasil parece que fica mais lenta a coisa né, eles querem, não querem investir tanto nas empresas, assim. Tu pega uma empresa que bota, que lança poluentes no ar. O pensamento deles só evolui através de pressão, né, assim, tentam, tipo, melhorar o produto através de pressão. Ou quando o produto cai no mercado ou senão quando, por exemplo, quando o governo impõe alguma coisa pra que seja melhorado o produto. Que aqui eles não se preocupam muito com a qualidade, eu acho. Se preocupando com o cientista, eu acho que se preocupa com a qualidade do produto.

ENTR: E o cientista, tu acha que ele se preocupa com a sociedade?

AL90: Eu acho que sim, porque senão ele não tentaria descobrir, assim, novos métodos pra várias coisas, né, descobrir os fenômenos. Porque os fenômenos tá ligado a nós, né. Se a gente sabe que a Física, é a vida aqui, tá ligada a nossa vida, a Física. Tudo o que a gente faz tem Física. Física, Química. E o cientista se preocupa com isso né, em explicar tudo o que acontece com nós. Na Física, tanto física como quimicamente.

ENTR: Se tu tivesse que explicar para alguém o que é a ciência, o que tu diria? Tu encontraste com um extraterrestre hoje e tu vai contar pra ele o que é a ciência.

AL90: A ciência eu acho que seria o estudo da... de tudo, de todos os fenômenos que acontecem conosco. Conosco, com a vida e com os fenômenos. Com os fenômenos não, com a matéria não-viva, também. Eu acho que vivos e não-vivos. Tudo o que acontece, eu acho assim. Tudo o que, tudo o que acontece, uma pedra caindo a gente pode explicar, um negócio. Tudo tem explicação. Isso é ciência. Ter explicação pra tudo o que a gente faz, eu acho que isso é ciência.

ENTR: Me dá um exemplo de uma coisa que não é ciência.

AL90: Não é ciência? É difícil, eu não sei. [silêncio] Eu não sei responder, assim, não vem à cabeça agora. Eu acho que, pra mim pelo menos, a ciência é tudo aquilo, tudo o que a gente faz, que a gente pode fazer, ciência. Tudo o que a gente faz tem explicação. E é isso, pra mim a ciência é a explicação de todos os fenômenos, pra mim. Então, por isso que não, tudo o que a gente não faz que não seja ciência.

ENTR: Me diz uma coisa, tu acha que religião é também ciência? Ou são coisas separadas?

AL90: Aaaah. Eu acho que são totalmente separadas. Isso aí eu não tinha lembrado.

ENTR: Tá, então, eu quero que tu faça, assim, uma comparação. O que é importante na ciência, o que é importante na religião? como é que funciona cada uma delas?

AL90: Eu acho que a ciência, ela tenta explicar pelo princípio lógico das coisas, né. Todos os fenômenos são explicados pela lógica. Enquanto que a religião não, ela apela muito a Deus, aos fenômenos. Porque a religião pra mim também existe, né, não é só a ciência. Tem muitos fenômenos que a ciência não consegue explicar ainda, que tá muito ligado, pra mim pelo menos, eu acho que à religião, às pessoas. Não que eu seja teocentrista, nada disso né, mas, mas, eu acho que sim. Porque a ciência também depende da religião, não é assim um negócio assim, totalmente diferente a ciência da religião. Porque tem muitas coisas que a igreja, por exemplo, não aceita. Mas a ciência explica e tenta melhorar a nossa vida. Mas se a gente tivesse só a ciência também, muitos fenômenos que acontecem por aí, que ninguém explica, também não seria, se não tivesse religião. Porque a religião, eu acho, tá ligada à nossa vida.

ENTR: O que é importante dentro da ciência, o que é importante dentro da religião?

AL90: Dentro da ciência, eu acredito que sejam as melhorias que a ciência nos traz, todas as evoluções. Que a ciência explique alguns fenômenos. E a religião tá ligada, porque a gente tem que se apegar a alguma coisa que não seja só material, né, aquilo que a gente vê, que a gente toca. A gente tem, também, que acreditar em alguma coisa, que não, que ninguém, que a gente nunca tenha visto, mas que seja espírito, que esteja ligado a alguma coisa, assim, da alma, assim, de uma pessoa. Acreditar em Deus, mesmo assim. Porque eu acho que uma depende também da outra. Não é assim. Porque muita gente trata ciência contra religião. Eu até acho que a religião muitas vezes é mais contra a ciência do que a ciência contra a religião, né, mas eu acho que as duas tão ligadas. Se não existisse uma... uma faria falta se não existisse. Qualquer uma das duas.

ENTR: A postura das pessoas de trabalhar dentro delas é a mesma ou é diferente?

AL90: Não é muito diferente. Porque na religião é tudo ligado a Deus, né, tudo ligado a espíritos, assim, né, a Deus, enquanto que na ciência não. Ela tenta explicar o que a gente vê mesmo. O que pode ser explicado assim, o fenômeno natural da coisa mesmo. A religião não. A religião tenta levar pro lado de divindades, da força de vontade da pessoa. É isso, é a fé da pessoa, enquanto que a ciência não, a ciência tenta explicar a qualidade mesmo.

ENTR: Se eu te desse uma teoria, por exemplo a astrologia, a influencia dos astros na vida das pessoas. Que critérios tu usaria pra me dizer se essa teoria é uma teoria científica?

AL90: Ah, o que eu teria que saber primeiro é se essa teoria tem algum resultado mesmo, né. Se ela tivesse algum resultado prático mesmo, de positivo, ah eu tentaria explicar o porque que aconteceu aquilo, né.

[INTERRUPÇÃO]

ENTR: Continuando.

AL90: Eu tentaria explicar tudo aquilo que aconteceu de positivo, que deu errado na teoria, porque que deu errado, porque que deu certo. Seria isso né. Porque se a teoria também me der tudo... Se tu fizer uma teoria sobre a astrologia, eu, por exemplo, eu não acredito, né. Aí tem que dar resultados práticos aquilo ali, aquela teoria. Se não der, eu acho que aquilo não é uma teoria. [?] muito errado, né.

ENTR: Como é que tu entende as palavras hipótese, teoria e lei? As pessoas entendem coisas diferentes. Como é que tu entende?

AL90: É porque um hipótese a gente pode sempre tá... pode ser provado tanto quanto... por exemplo, a astrologia, é uma hipótese, entendeu? Acredito que seja. Porque muitas pessoas acreditam, porque acham que dá um resultado prático. Por exemplo, eu acho que não dá. Aí eu acho que é uma hipótese, porque não tá nada provado ainda, não tá comprovado cientificamente, que é positiva ou negativa aquela teoria. Daí se diz que é uma hipótese. Uma lei eu acredito que já seja uma teoria provada, né, cientificamente que é aquilo. Eu acho que seria isso.

ENTR: E teoria? É o meio termo?

AL90: É, a teoria seria o meio termo.

ENTR: Qual é a diferença entre teoria e lei?

AL90: É que a lei a gente já tem os fundamentos práticos e teóricos prontos, enquanto que a teoria não, a gente pode até ter uma teoria, como é que eu vou dizer, a gente não tem cientificamente provado totalmente aquilo, na prática, assim, por isso que é uma teoria.

ENTR: Por que não tem prática feita ainda?

AL90: Porque não tem prática ainda, eu acho que comprovada.

ENTR: Tu acha que o ciência faz primeiro teoria ou primeiro experiência?

AL90: Não, eu acredito que ele, que a experiência ele... ele tem uma teoria antes da experiência, alguma coisa, né, mas a prática deve vir eu acho que depois, né. Ele tem uma teoria e faz a prática e comprova pra ver se os fatos deram certos ou não. Acredito que seja isso. Ele tem uma teoria e faz a prática pra ver se a teoria dele estava certa ou errada.

ENTR: Tu acha que a ciência é formada de que, de teoria ou de leis?

AL90: Mais de teorias, eu acho que devem existir leis na ciência. Mas a teoria, hoje em dia, eu acho que a teoria tem muitas coisas que a gente precisa que tá sempre mudando, né. Eu acredito que a lei não mude. A teoria sim, a teoria, a gente tem uma teoria sobre um certo assunto, mas ela pode ser modificada daqui um tempo. Nada importa que outro cientista descubra uma coisa diferente, que prove que talvez aquela teoria que eu tivesse colocado estivesse errada, ou também tivesse certa, né. Eu acho que existe mais teoria que a lei, porque a lei é uma coisa imutável.

ENTR: E há leis dentro da ciência também? Existem algumas?

AL90: Ah, existem. Eu acredito que sim. Existem mais teorias, mas existem leis também.

ENTR: E um assunto assim, que foi muito estudado, por exemplo, a queda dos corpos, né, a explicação de porque que os corpos caem, tu acha que uma vez que isso virou lei, precisa ainda ser revisado ou eu já dou aquilo como permanente, como certo?

AL90: Eu acabei de falar que aquilo é imutável, né. É como se fosse imutável, né. A gente pode até aprender com ela. A gente pode aprender porque que é aquilo, mas eu acho que aquilo já é uma lei, é imutável, já é imutável, não dá pra mudar mais, eu acho e tal, porque aquele princípio tá certo. Por isso a gente pode aprender, porque que acontece aquilo, mas a lei eu acho que já tá feita. Aí ela é imutável. Depois que ela foi totalmente comprovada eu acho que não tem mais mudanças.

