

Número de Chamada
Clas. T/UNESP
PHA M776e
Tombo nº 1653

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

Isabel Cristina de Castro Monteiro

ESTUDO DOS PROCESSOS INTERATIVOS EM AULAS DE FÍSICA:
uma abordagem segundo a teoria de Vigotski

BIBLIOTECA UNESP CAMPUS BAURU

BAURU
2006

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BAURU

FACULDADE DE CIENCIAS DE BAURU

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE *ISABEL CRISTINA DE CASTRO MONTEIRO*, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIENCIAS DE BAURU.

Aos 09 dias do mês de outubro do ano de 2006, às 13:30 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação/FC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Dr. ALBERTO GASPAR do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Guaratingueta, Dr. ARNALDO DE MOURA VAZ do(a) Colégio Técnico / Universidade Federal de Minas Gerais, Dr. DIRCEU DA SILVA do(a) Faculdade de Educação - Unicamp, Dr. CRISTIANO RODRIGUES DE MATTOS do(a) Instituto de Física/USP de São Paulo, Dra. SUELI TEREZINHA F MARTINS do(a) Departamento de Neurolog e Psiquiatria / Faculdade de Medicina de Botucatu, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a argüição pública da TESE DE DOUTORADO de **ISABEL CRISTINA DE CASTRO MONTEIRO**, intitulada **"ESTUDOS DOS PROCESSOS INTERATIVOS EM AULAS DE FÍSICA: uma abordagem segundo a Teoria de Vigotski"**. Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ALBERTO GASPAR

Prof. Dr. ARNALDO DE MOURA VAZ

Prof. Dr. DIRCEU DA SILVA

Prof. Dr. CRISTIANO RODRIGUES DE MATTOS

Profa. Dra. SUELI TEREZINHA F MARTINS

Isabel Cristina de Castro Monteiro

ESTUDO DOS PROCESSOS INTERATIVOS EM AULAS DE FÍSICA: uma abordagem segundo a teoria de Vigotski

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência, da Faculdade de Ciências, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru, para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.

Banca Examinadora:

Presidente: Prof. Dr. Alberto Gaspar
Instituição: UNESP/ Guaratinguetá

Titular: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos
Instituição: Instituto de Física/ USP

Titular: Profa. Dra. Sueli Terezinha Ferreira Martins
Instituição: UNESP/ Botucatu

Titular: Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz
Instituição: CEFET/ UFMG

Titular: Prof. Dr. Dirceu da Silva
Instituição: FECAP/ UNICAMP

Bauru, 01 de setembro de 2006.



Aos meus pais, Cirilo e Ophélia, por me ensinarem a não desistir frente aos desafios.

Ao meu marido, Marco, por ter acreditado em mim, muitas vezes mais do que eu mesma, em diferentes momentos de nossas vidas.

Aos meus filhos, Letícia Gabriela e João Guilherme, pela paciência, tolerância e confiança. Sem a presença constante de vocês nada seria possível.

unesp

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alberto Gaspar, por sua orientação constante, paciente, incentivando-me a alçar vôos cada vez maiores em busca das respostas que floresciam em minha mente, apoiando-me frente aos desafios e obstáculos do caminho. Por não me encarcerar em seu mundo, fixou-se em meu coração. Ao meu guru e amigo, meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Ao professor Dr. Cristiano e à professora Dr$^{a.}$ Sueli, pelas orientações e sugestões na banca de qualificação.

A todos os alunos participantes dessa pesquisa, sem os quais este trabalho não seria possível.

Ao professor Dr. Roberto Nardi, que fez seu sonho se transformar em nossa realidade e nos possibilitou, mesmo de tão longe, aprender mais sobre a educação e o ensino de Física, vencendo barreiras e distâncias.

Às secretárias do Curso de Pós – Graduação em "Educação para Ciência" - Unesp de Bauru, pela dedicação e apoio durante todo o curso, especialmente à Ana Lúcia Grijo Crivellari, pela sua compreensão e gentileza nos mais diferentes e difíceis momentos.

"A vida só pode ser compreendida olhando-se para trás; mas só pode ser vivida olhando-se para frente."