ENTR: E pra uma coisa chegar a lei, então, o que tem que acontecer?

AL90: Ela tem que ser totalmente provada. Todos, toda a teoria tem que ser totalmente provada. Porque que acontece isso, porque que acontece aquilo, porque que não acontece isso. Depois disso aí sim, eu acho que vira lei.

ENTR: Como é que prova uma teoria?

AL90: Eu acho que a teoria... eu acho que tem que ter princípios teóricos, depois executar a prática, e tentar abordar tudo o que foi feito ali na prática, tudo o que aconteceu na prática mesmo, porque a prática é muito importante. E se a gente... se a teoria tiver algum erro, se uma lei tiver algum erro na hora da prática, eu acho que aí ela não é lei, ela pode ser mudada. Aí é como se fosse uma teoria, pode ser mudada.

ENTR: Mas tu acha que ela chega a lei com erros?

AL90: Não, lei não. A lei já tem que tá totalmente provada.

ENTR: Tu acha que é possível viver sem a ciência hoje?

AL90: Eu acho que não. É totalmente impossível.

ENTR: Por quê?

AL90: Não, porque a ciência hoje em dia é totalmente importante pra tudo né, pra tudo o que a gente faz. Tudo o que a gente precisa, precisa ter ciência, porque tá sempre evoluindo, né. E a ciência... a gente também tá sempre aprendendo né. Sem ciência não dá. Não tem como. Porque tu se torna atrasado em relação aos outros, porque quem tem ciência, se preocupa em aprender a ciência. Tá sempre evoluindo, tá sempre melhorando. Enquanto que uma pessoa que não, que não quer aprender, vai se tornar restrita só àquilo que ela sabe. Vai se tornar, como se diz, atrasada em relação aos outros, que já aprenderam ciência.

ENTR: Tu gostaria de ser cientista?

AL90: Eu acho que cientista, mesmo, eu não tenho muita vocação. Cientista, mesmo, cientista que executa a prática, que tá sempre tentando aprender mesmo. Eu gostaria de aprender a ciência, mas não de ser cientista.

ENTR: O que tu acha que tu não tem pra ser cientista?

AL90: Às vezes falta até força de vontade. Eu não sou muito, muito assim de... porque o cientista tá sempre tentando aprender, né. E eu às vezes sou meio restrito ao meu conhecimento, assim, o meu pai chega a falar isso. Se tu tem a tua tese, tu não larga mais mão daquela tese. É isso que eu acho que é. Eu tento provar aquilo de qualquer jeito. E o cientista não, ele tem que tá aberto a outros conhecimentos também, além de tá preocupado com o trabalho. E eu até não sou tão, tão ligado ao trabalho assim.

ENTR: Tu acha que a competição é uma coisa importante entre os cientistas?

AL90: Ah, sim, claro, senão... Não competição assim no nível profissional, né, porque se não houver competição, todo mundo vai descobrir um produto, por exemplo. Aí se não houver competição, o produto nunca vai melhorar. Como os cientistas, né, se não houver competição, um cientista contra o outro, assim, profissionalmente, eles vão se tornar restritos àquilo né. Não vão tentar melhorar sempre e sempre como se tivesse competição.

ENTR: Tu acha que o cientista é uma pessoa preocupada com as consequências do trabalho dele, ou ele é mais preocupado com o trabalho do que com os próprios efeitos desse trabalho?

AL90: Não, eu acho que ele se preocupa muito com o trabalho, né, mas tem que... ele tem que ver os efeitos, o cientista. Porque se ele não ver [sic], ele vai se tornar... ele vai se desanimar, eu acho. Se o trabalho dele não der resultado, eu acho que ele não vai, não vai progredir não, porque ele se preocupa muito com os efeitos. Mais com os efeitos até do que com... se preocupa com o trabalho também, mas mais com os efeitos do que com o trabalho. Acredito eu.

ENTR: Eu falo assim de efeitos negativos, por exemplo, tu acha que ele se preocupa de que alguém possa usar o trabalho dele para fazer alguma coisa...

AL90: Ah, sim, sim, eu acho que sim. Eu acho que sim, porque, mesmo, às vezes, até o cientista colabora com isso, porque o cientista tenta evoluir tanto, tanto, tanto, que até acaba criando aí produtos pra destruir, tipo armas e coisas assim, que não vão fazer bem à humanidade. Mas eu acho que existe, em todos os lugares existem bons profissionais e maus profissionais. Com os cientistas também. Existem cientistas que se preocupam mesmo com trabalho feito pra, em benefício à população, pra melhorias mesmo, enquanto que outros não. Eu acho que existem muitos cientistas também, alguns, não muitos, comparando-se eu acho que é a minoria, que se preocupa mais ainda com o trabalho mesmo, tempo [?] e dinheiro, pesquisando, não se importa muito com o tipo de pesquisa que ele tá fazendo. Faz pesquisas que podem prejudicar os outros, tipo esses, pesquisa de armas mesmo, fazer armas. Tem muitos que tentam evoluir cada vez, por isso que a indústria armamentista é uma das maiores que tem, um dos maiores grupos né. Aqui no Brasil mesmo tem grandes grupos. São cientistas que não se preocupam muito com o efeito que aquilo pode causar. Se preocupam mais em si, do que com a população.

ENTR: Mas tu acha que essa é uma postura da maior parte?

AL90: Mau profissional, eu acho que é do mau profissional, porque ele tá ligado no trabalho dele, mas ele também deve pensar nos outros né. Mas eu acho que um cientista devia se preocupar mais em pesquisar em benefício da população. E isso eu acho que é minoria, né.

ENTR: A minoria é que faz, que se preocupa com a população?

AL90: Não, não. Não, com a população é a maioria, eu acredito.

ENTR: A minoria é esses outros?

AL90: Desses outros, dos maus profissionais, eu acredito.

ENTR: Tá bom, então, obrigada.

AL90: Tá.

ANEXOS

*“Reparta o seu conhecimento.
É uma forma de alcançar a imortalidade.”*

Dalai Lama

ANEXO A

EXEMPLOS DE VÊS DISCUTIDOS EM AULA

A1 - EXEMPLO EM BIOLOGIA

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - FÍSICA I
O USO DO VÊ : UM EXEMPLO EM BIOLOGIA

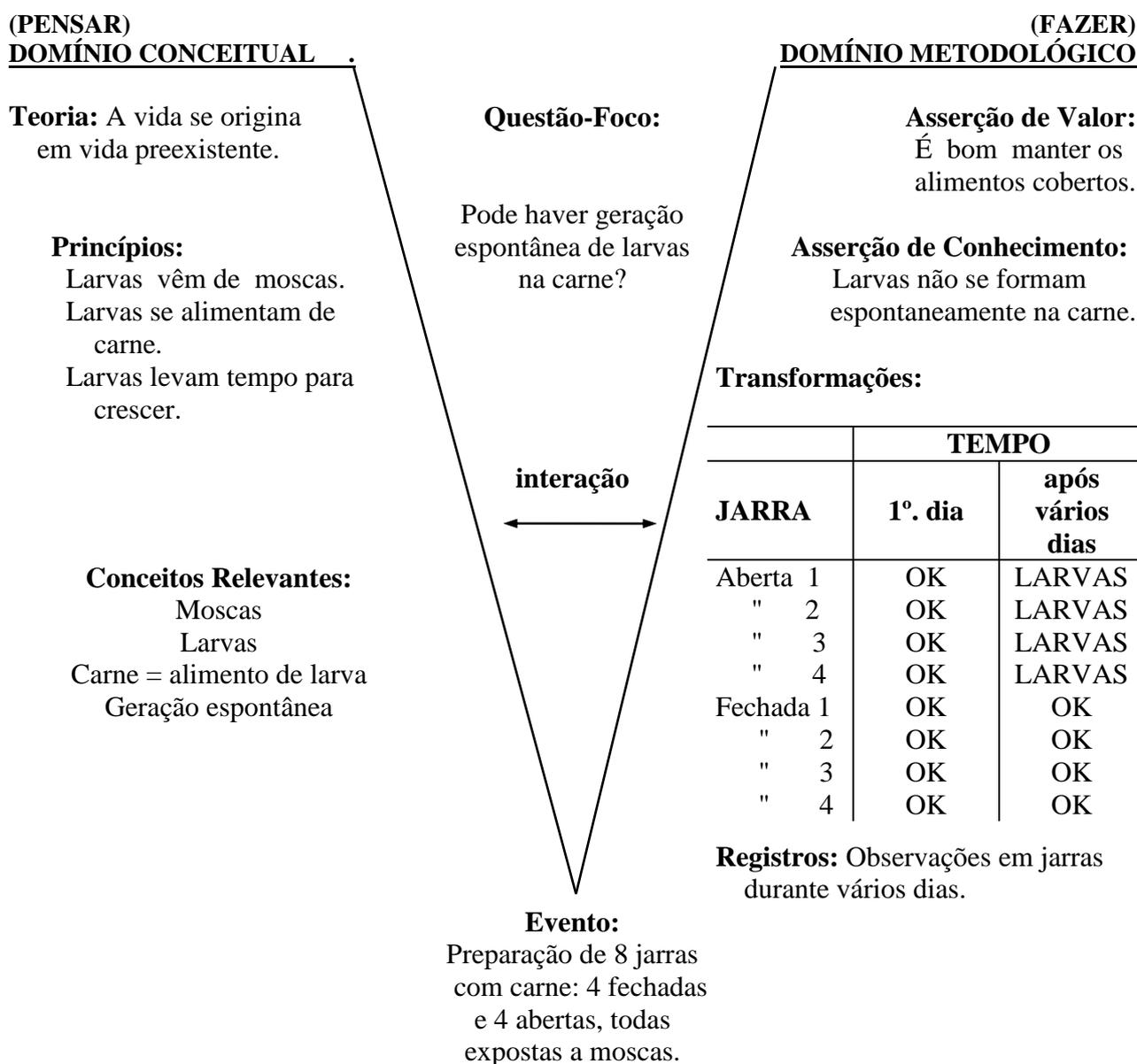


Figura 13 – Um diagrama Vê preparado a partir da descrição de um experimento em um livro de texto de Biologia (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 115).

A2 - EXEMPLO EM LEITURA

FURG - DEPARTAMENTO DE FÍSICA - FÍSICA I O VÊ COMO INSTRUMENTO PARA LEITURA

DOMÍNIO CONCEITUAL

Filosofia:

Algumas espécies de pássaros podem estar usando as estrelas para escolher a direção do vôo tanto na ida para o Sul como na volta para casa.

Teorias:

- etológica
- ambiental

Princípios:

1. O comportamento dos pássaros pode ser ajustado através de experimentos simples durante estações quando eles migram.

2. Experimento de correlação de estrelas pode ser usado para determinar padrões de vôo aprendidos pelos pássaros para propósitos de migração.

Conceitos:

- comportamento e migração dos pássaros
- correlações estelares específicas, astronomia e astrologia
- navegação pelas estrelas

Questões-Foco:

Como os pássaros encontram o caminho para o Sul no Outono, voltando na Primavera exatamente ao mesmo lugar onde começaram a jornada? E por que a maioria dos pássaros migra à noite?

Novas Questões-Foco:

Já que os pássaros migram à noite, quando eles repousam? Como eles sabem que devem migrar? Isso também é determinado pelas estrelas?

Objeto:

Modelos de vôo dos pássaros

Evento:

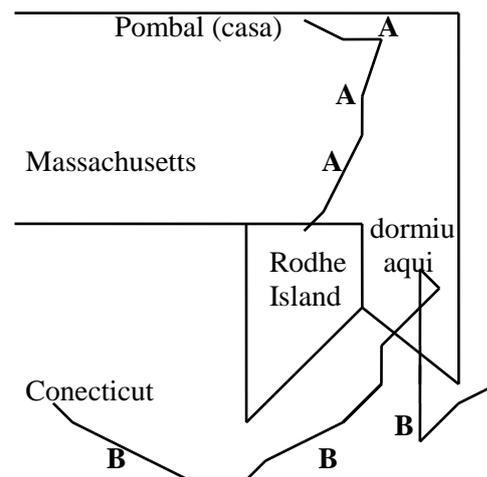
Modelos estelares e mudanças temporais/sazonais

DOMÍNIO METODOLÓGICO

Conhecimento Produzido:

Pássaros usam padrões estelares e o tempo de luz do dia para navegar e dirigir seu caminho rumo ao Sul (e do Sul) durante as estações de Outono e Primavera. Usando este método de navegação, os pássaros são capazes de retornar ao ponto de partida ano após ano.

Transformações:



Pássaro **A** - compensação de 5 min
Pássaro **B** - compensação de 6 h

Registros: Pombos colocados em viveiros onde cientistas fizeram compensação da luz e das horas do dia, aumentando seis horas, tinham seu padrão de correlação estelar modificado, gerando uma confusão sobre o Norte e o Sul, levando-os a se perderem. Pássaros não tratados encontram sua casa sem problemas.

Figura 14 – Um Vê, feito por um estudante, sobre o artigo “*Navegação dos pássaros – viagens na Nova Inglaterra na caça aos pombos*” (GURLEY-DILGER, 1992, p. 54).

ANEXO B

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DAS DISCIPLINAS DE FÍSICA I

B1 – CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DA DISCIPLINA FÍSICA I – Anos I e II

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO**

Disciplina: FÍSICA I

Departamento: FÍSICA

Duração: SEMESTRAL

Carga Horária Semanal: 6 HORAS (4 TEÓRICAS + 2 PRÁTICAS)

Créditos: 6

Sistema de Avaliação: SISTEMA I

Pré-Requisitos : NÃO TEM

População-Alvo: Alunos do curso de ENGENHARIA MECÂNICA e cursos com currículos em extinção (Eng. Civil, Eng. Química, Eng. de Alimentos, Ciências, Oceanologia e Matemática)

EMENTA DA DISCIPLINA

Medidas Físicas. Movimento Retilíneo. Vetores. Movimento num Plano. Dinâmica da Partícula. Trabalho e Energia. Conservação da Energia e do Momento. Colisões. Cinemática. Dinâmica da Rotação. Mecânica dos Fluidos.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

UNIDADE I – ESPAÇO E TEMPO

- 1ª Semana 1.1 Introdução. Objetivos da Física. Método científico. Grandezas e dimensões.
- 1.2 Introdução à teoria dos erros. Médias e desvios.
- 2ª Semana 1.3 Movimento de translação. Posição de uma partícula. Sistema de referência. Deslocamento.
- 1.4 Movimento unidimensional. Velocidade média e instantânea. Aceleração média e instantânea. Gráficos.
- 3ª Semana 1.5 Movimento bidimensional. Movimento de projéteis. Movimento circular.
- 4ª Semana 1.6 Movimento relativo.

UNIDADE II – LEIS DO MOVIMENTO

- 5ª Semana 2.1 Conceito de massa. Momento linear. Lei de inércia. Definição de força. 2ª e 3ª Leis de Newton.
- 6ª Semana 2.2 Forças de interação. Forças em fios, hastes e superfícies.
- 2.3 Forças de atrito. Forças no movimento circular.
- 7ª Semana 2.4 Força inerciais.

UNIDADE III – TRABALHO E ENERGIA

- 8ª Semana 3.1 Trabalho. Potência.
- 3.2 Forças conservativas e dissipativas.
- 9ª Semana 3.3 Energia potencial gravitacional e elástica.
- 3.4 Conservação de Energia.

UNIDADE IV – SISTEMA DE PARTÍCULAS

- 10ª Semana 4.1 Centro de massa. Movimento do centro de massa.
- 11ª Semana 4.2 Momento linear. Conservação do momento linear.
- 4.3 Colisões.
- 12ª Semana 4.4 Cinemática da rotação. Grandezas angulares.
- 13ª Semana 4.5 Dinâmica da rotação. Momento de uma força em relação a um eixo. Momento angular. Momento de inércia.
- 14ª Semana 4.6 Movimento combinado de translação e rotação.
- 4.7 Conservação do Momento Angular.

UNIDADE V – HIDROSTÁTICA

- 15ª Semana 5.1 Fluidos. Pressão. Massa específica. Densidade.
- 5.2 Variação da pressão em um fluido em repouso.
- 5.3 Princípio de Pascal. Princípio de Arquimedes.

CRONOGRAMA DAS AULAS PRÁTICAS

- 1^a Apresentação. Medidas, erros e desvios.
- 2^a Linearização de gráficos.
- 3^a Pêndulo simples: identificação de variáveis relevantes.
- 4^a Pêndulo simples: determinação da aceleração da gravidade.
- 5^a Estudo de um movimento retilíneo uniformemente variado.
- 6^a Movimento de um projétil: decomposição de movimentos.
- 7^a Lei de Hooke e associação de molas.
- 8^a Avaliação.
- 9^a 2^a Lei de Newton: relação entre força, massa e aceleração.
- 10^a Hidrostática: tubo em U e Princípio de Arquimedes.
- 11^a Relação entre trabalho e energia.
- 12^a Conservação de energia.
- 13^a Conservação de momento linear: colisões.
- 14^a Dinâmica da rotação.
- 15^a Avaliação.

Observação: A frequência às aulas experimentais é obrigatória.

INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação acontecerá da seguinte forma:

Parte Teórica 7,0 (Provas 6,0 + Listas ou Trabalhos 1,0)

Parte Experimental ... 3,0 (Relatórios 1,5 + Provas Experimentais 1,5)

BIBLIOGRAFIA

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRIL, J. **Fundamentos da Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. v. 1.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. v. 1.

TIPLER, P. A. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. v. 1A.

EISBERG, R. M.; LERNER, L.S. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. v. 1.