Soren Kierkegaard

MONTEIRO, I. C. de. C. **ESTUDO DOS PROCESSOS INTERATIVOS EM AULAS DE FÍSICA: uma abordagem segundo a teoria de Vigotski**. 2006. 204f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

RESUMO

Apresentamos neste trabalho algumas considerações acerca do desenvolvimento do processo interativo em atividades comuns às aulas de física. O estudo da interação em sala de aula é bastante amplo, pois abrange diferenças tanto no objeto da pesquisa - professor-aluno, grupo de alunos ou toda a sala de aula-, como em relação ao referencial com que se analisam os dados observados. Escolhemos a teoria de Vigotski, por enfatizar a importância do meio cultural e social no desenvolvimento do cognitivo do homem, e procuramos investigar suas indicações e possíveis contribuições para o processo interativo na aprendizagem escolar. Nesse intuito, consultamos indicações fornecidas nessa teoria sobre a aprendizagem e o ensino escolar. Nossa pesquisa nos conduziu a indícios de que o processo interativo em sala de aula, resultado da cultura e do social, promove-se mais facilmente quando associado a fatores emocionais e motivacionais com algumas características incentivadoras.

Palavras-Chave: Teoria de Vigotski; Motivação; Ensino de Física

MONTEIRO, I. C. de C. **Study of the interactive processes in lessons of physics education.** 2006. 204f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

ABSTRACT

In this work was investigated the development of interactive process in different activities common to the lessons of physics. The study of the interaction in the classroom is quite broad because covers both differences in the object of search - teacher-student, or group of students throughout the classroom- but also regarding the parameter used to analyze the data observed. We chose the theory of Vygotsky, by emphasizing the importance of the cultural and social environment in the human cognitive development, and seek information and investigate their possible contributions to the process interactive learning in school. With this objective, we investigating possible contributions of the theory Vygotsky's for to the learning and teaching in the school. Our research led us to indications that classroom interaction, resulting from cultural and social features, is more likely to be raised when associated with emotional and motivational factors connected to particular characteristics.

Keywords: Vygotsky´s Theory; Motivation; Physics Teaching

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estudo da formação de conceitos. Método de Sakharov..... 36

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS..... 4
RESUMO..... 6
ABSTRACT..... 7
LISTA DE QUADROS..... 8
LISTA DE FIGURAS..... 9
INTRODUÇÃO..... 12

I – PROCESSOS INTERATIVOS EM SALA DE AULA..... 16
1.1 – Diferentes análises sobre o processo interativo em sala de aula: suas primeiras abordagens..... 17
1.2 – A epistemologia genética e a interação social..... 20
1.3- Os processos interativos em psicologia..... 27

II- PROCESSOS INTERATIVOS EM SALA DE AULA: contribuições da abordagem vigotskiana..... 32
2.1- Pensamento e linguagem..... 33
2.2- Desenvolvimento dos conceitos científicos numa abordagem vigotskiana 38
2.3- Funções psíquicas superiores e a função dos signos..... 42

III- INTERAÇÃO SOCIAL EM SALA DE AULA..... 46
3.1- A importância da cultura no desenvolvimento cognitivo... 46
3.2- O social na obra de Vigotski..... 48
3.3- A colaboração e a interação social..... 52
3.4- Características da interação social em sala de aula..... 54

IV- SINGULARIDADES DOS PROCESSOS INTERATIVOS EM SALA DE AULA: a emoção e a motivação..... 60
4.1- Emoção: alguns aspectos gerais..... 61
4.2- A importância da emoção segundo a teoria de Vigotski..... 64
4.3- Motivação..... 68

4.4- Relações entre emoção e motivação..... 73
V- METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS:
a pesquisa em sala de aula..... 76
5.1- Metodologia de coleta de dados..... 76
5.2- Metodologia de análise de dados..... 84

VI- ANÁLISE DOS DADOS..... 90
6.1- Análise das atividades..... 92
6.2- Discussão geral das atividades..... 120

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 123

BIBLIOGRAFIA. 134

ANEXO 1: Estrutura geral das atividades..... 139

ANEXO 2: Resultados obtidos..... 144

ANEXO 3: Descrição das atividades propostas aos alunos..... 179

ANEXO 4: Textos utilizados..... 197

INTRODUÇÃO

Ao longo dos dez anos de trajetória docente, no ensino médio, questões sobre como ou qual a maneira mais eficiente de motivar o aluno na busca ou no entendimento da cultura científica sempre nos chamou a atenção. Percebe-se que alguns professores (ou seriam assuntos ou disciplinas?) parecem ter maior ascensão sobre os alunos, mas em certos momentos escolares, somos impotentes para conseguir cativar a atenção deles (por exemplo, nas afamadas semanas de provas, onde a única coisa que lhes chama a atenção é a série de exercícios do professor de matemática). Tal questionamento ficou ainda mais pertinente durante o nosso mestrado (MONTEIRO, 2002b): trabalhamos com equipamentos experimentais de demonstração e observamos que tal atividade pode auxiliar bastante a atenção dos alunos. Entretanto, o ano letivo não se faz somente com um tipo de atividade; temos atividades de laboratório experimental, resolução de problemas, leituras de textos paradidáticos ou de divulgação científica, aulas expositivas, entre outras atividades que os professores desenvolvem, tais como as músicas com letras sobre assuntos de física, projetos interdisciplinares, feiras de ciências etc.

Assim, este projeto de pesquisa nasceu desta pergunta: como associar o processo de ensino e aprendizagem com a motivação despertada no aluno? Pode-se avaliar as orientações motivadoras dos alunos? Sobre quais indicações poderemos traçar nossa caminhada em sala de aula, no sentido de promover um maior envolvimento do aluno no despertar da curiosidade e, não menos importante, no conhecimento científico?

unesp

Vigotski, a nosso ver, preocupava-se também com estas questões, pois ele afirmou que:

> [...] toda aprendizagem só é possível na medida em que se baseia no próprio interesse da criança. Outra aprendizagem não existe. Toda questão consiste no quanto o interesse está orientado na linha do próprio objeto de estudo e não relacionado a influências externas a ele como prêmios, castigos, medos, desejo de agradar, etc. mas reconhecer a prepotência do interesse infantil não condena de maneira nenhuma o pedagogo a segui-lo de modo impotente. Ao organizar o meio e a vida da criança nesse meio, o pedagogo interfere ativamente nos processos de desenvolvimento dos interesses infantis e age sobre eles da mesma forma que influencia todo o comportamento das crianças. Entretanto sua regra será sempre uma: **antes de explicar, interessar; antes de obrigar a agir, preparar para a ação; antes de apelar para reações, preparar para a atitude; antes de comunicar alguma coisa nova, suscitar a expectativa do novo.**[1]" (VIGOTSKI, 2001b, pp. 163)

Dessa afirmação, e de outras que estudaremos ainda mais detalhadamente neste trabalho, observamos que para o autor o processo de ensino e aprendizagem deve ser cuidadosamente orientado pelo parceiro mais capaz da interação, que longe de se transformar num ser passivo diante da construção interna do saber, elaborada pelo aprendiz, é agente organizador, estimulador e incentivador deste processo. Ao professor cabe então um papel de incentivador da pesquisa, do interesse, da aprendizagem do aluno. Papel que exige extrema sensibilidade e bom senso, haja vista os múltiplos e diversos interesses dos nossos alunos na sociedade atual.

Frente ao exposto, a pergunta que nos propomos a responder também recebeu um direcionamento: a escola em que estamos nos dedicando nesses dez anos de trajetória docente. Não pelo espaço físico da escola, pois esperamos que a nossa resposta sirva também para outras instituições de ensino médio, mas para nos assegurar que nossa pesquisa estivesse inserida no contexto da sala de aula, seguindo os mesmos currículos que somos "obrigados" a cumprir (em respeito a outras disciplinas que compartilham conosco o mesmo espaço escolar), a mesma

[1] Grifo nosso

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

burocracia sobre avaliações escritas, recuperações contínuas e paralelas, feriados, e reuniões pedagógicas. Talvez alguns possam questionar por que não se aproveitar de conteúdos mais profundos, que tenham relações mais diretas com o cotidiano do aluno ou com conceitos físicos mais abrangentes. Por que usar o conteúdo sobre sistema de unidades e vetores? Mas argumentamos que esses são conceitos importantes da Física. Um aluno que não tenha noções básicas sobre as unidades e suas transformações, ou sobre vetores, é um aluno que não conhece a simbologia, o código fundamental da Física. Na nossa escola, uma escola técnica, disciplinas como Eletricidade Básica ou Resistência dos Materiais iniciam os alunos muito rapidamente nesses conceitos e nós precisamos fundamentar tal abordagem dentro da Física.

Verificar como os alunos se interessam e se envolvem nesses conceitos, nas diferentes metodologias que lhes apresentamos, foi o passo inicial de investigação. Apoiamo-nos primeiramente nas propostas de Vigotski, pois sua teoria enfatiza a importância do meio cultural e social no desenvolvimento do homem, no entanto, é considerada por muitos pesquisadores como inacabada, devido à morte prematura do autor. Nesse sentido, ousamos olhar sua premissa básica – a influência do meio cultural e social - e investigar suas indicações e possíveis contribuições para o processo interativo na aprendizagem escolar.