B2 – CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DA DISCIPLINA FÍSICA GERAL I – Anos II e III

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Disciplina: FÍSICA GERAL I

Departamento: FÍSICA

Duração: ANUAL

Carga Horária Semanal: 6 HORAS (4 TEÓRICAS + 2 PRÁTICAS)

Créditos : 12

Sistema de Avaliação: SISTEMA I

Pré-requisitos: NÃO TEM

População-Alvo: Alunos do curso de ENGENHARIA CIVIL

EMENTA DA DISCIPLINA

Medidas Físicas. Movimento Retilíneo. Vetores. Movimento num Plano. Dinâmica da Partícula. Trabalho e Energia. Conservação da Energia e do Momento. Colisões. Cinemática e Dinâmica da Rotação. Mecânica dos Fluidos. Oscilações. Movimento Ondulatório. Temperatura. Calor e Primeira Lei da Termodinâmica. Teoria Cinética dos Gases. Segunda Lei da Termodinâmica.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

UNIDADE I – MECÂNICA

| | |
|-----------|--|
| 1ª Semana | 1.1 Introdução. Medidas Físicas. |
| 2ª Semana | 1.2 Movimento Unidimensional. |
| 3ª Semana | 1.3 Vetores. |
| 4ª Semana | 1.4 Movimento num Plano. Movimento Relativo. |
| 5ª Semana | 1.5 Dinâmica da Partícula. |
| 6ª Semana | 1.6 Leis de Força. |
| 7ª Semana | 1.7 Força de Atrito. |

| | |
|------------|---|
| 8ª Semana | 1.8 Aplicações da Dinâmica da Partícula. |
| 9ª Semana | 1.9 Trabalho e Energia Cinética. |
| 10ª Semana | 1.10 Energia Potencial. Potência. Conservação de Energia. |
| 11ª Semana | 1.11 Conservação do Momento Linear. |
| 12ª Semana | 1.12 Colisões. |
| 13ª Semana | 1.13 Cinemática da Rotação. |
| 14ª Semana | 1.14 Dinâmica da Rotação. |
| 15ª Semana | 1.15 Movimento Combinado de Rotação e Translação. Conservação do Momento Angular. |

UNIDADE II - GRAVITAÇÃO

| | |
|------------|---|
| 16ª Semana | 2.1 Interação Gravitacional. Lei da Gravitação Universal. |
|------------|---|

UNIDADE III – MECÂNICA DOS FLUIDOS

| | |
|------------|-----------------------------|
| 17ª Semana | 3.1 Fluidos em Repouso. |
| 18ª Semana | 3.2 Movimento de um Fluido. |

UNIDADE IV - OSCILAÇÕES

| | |
|------------|---|
| 19ª Semana | 4.1 Movimento Harmônico Simples. |
| 20ª Semana | 4.2 Energia num MHS. |
| 21ª Semana | 4.3 Oscilações Amortecidas. Oscilações Forçadas. Ressonância. |

UNIDADE V – ONDAS

| | |
|------------|--|
| 22ª Semana | 5.1 Movimento Ondulatório. |
| 23ª Semana | 5.2 Superposição de Ondas. Interferência. Ondas Estacionárias. |
| 24ª Semana | 5.3 Ondas Sonoras. |
| 25ª Semana | 5.4 Efeito Doppler. Batimento. |

UNIDADE VI – TERMODINÂMICA

| | |
|------------|--|
| 26ª Semana | 6.1 Temperatura. |
| 27ª Semana | 6.2 Calor e Primeira Lei da Termodinâmica. |
| 28ª Semana | 6.3 Teoria Cinética dos Gases. |
| 29ª Semana | 6.4 Segunda Lei da Termodinâmica. |
| 30ª Semana | 6.5 Entropia. |

CRONOGRAMA DAS AULAS PRÁTICAS

- 1^a Medidas, Erros e Desvios.
- 2^a Gráficos e Funções.
- 3^a Pêndulo Simples: Identificação de Variáveis Relevantes.
- 4^a Movimento Retilíneo.
- 5^a Composição de Movimentos.
- 6^a Relação entre Força, Massa e Aceleração.
- 7^a Força de Atrito.
- 8^a Revisão.
- 9^a Lei de Hooke.
- 10^a Relação entre Trabalho e Energia Cinética.
- 11^a Conservação da Energia.
- 12^a Conservação do Momento Linear: Colisões.
- 13^a Medidas de Rotação.
- 14^a Dinâmica da Rotação. Rolamento.
- 15^a Revisão.
- 16^a Hidrostática.
- 17^a Hidrostática.
- 18^a Velocidade de Escoamento de um Fluido.
- 19^a Pêndulo Simples. Sistema Massa-mola.
- 20^a Pêndulo Físico.
- 21^a Pêndulo Amortecido.
- 22^a Revisão.
- 23^a Movimento Ondulatório.
- 24^a Som.
- 25^a Superposição de Ondas.
- 26^a Termometria.
- 27^a Calorimetria.
- 28^a Gases.
- 29^a Gases.
- 30^a Revisão.

Observação: A frequência às aulas experimentais é obrigatória.

INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação acontecerá da seguinte forma:

Parte Teórica 7,0 (Provas 6,0 + Listas ou Trabalhos 1,0)

Parte Experimental ... 3,0 (Relatórios 1,5 + Provas Experimentais 1,5)

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRIL, J. **Fundamentos da Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. v. 1.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRIL, J. **Fundamentos da Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. v. 2.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. v. 1.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. v. 2.

BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

TIPLER, P. A. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. v. 1A.

TIPLER, P. A. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. v. 1B.

EISBERG, R. M.; LERNER, L.S. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. v. 1.

EISBERG, R. M.; LERNER, L.S. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. v. 2.

ANEXO C

EXEMPLOS DE ROTEIROS TRADICIONAIS UTILIZADOS NAS PRÁTICAS DE FÍSICA I

C1 – SEGUNDA LEI DE NEWTON

FURG
DEPTO. DE FÍSICA
8ª AULA PRÁTICA DE FÍSICA I

TÍTULO: RELAÇÃO ENTRE FORÇA, MASSA E ACELERAÇÃO

O objetivo desta experiência é verificar como é afetado um movimento de translação pela variação da força resultante quando a massa é mantida constante.

A experiência consiste em analisar a aceleração 'a' do sistema de massa M' formado por uma massa M que, num plano horizontal, é puxada por outra massa m que se movimenta na vertical. As duas massas estão ligadas por um fio de massa desprezível que passa por uma roldana. Sendo mg a força resultante (aceleradora) sobre o sistema, sua aceleração é dada por:

$$a = mg/M' \quad (\text{O aluno deverá verificar essa equação})$$

$$aM' = mg = F \quad (\text{força aceleradora})$$

Nessa experiência a massa do sistema $M' = (m + M)$ deverá ser mantida constante. Os acréscimos na massa de m são retirados de M. Observe que em M deverá ser computada a massa do carrinho, bem como as massas colocadas sobre ele.

- a) Fixe sobre o trilho uma distância de 80 cm e, para cada força aceleradora, calcule cinco medidas de tempo completando a tabela abaixo.

| m (g) | x (m) | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t _m | a |
|-------|-------|----|----|----|----|----|----------------|---|
| 10 | 0,80 | | | | | | | |
| 20 | 0,80 | | | | | | | |
| 30 | 0,80 | | | | | | | |
| 40 | 0,80 | | | | | | | |

- b) Calcule o tempo médio, das 5 medidas, e determine a aceleração do sistema.
 c) Faça um gráfico da força resultante (aceleradora) mg versus a aceleração do sistema.
 d) O que você obteve? Calcule a inclinação desse gráfico. O que significa esse valor?
 e) Qual o erro percentual na medida da massa total M' do sistema?
 f) Escreva então a relação matemática entre a força resultante (aceleradora) e a aceleração do sistema.
 g) Enuncie as prováveis fontes de erro.

C2 – TEOREMA TRABALHO E ENERGIA

FURG
DEPTO. DE FÍSICA
11ª AULA PRÁTICA DE FÍSICA I

TÍTULO: TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA

Utilizando uma mola de constante elástica K conhecida, verificaremos experimentalmente o Teorema Trabalho-Energia.

Uma mola de constante elástica K, ao ser deformada de x(cm), conserva a energia potencial elástica de $\frac{1}{2}KX^2$. Se esta mola lançar um corpo de massa m sobre uma superfície horizontal sem atrito, ele irá adquirir energia cinética de $\frac{1}{2}mV^2$.

Em termos do Teorema Trabalho-Energia podemos escrever:

$$\frac{1}{2}KX^2 = \frac{1}{2}mV^2$$

ou que a velocidade é

$$V = \sqrt{\frac{K}{m}} X \quad (1)$$

No trilho de ar podemos medir a velocidade se considerarmos uma certa distância d (digamos 50 ou 70 cm por exemplo) e medirmos o intervalo de tempo necessário para percorrer esta mesma distância. Para tanto devemos realizar a mesma deformação na mola diversas vezes conforme sugere a tabela.

| Deformação da mola x(cm) p.ex. | distância d = 50 cm | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t6 | t7 | t8 | t9 | t10 | tm |
| 0,75 | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | | | | | | | | | | | |
| 1,25 | | | | | | | | | | | |

- Determinar qual é o valor experimental da V do carrinho para cada deformação da mola.
- Coloque os pontos experimentais obtidos num gráfico $V_{exp} \times X$ (deformação da mola)
- Determine agora o valor de V teoricamente, usando a fórmula (1) anterior (Obs.: há necessidade de se medir m) e faça a tabela:

| X | V |
|---|---|
| | |

- No mesmo gráfico anterior trace a reta $V \times X$ usando a fórmula (1).
- Determine qual é o erro relativo do experimento e enuncie as prováveis fontes de erro.

C3 – PÊNULO SIMPLES – 1ª Parte

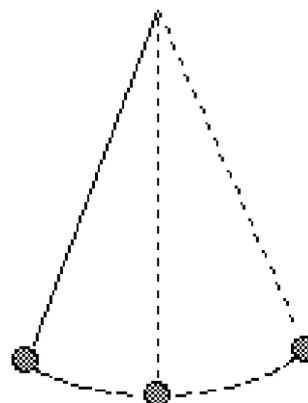
8. O Pêndulo Simples

O experimento tem como objetivo verificar se o período de um pêndulo simples depende:

- da massa do pêndulo.
- do comprimento do fio.
- da amplitude.

Material

- pêndulo com fio de comprimento variável.
- régua.
- cronômetro e
- esferas de massas distintas.



Procedimento

a) Ajuste o comprimento do pêndulo de modo que tenha aproximadamente 30 cm do ponto de suspensão até o centro da esfera. Desloque a esfera do ponto de equilíbrio e meça o tempo necessário para o pêndulo executar 10 oscilações completas. Repita 3 vezes e, após a anotação em uma tabela conveniente, determine o T médio.

Repita, agora, este procedimento usando outras massas suspensas. Anote os resultados obtidos.

O que você pode concluir?

b) Para saber a dependência com o comprimento execute o mesmo procedimento fazendo variar agora o comprimento do fio e organize seus dados em uma tabela conveniente. Verifique se existe a relação entre T e o comprimento L. Sugere-se as relações $T \propto L$, $T \propto \frac{1}{L}$, $T^2 \propto L$ e $T \propto L^2$.

A relação é, então, linear, inversamente proporcional, quadrática ou qual?

| |
|-----------------------------------|
| Qual a conclusão que podes tirar? |
|-----------------------------------|

c) Faça os mesmos procedimentos que em (a) e modifique a amplitude de oscilação. Anote seus valores numa tabela conveniente e tire suas conclusões.

C4 – PÊNDBULO SIMPLES – 2ª Parte

9. Determinação da aceleração da gravidade com o pêndulo

Vimos na aula anterior que o período de um pêndulo é proporcional à raiz quadrada do comprimento do mesmo (ou $T^2 \propto L$). Ajuste o comprimento do pêndulo de modo que tenha 30 cm do ponto de suspensão até o centro da esfera. Desloque a esfera do ponto de equilíbrio e determine o tempo necessário para o pêndulo executar 10 oscilações completas. Repita 3 vezes e determine o T_m (período médio). Organize uma tabela para a anotação dos dados.

Repita a experiência para os comprimentos 50, 70, 90 e 110 cm.

Sabemos da teoria que o período T de um pêndulo está relacionado com seu comprimento através da relação

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} .$$

Assim, pode-se construir o gráfico de $4\pi^2 L$ versus T^2 . Apresente na tabela abaixo estes dados experimentais.

| | | | | | |
|---------------------------|----|----|----|----|-----|
| L(cm) | 30 | 50 | 70 | 90 | 110 |
| $4\pi^2 L$ (cm) | | | | | |
| T_m (s) | | | | | |
| T_m^2 (s ²) | | | | | |

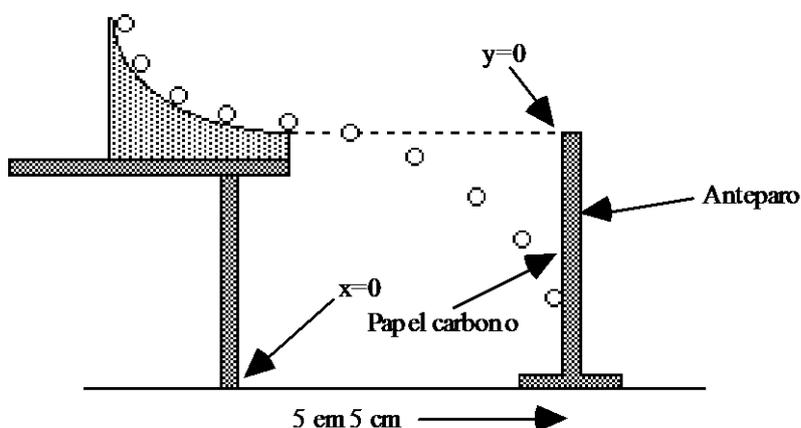
Trace o gráfico $4\pi^2 L$ versus T^2 .

Como você obtém o valor de g ?

Determine o desvio percentual, comparando com o valor de g adotado de $980 \frac{cm}{s^2}$.

C5 – MOVIMENTO DE PROJÉTEIS

17. Composição de um Movimento



- Coloque o papel branco com o carbono sobre o anteparo e identifique, no papel, o ponto $y = 0$ e no chão o ponto $x = 0$.
- Solte a esfera, sempre da mesma posição, deslocando o anteparo horizontalmente por distâncias iguais (5cm em 5cm) e repetindo 5 vezes para cada afastamento do anteparo. A colisão da esfera com o anteparo ficará registrada no papel sob o carbono.
- Retire o papel do anteparo e verifique a posição do ponto médio de todas as colisões. Faça uma medida aproximada.
- Com os dados obtidos em (b), construa um gráfico de y versus x para o movimento da esfera.

e) Linearize o gráfico e forneça a equação da trajetória.

f) Determine a velocidade inicial da esfera ao sair da rampa. Considere $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$. Será necessário deduzir a equação da trajetória.

g) Verifique se a componente v_x é constante.

C6 – LEI DE HOOKE

19. Lei de Hooke e Associação de Molas

Esta atividade tem como objetivos:

- determinar a constante elástica k de molas;
- conhecer a relação existente entre as constantes de molas, quando associadas em série e paralelo, e a constante elástica individual das molas que compõem a associação.

1) Determine a constante elástica da mola (suposta igual nas associações) suspendendo-a, aplicando forças e lendo as correspondentes deformações, preenchendo a tabela abaixo.



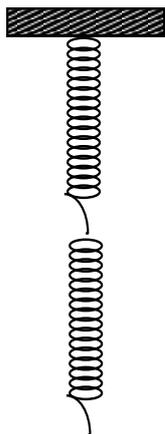
| F | x |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |

Faça um gráfico de \underline{F} contra \underline{x} e calcule a constante \underline{k} da mola.

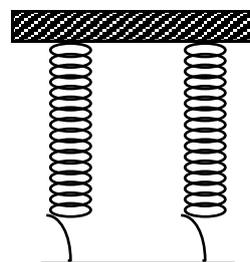
| |
|--|
| Constante elástica \underline{k} da mola = |
|--|

2) Faça o mesmo procedimento para as associações em série e paralelo, preenchendo as tabelas correspondentes.

Série



Paralelo



Série

| F | x |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |

Paralelo

| F | x |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |

| |
|---|
| Constante elástica \underline{k}_S da associação em série = |
|---|

| |
|--|
| Constante elástica \underline{k}_P da associação em paralelo = |
|--|

3) Compare e discuta os resultados obtidos.

ANEXO D

CRITÉRIOS PARA AVALIAR OS VÊS CONSTRUÍDOS PELOS ESTUDANTES²⁵

Quanto maior o escore, mais completa/correta é a parte do Vê. Total de 20 pontos.

QUESTÃO-FOCO

- 0 - Nenhuma questão-foco é identificada.
- 1 - Uma questão é identificada, mas não se focaliza sobre os objetos ou o evento principal ou o lado conceitual do Vê.
- 2 - Uma questão-foco é identificada; inclui conceitos, mas não enfoca objetos ou o evento principal, OU evento e objetos errados são identificados ao restante da atividade de laboratório.
- 3 - Uma questão-foco clara é identificada; inclui conceitos adequados e aborda o evento principal e os objetos correlacionados.

OBJETO/EVENTO

- 0 - Nenhum evento ou objeto é identificado.
- 1 - O evento principal OU os objetos são identificados e são consistentes com a questão-foco, ou um evento E objetos são identificados, mas são inconsistentes com a questão-foco.
- 2 - O evento principal e os objetos relacionados são identificados, e são consistentes com a questão-foco.
- 3 - O mesmo que acima, mas também sugere que registros serão feitos.

PRINCÍPIOS E CONCEITOS

- 0 - Nenhum lado conceitual é identificado.
- 1 - Uns poucos conceitos são identificados, mas sem princípios ou teorias, ou um princípio escrito é a asserção de conhecimento pretendida na atividade de laboratório.
- 2 - Conceitos e ao menos um tipo de princípio (conceitual ou metodológico) ou conceitos e uma teoria relevante é identificada.
- 3 - Conceitos e dois tipos de princípios são identificados, OU conceitos, um tipo de princípio, e uma teoria relevante é identificada.
- 4 - Conceitos, dois tipos de princípios, e uma teoria relevante são identificados.

²⁵ Gurley-Dilger (1992).

REGISTROS/TRANSFORMAÇÕES

- 0 - Nenhum registro ou transformação é identificado.
- 1 - Registros são identificados, mas são inconsistentes com a questão-foco ou o evento principal.
- 2 - Registros ou transformações são identificados, mas não ambos.
- 3 - Registros são identificados com o evento principal; transformações são inconsistentes com a intenção da questão-foco.
- 4 - Registros são identificados com o evento principal; transformações são consistentes com a questão-foco e o nível e habilidade do estudante.