Nesse intuito, apresentamos no primeiro capítulo referências sobre o estudo dos processos interativos em sala de aula, nos mais diferentes referenciais para no segundo capítulo, tratar mais especificamente sobre indicações fornecidas por Vigotski em relação à aprendizagem, ensino escolar e processos interativos. A pesquisa nos conduziu a indícios de que o processo interativo promove-se mais facilmente quando associado ao binômio emoção-motivação, o qual definimos de

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

maneira peculiar para avaliar o processo desencadeado dentro da sala de aula, no terceiro capítulo. A partir daí, no quarto capítulo expomos nossa metodologia de coleta e análise de dados e, no quinto capítulo, apresentamos a análise dos dados coletados na escola.

No sexto capítulo apresentamos nossas considerações sobre a relação dos processos interativos em sala de aula com processos emocionais e motivacionais. Deixamos para o anexo I uma descrição geral sobre objetivos e estruturação das atividades desenvolvidas; no anexo II, elaboramos uma descrição cronológica dos dados coletados; no anexo III apresentamos as tarefas propostas para os alunos e, por fim, no anexo IV, apresentamos os textos trabalhados com os alunos.

CAPÍTULO 1-

PROCESSOS INTERATIVOS EM SALA DE AULA

Os processos interativos em sala de aula constituem um campo de pesquisa bastante extenso na área educacional e envolve psicólogos, sociólogos, lingüistas e antropólogos, pois as variáveis analisadas nas investigações sobre educação são muito diferentes (DELAMONT, 1987). Se a educação escolar visa transferir algum conhecimento cultural ou científico pré-existente, o relacionamento entre pessoas no ambiente escolar constitui uma questão pertinente de pesquisa do processo de ensino e aprendizagem em sala de aula (BARROS, 1999).

Coll e Solé (1996) chamam a atenção para o grande número de trabalhos que tratam de relações de ensino e aprendizagem em sala de aula. Dentre essas representações destacam trabalhos que procuram definir o professor ou a aula ideal, identificam estilos de ensino e suas repercussões sobre a aprendizagem e avaliam as representações entre o professor e o aluno. Coll (1996) apresenta ainda uma reflexão sobre a função socializadora da educação escolar. Para ele, a tomada de consciência dessa função contribuiu significativamente para o desenvolvimento de movimentos pedagógicos renovadores nas décadas de 1960 e 1970, dentre os quais destaca a teoria elaborada por Piaget e seus colaboradores da escola de Genebra.

Mais recentemente, a influência da pedagogia sócio-histórica na pesquisa em Educação em Ciências tem ampliado o interesse sobre a construção de significados em aulas de ciências, utilizando-se dos fundamentos da análise do discurso para estudo desse processo (MORTIMER e SCOTT, 2002).



Neste trabalho procuramos refletir sobre a influência da motivação e da emoção nos diferentes processos interativos em aulas de ciência, especificamente em aulas em que conteúdos de física são discutidos. Neste primeiro capítulo descrevemos pesquisas sobre os processos interativos em diferentes momentos históricos. Pretendemos assim definir melhor os limites deste projeto de pesquisa: não se pretendeu observar o comportamento dos participantes da interação para classificá-los, nem para elaborar a análise do discurso entre professor e alunos. Nossa intenção foi observar a interação em sala de aula resultante do desenvolvimento de diferentes atividades nela propostas.

1.1– Diferentes análises sobre os processos interativos em sala de aula: suas primeiras abordagens

Segundo Coll e Solé (1996), em uma análise preliminar, o estudo da interação professor-aluno foi de início motivado por tentativas de definir e medir a eficácia docente por meio de diferentes critérios de avaliação. Segundo esses autores, estudos sobre a interação em sala de aula, como o trabalho de Ryans (1960 *apud* COLL e SOLÉ, 1996), trataram de identificar características pessoais do professor, (parcial/justo, estereotipado/original, desorganizado/metódico etc.) relacionando-as com a sua competência docente e com o aproveitamento dos alunos. As críticas dos autores a esse tipo de trabalho residem principalmente na análise da pesquisa restrita a uma relação causal única entre as características do professor e os resultados obtidos pelos alunos, sem considerar o contexto da interação efetivamente ocorrida na situação educativa e, com isso, o papel da personalidade do professor foi exacerbado.