ASSERÇÃO DE CONHECIMENTO

- 0 - Nenhuma asserção de conhecimento é identificada.
- 1 - Uma asserção que é não-relacionada com o lado esquerdo do Vê.
- 2 - Uma asserção de conhecimento que inclui um conceito usado num contexto impróprio, ou qualquer generalização que é inconsistente com os registros e transformações.
- 3 - Uma asserção de conhecimento que inclui os conceitos da questão-foco e é derivada dos registros e transformações.
- 4 - O mesmo que acima, mas a asserção de conhecimento leva a uma nova questão-foco.

NOVA QUESTÃO-FOCO

- 0 - Nenhuma nova questão-foco é dada.
- 1 - Uma nova questão-foco consistente com a asserção de conhecimento é identificada.

ASSERÇÃO DE VALOR

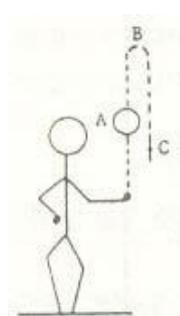
- 0 - Nenhuma asserção de valor é dada.
- 1 - Uma asserção consistente com a importância da pesquisa, descrevendo a utilidade da asserção de conhecimento, justificando um esforço científico puro ou aplicado.

ANEXO E

TESTE SOBRE FORÇA E MOVIMENTO

E1 – TESTE COM 15 QUESTÕES²⁶

As questões 1, 2 e 3 referem-se ao enunciado seguinte:



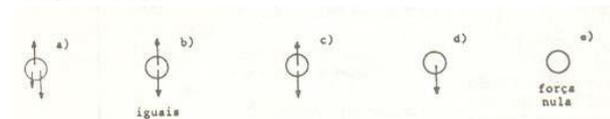
Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (B é o ponto mais alto da trajetória). É desprezível a força resistiva do ar sobre a bola.

As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a bola.

1) No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



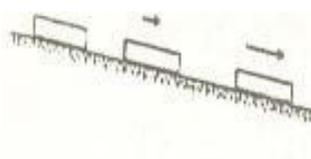
2) No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



3) No ponto C, quando a bola está descendo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



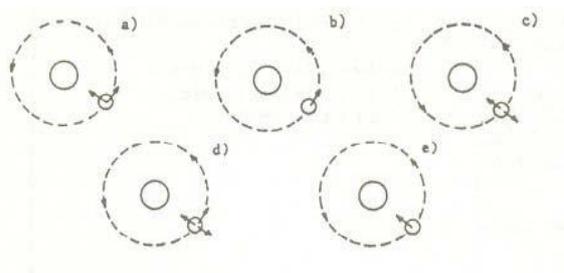
4) A figura se refere a um corpo que foi abandonado em repouso sobre uma rampa (é desprezível a força resistiva do ar sobre o corpo e é constante a força de atrito com a rampa). Ele passa a deslizar com velocidade cada vez maior, conforme mostra a figura.



Assim sendo, pode-se afirmar que a força exercida rampa abaixo:

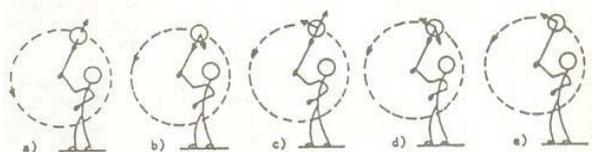
- a) é igual a força de atrito.
- b) é maior do que a força de atrito e está crescendo.
- c) é constante, mas maior do que a força de atrito.

5) As figuras se referem a um satélite descrevendo movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas simbolizam as forças exercidas sobre o satélite. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre o satélite?

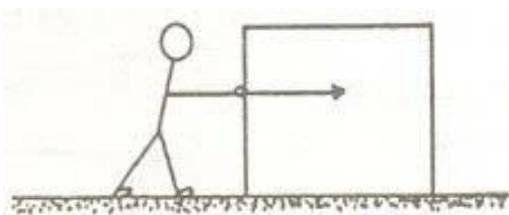


²⁶ Silveira *et al.* (1986).

6) As figuras se referem a um menino que faz girar, em um plano vertical, uma pedra presa ao extremo de um fio. Em qual das figuras a(s) força(s) sobre a pedra estão melhor representadas pelas setas?



As questões 7, 8 e 9 referem-se ao enunciado seguinte:



A figura se refere a um indivíduo exercendo uma força horizontal sobre uma caixa. A caixa está sobre uma superfície horizontal com atrito. E desprezível a força de resistência do ar sobre a caixa.

7) Inicialmente o indivíduo realiza uma força *um pouco* maior do que a força de atrito. Portanto, a caixa se movimentará:

- a) com velocidade que aumenta.
- b) com velocidade pequena e constante.
- c) com velocidade grande e constante.

8) A caixa está sendo empurrada por uma força *bastante* maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força, mas ela continua sendo *um pouco* maior do que a força de atrito. Portanto, a velocidade da caixa:

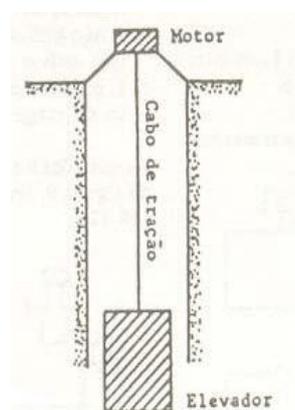
- a) diminui.
- b) aumenta.
- c) permanece a mesma.

9) A caixa está sendo empurrada por uma forma *maior* do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força até que ela se *iguale* à de atrito. Portanto, a caixa:

- a) continuará se movimentando, mas acabará parando.
- b) parará em seguida.
- c) continuará se movimentando com velocidade constante.

As questões 10, 11 e 12 referem-se ao enunciado abaixo:

A figura se refere a um elevador e o seu sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo o motor pode exercer uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar sobre o elevador).



10) O elevador está inicialmente parado e então o motor exerce sobre o elevador uma força *um pouco* maior do que o peso do elevador. Assim sendo, pode-se afirmar que o elevador subirá:

- a) com velocidade grande e constante.
- b) com velocidade que aumenta.
- c) com velocidade pequena e constante.

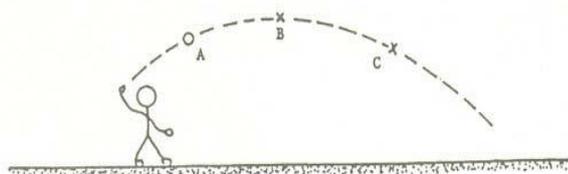
11) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força *bastante* maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui, mas permanece ainda *um pouco* maior do que o peso do elevador. Portanto, a velocidade do elevador:

- a) aumenta.
- b) diminui.
- c) não se altera.

12) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força *maior* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui e se *igual* ao peso do elevador. Portanto, o elevador:

- parará em seguida.
- continuará subindo durante algum tempo, mas acabará parando.
- continuará subindo com velocidade constante.

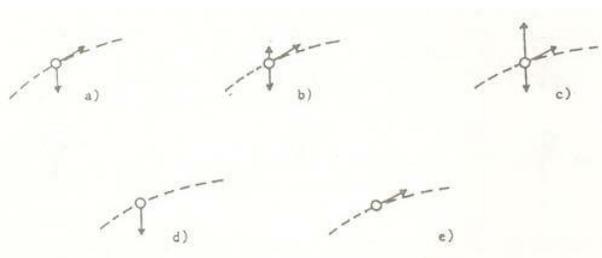
As questões 13, 14 e 15 referem-se ao enunciado abaixo:



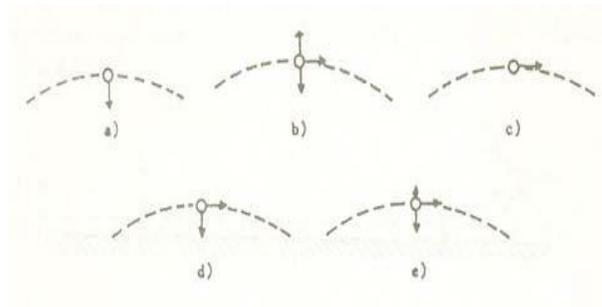
Um menino lança uma pequena pedra que descreve uma trajetória como a representada na figura (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.

As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a pedra.

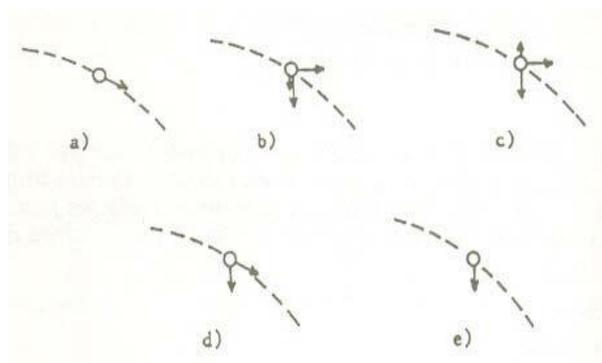
13) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



14) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?

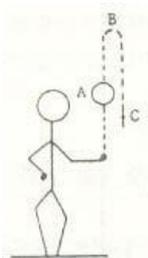


15) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



E2 – TESTE COM 19 QUESTÕES²⁷

As questões 1, 2 e 3 referem-se ao enunciado seguinte:



Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (B é o ponto mais alto da trajetória). É desprezível a força resistiva do ar sobre a bola.

As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a bola.

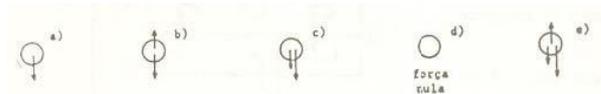
1) No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



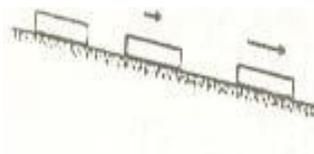
2) No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



3) No ponto C, quando a bola está descendo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



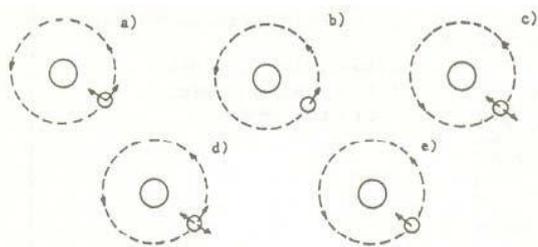
4) A figura se refere a um corpo que foi abandonado em repouso sobre uma rampa (é desprezível a força resistiva do ar sobre o corpo e é constante a força de atrito com a rampa). Ele passa a deslizar com velocidade cada vez maior, conforme mostra a figura.



Assim sendo, pode-se afirmar que a força exercida rampa abaixo:

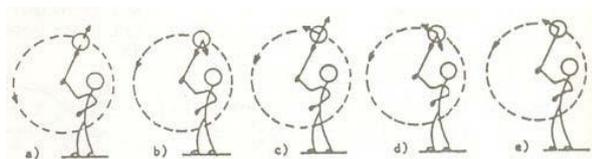
- a) é igual a força de atrito.
- b) é maior do que a força de atrito e está crescendo.
- c) é constante, mas maior do que a força de atrito.

5) As figuras se referem a um satélite descrevendo movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas simbolizam as forças exercidas sobre o satélite. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre o satélite?

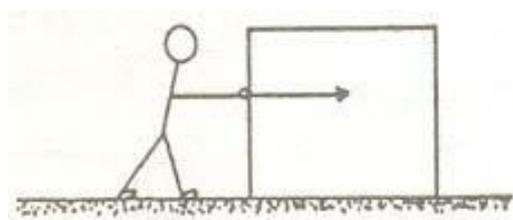


²⁷ Silveira *et al.* (1992).

6) As figuras se referem a um menino que faz girar, em um plano vertical, uma pedra presa ao extremo de um fio. Em qual das figuras a(s) força(s) sobre a pedra estão melhor representadas pelas setas?



As questões 7, 8 e 9 referem-se ao enunciado seguinte:



A figura se refere a um indivíduo exercendo uma força horizontal sobre uma caixa. A caixa está sobre uma superfície horizontal com atrito. E desprezível a força de resistência do ar sobre a caixa.

7) Inicialmente o indivíduo realiza uma força *um pouco* maior do que a força de atrito. Portanto, a caixa se movimentará:

- com velocidade que aumenta.
- com velocidade pequena e constante.
- com velocidade grande e constante.

8) A caixa está sendo empurrada por uma força *bastante* maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força, mas ela continua sendo *um pouco* maior do que a força de atrito. Portanto, a velocidade da caixa:

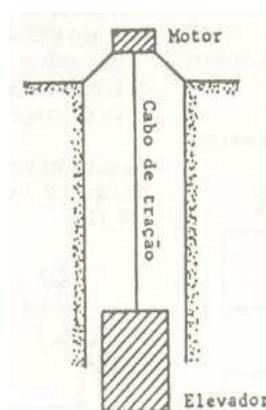
- diminui.
- aumenta.
- permanece a mesma.

9) A caixa está sendo empurrada por uma força *maior* do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força até que ela se *iguale* à de atrito. Portanto, a caixa:

- continuará se movimentando, mas acabará parando.
- parará em seguida.
- continuará se movimentando com velocidade constante.

As questões 10 a 14 referem-se ao enunciado abaixo:

A figura se refere a um elevador e o seu



sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo o motor pode exercer uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar sobre o elevador).

10) O elevador está inicialmente parado e então o motor exerce sobre o elevador uma força *um pouco* maior do que o peso do elevador. Assim sendo, pode-se afirmar que o elevador subirá:

- com velocidade grande e constante.
- com velocidade que aumenta.
- com velocidade pequena e constante.

11) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força *bastante* maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui, mas permanece ainda *um pouco* maior do que o peso do elevador. Portanto, a velocidade do elevador:

- aumenta.
- diminui.
- não se altera.

12) O elevador está subindo e o motor está exercendo uma força *maior* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce diminui e se *igual* ao peso do elevador. Portanto, o elevador:

- parará em seguida.
- continuará subindo durante algum tempo, mas acabará parando.
- continuará subindo com velocidade constante.

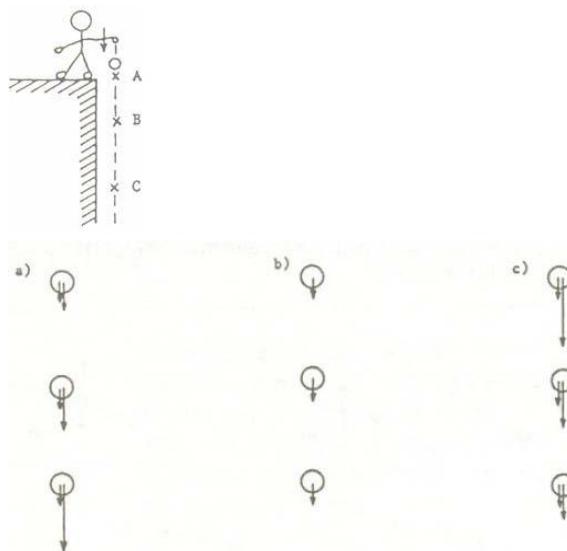
13) O elevador está descendo e o motor exerce sobre ele uma força *menor* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta e se *igual* ao peso do elevador. Portanto, o elevador:

- continuará descendo com velocidade constante.
- parará em seguida.
- continuará descendo durante algum tempo, mas acabará parando.

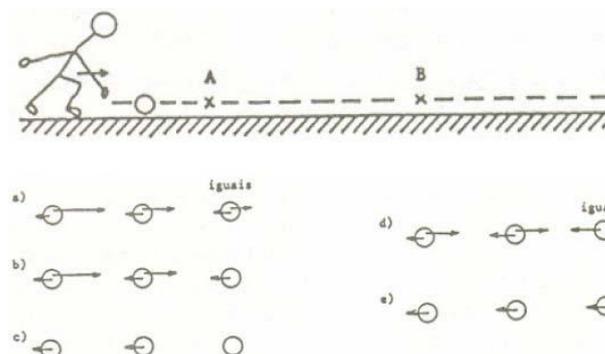
14) O elevador está descendo e o motor exerce sobre ele uma força *menor* do que o peso do elevador. Então a força que o motor exerce aumenta e se torna *bastante maior* do que o peso do elevador. Portanto, o elevador:

- imediatamente sobe.
- continua a descer durante algum tempo com velocidade que diminui.
- imediatamente pára e em seguida sobe com grande velocidade.

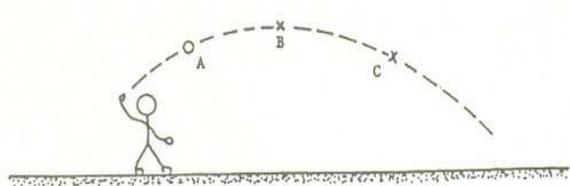
15) A figura se refere a um indivíduo que, do topo de uma torre, arremessa para baixo uma bola. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola após o arremesso. É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola lá. As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas seguintes que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



16) A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola *após* o lançamento; no ponto C a bola está finalmente parada. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças *horizontais* sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



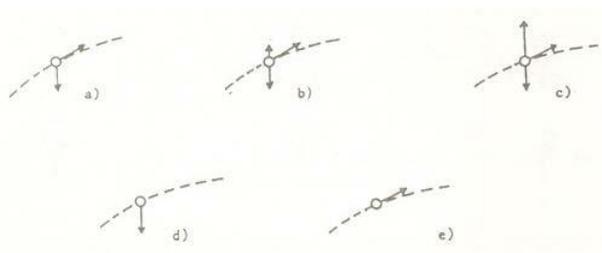
As questões 17, 18 e 19 referem-se ao enunciado abaixo:



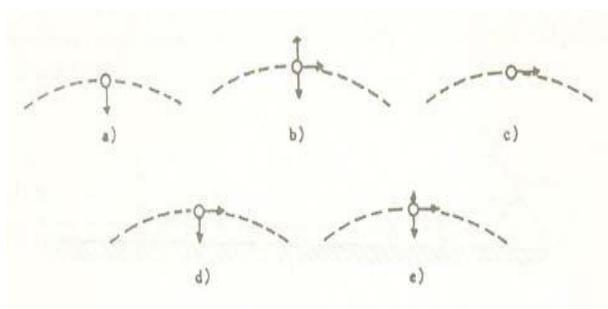
Um menino lança uma pequena pedra que descreve uma trajetória como a representada na figura (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.

As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a pedra.

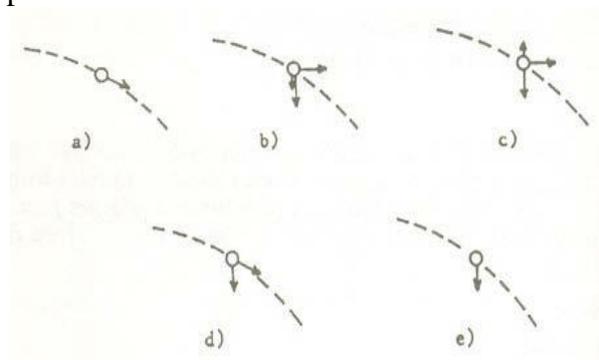
17) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



18) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



19) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



ANEXO F

ESCALA DE ATITUDE EM RELAÇÃO A DISCIPLINAS DE FÍSICA GERAL²⁸

INSTRUÇÕES

Cada afirmação desse opiniário expressa um particular sentimento das pessoas em relação à Física; gostaríamos de saber como você se posiciona frente a elas. Não há respostas certas ou erradas e as pessoas diferem bastante na maneira como respondem.

Você deve posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão da sua concordância ou discordância com cada afirmação. Os cinco pontos são:

CONCORDO FORTEMENTE (CF);
CONCORDO (C);
INDECISO (I);
DISCORDO (D);
DISCORDO FORTEMENTE (DF).

Você deve fazer um círculo ao redor da alternativa que melhor expressa sua posição. Evite marcar muitas vezes INDECISO.

Posicione-se em todas as afirmações com a máxima sinceridade. Muito obrigado pela sua colaboração!

- | | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 1. Sempre aprendi coisas interessantes em disciplinas de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 2. Os problemas da Física aguçam a minha curiosidade. | CF | C | I | D | DF |
| 3. Não vejo aplicação prática no que se ensina de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 4. Eu nunca gostei de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 5. Minha mente fica em branco e eu sou incapaz de pensar claramente quando estudo Física. | CF | C | I | D | DF |
| 6. A Física me é fascinante. | CF | C | I | D | DF |
| 7. Estudo Física apenas porque sou obrigado. | CF | C | I | D | DF |
| 8. Tenho prazer em resolver um problema de Física. | CF | C | I | D | DF |

²⁸ Silveira (1979).

| | | | | | |
|--|----|---|---|---|----|
| 9. Usualmente me sinto bem nas aulas de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 10. Quando estudo Física me sinto incômodo. | CF | C | I | D | DF |
| 11. Física é a disciplina que mais me interessa. | CF | C | I | D | DF |
| 12. O tempo que gasto estudando Física poderia ser melhor aproveitado no estudo de outra disciplina. | CF | C | I | D | DF |
| 13. Quando tento resolver um problema de Física logo me sinto desestimulado a continuar. | CF | C | I | D | DF |
| 14. Aprender Física me traz satisfação. | CF | C | I | D | DF |
| 15. Eu sinto facilidade em aprender Física. | CF | C | I | D | DF |
| 16. Quando faço uma prova de Física me sinto tranquilo e confiante. | CF | C | I | D | DF |
| 17. Torno-me nervoso só de pensar em ter que resolver um problema de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 18. Aprecio as disciplinas de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 19. Ser aprovado é o único objetivo que tenho em disciplinas de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 20. A Física me ajuda a enfrentar os problemas do dia-a-dia. | CF | C | I | D | DF |
| 21. Quando me deparo com um problema difícil de Física sinto-me desafiado a resolvê-lo. | CF | C | I | D | DF |
| 22. A Física faz-me sentir como se estivesse perdido em uma selva e não encontrasse o caminho. | CF | C | I | D | DF |
| 23. As aulas de Física me deixam inquieto, irritado e desconfortável. | CF | C | I | D | DF |
| 24. Quando estudo Física sinto-me estimulado a aprender. | CF | C | I | D | DF |
| 25. Os conteúdos estudados em Física não me são de qualquer utilidade. | CF | C | I | D | DF |
| 26. Sinto-me recompensado cada vez que soluciono um problema de Física. | CF | C | I | D | DF |
| 27. Quando eu ouço a palavra Física, eu sinto um desgosto. | CF | C | I | D | DF |
| 28. Desejo aprender a Física pois julgo que ela me é necessária e útil. | CF | C | I | D | DF |

ANEXO G

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROFESSOR - MODELO A²⁹

PADES/UFRGS

INSTRUÇÕES GERAIS

(Leia com atenção antes de responder o questionário)

O objetivo deste questionário é o de colher a opinião do aluno sobre o desempenho do professor. Com isso, o professor terá elementos adicionais para analisar criticamente seu desempenho, procurar corrigir eventuais falhas e melhorar o ensino.

Não assine o questionário. Expresse sua opinião livremente. Em hipótese alguma os resultados do questionário terão influência no seu conceito final.

Seja imparcial. Na medida que suas respostas visarem somente a agradar ou desagradar o professor, elas serão inúteis e seu tempo terá sido perdido.

Nas folhas que seguem você encontrará várias afirmativas que, de um modo geral, refletem possíveis características ou comportamentos de um professor. Algumas dessas afirmativas são favoráveis e outras são desfavoráveis. Ao lado delas existe uma escala na qual você deverá assinalar com um X a alternativa que melhor expresse sua opinião quanto às afirmativas. O código é o seguinte:

CP = Concordo Plenamente

C = Concordo

NO = Não tenho Opinião

D = Discordo

DT = Discordo Totalmente

Sempre que possível, evite usar a alternativa NO.

Leia com atenção cada afirmativa antes de expressar sua opinião.

ASSINALE SOMENTE NA FOLHA DE RESPOSTAS ANEXA A ALTERNATIVA ESCOLHIDA PARA CADA ITEM.

ANTES DE ENTREGAR, VERIFIQUE NA FOLHA DE RESPOSTAS SE NÃO DEIXOU NENHUM ITEM EM BRANCO E SE PREENCHEU O CABEÇALHO.

DEVOLVA O QUESTIONÁRIO JUNTAMENTE COM A FOLHA DE RESPOSTAS. SE TIVER ALGUM COMENTÁRIO, UTILIZE O VERSO DA FOLHA DE RESPOSTAS. NÃO ASSINALE NADA NO QUESTIONÁRIO A FIM DE QUE ELE POSSA SER REUTILIZADO.

²⁹ Moreira (1981).

ANEXO H

DIRETRIZES PARA ENTREVISTAR ESTUDANTES

H1 - SUGESTÕES PARA CUMPRIMENTAR O ESTUDANTE

Olá, eu sou _____. Eu quero agradecer pela sua boa vontade em participar desta conversa. O que eu farei é mostrar para você algumas coisas e fazer algumas perguntas simples sobre elas. Apenas responda da melhor maneira que você puder, talvez baseando-se em experiências prévias que você tenha tido, ou naquilo que você tenha aprendido em seus cursos de ciências anteriores.

Não se preocupe se você não tem certeza de suas respostas. Na verdade, estou mais interessada em como você está pensando sobre as questões e as razões que você leva em conta para dar suas respostas do que se sua resposta é correta ou incorreta. Portanto, eu irei encorajá-lo a explicar, da melhor maneira que puder, como chegou à sua resposta. Agora, se quando você dá sua resposta, eu sorrio ou aceno com a cabeça, ou digo “o.k.”, isto significa que eu penso estar entendendo como você está raciocinando, não necessariamente que eu concordo com sua resposta. Da mesma forma, caso eu venha a franzir as sobrancelhas ou dizer “oh” ou pedir para você repetir, isto provavelmente significa que eu não entendi como você está pensando. Não necessariamente significa que eu discordo da sua resposta.

Para poder seguir seu raciocínio eu irei tomar algumas notas durante nossa discussão. Similarmente, sempre que você puder, eu gostaria que tentasse esboçar um diagrama ou desenho para mostrar como você está pensando.

Quando tivermos terminado esta conversa, eu ficarei satisfeita em tentar responder quaisquer questões que você queira fazer. O.k.? Então vamos iniciar.

H2 - ENTREVISTAS CLINICAS PARA INVESTIGAR O CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ESTUDANTES

Esboçando um conjunto de tarefas da entrevista:

1. Escolha o domínio da investigação.
2. Idéias para tarefas apropriadas podem surgir a partir de sua experiência de sala de aula.
3. O conteúdo das questões deve ser familiar ao estudante, para que ele possa responder baseado na sua experiência prévia. Tente usar a linguagem do dia-a-dia. Evite o jargão técnico.
4. As tarefas devem ser simples e não-ambíguas. É útil que elas envolvam objetos concretos que possam ser vistos e talvez manipulados.
5. O melhor é esboçar uma sequência de tarefas que se concentra numa única idéia principal ou num limitado número de idéias.
6. Antecipe respostas potenciais para cada tarefa e planeje questões subsequentes apropriadas.

Enquanto estiver dirigindo a entrevista:

1. A meta é descobrir como o estudante pensa. Evite ensinar!
2. Tente construir hipóteses sobre como o estudante está pensando enquanto ele responde à tarefa. Use suas hipóteses como guias para criar as questões seguintes que não foram previamente planejadas. Mantenha sua mente aberta quando for interpretar as respostas do estudante. Tome cuidado com sequências de questões que “forçam” o estudante para um caminho pré-determinado.
3. Evite julgamentos de valor e atenção com sugestões indesejáveis feitas pelo seu tom de voz ou pela sua linguagem corporal.
4. Evite responder rápido demais aos comentários do estudante, especialmente depois do estudante “aparentemente” ter completado sua resposta.