Ainda conforme Coll e Solé (*opus cit*), a busca por uma observação mais fidedigna do que ocorre em sala de aula conduziu os pesquisadores da área a conceituar a eficácia docente como a possibilidade de ele utilizar métodos de ensino eficazes. Tal abordagem procurou comparar os resultados de aprendizagem obtidos por grupos de alunos instruídos por diferentes métodos. No entanto, a variedade de métodos de ensino, a dificuldade do controle de variáveis, a heterogeneidade dos grupos e a imprecisão na definição dos critérios de medida dos resultados da aprendizagem, inviabilizaram a generalização dos resultados obtidos e, segundo os autores, ofereceram escassas contribuições para o estudo do que ocorre em sala de aula.

No fim da década de 1950, a ineficiência dessa avaliação descontextualizada do processo de ensino e aprendizagem deu origem ao aparecimento de pesquisas orientadas para a observação do que ocorre efetivamente em sala de aula, tendo como foco as interações entre professor e alunos. Para isso, foram criados instrumentos que se supunham potentes e objetivos – os sistemas de observação sistemática ou de categorias.

> Os sistemas de categorias, denominação genérica habitual destes instrumentos de observação sistemática da aula, surgem no marco de uma tradição de investigação educativa que privilegia a busca de relações entre as variáveis relativas ao processo de ensino – e que informam, portanto, sobre o comportamento do professor, do aluno e das interações que mantém – e as variáveis que fazem referência ao produto do ensino, entendido como o nível de resultado dos objetivos educativos por parte dos alunos. (COLL e SOLE, 1996, p. 283).

O mais conhecido exemplo deste sistema de categorias é, provavelmente, o de Ned Flanders, cujas categorias para codificação das conversas em sala de aula (*Flander's Interaction Analysis Categories*, ou FIAC, ver quadro 1), foram amplamente difundidas e discutidas em todo mundo na década de 1970 (DELAMONT, 1987; COLL e SOLÉ, 1996). Esse tipo de estudo, também

unesp

denominado "análise de interação", é parte de uma tradição mais ampla do estudo das interações em salas de aula por meio de categorias previamente definidas.

QUADRO 1- Categorias da análise de interação de Flanders- FIAC
(fonte: DELAMONT, 1987, p. 129)

Fala do professor	a) Aceita opiniões b) Elogia ou estimula c) Aceita ou utiliza idéias dos alunos d) Faz perguntas e) Dá lição f) Dá ordens g) Critica ou justifica autoridade
Fala do aluno	h) Fala do aluno – resposta i) Fala do aluno – iniciativa
Silêncio	j) Silêncio ou confusão

Por meio dessas categorias o observador codifica e registra a conversa entre aluno e professor a cada três segundos em ordem seqüencial. Depois da coleta de uma série de dados, os resultados são submetidos a um tratamento estatístico e com base nesses avalia-se o professor. As características registradas referem-se a comportamentos inequivocamente observáveis, exibidos pelos professores e alunos – nessa observação a fala é prioridade quase exclusiva. Por isso, no FIAC, as categorias 1, 2 e 3 são indicadoras de influência indireta, enquanto as categorias 4, 5, 6 e 7 indicam influência direta.

Segundo Delamont (1987), com base nos resultados da investigação da análise de interação, eram comuns afirmações relativas às influências indiretas, isto é, em relação à liberdade concedida pelo professor ao aluno, ratificando a idéia de que influências indiretas do professor são mais favoráveis ao trabalho escolar ou ainda, à aprendizagem do aluno. No entanto, para Delamont, essa afirmação não é diretamente mensurável, pois depende de como é conceituado o termo aprendizagem.

Os sistemas de categorias se fundamentam na pesquisa educativa processo-produto que postula a relação direta entre o comportamento do professor (a sua forma de ensinar) e os resultados dos alunos. Isso levou seus pesquisadores a aumentar cada vez mais a objetividade das observações e, ao mesmo tempo, reduzir ao mínimo a subjetividade do observador. A verificação de tal relação depende do estabelecimento de critérios para avaliar o resultado da aprendizagem do aluno, muito difíceis de serem estabelecidos, e da possibilidade de detectar e mensurar a influência das variáveis contextuais, independentes dessa relação, na aprendizagem do aluno. Além disso, segundo Delamont e Hamilton (1978, *apud* COLL e SOLE, 1996, pp. 285), a presença do observador externo influencia a dinâmica da sala de aula e resulta em descrições distorcidas; ao mesmo tempo, o distanciamento entre observador e observados torna essas descrições incompletas.

Nessa direção, para Coll e Solé (*opus cit*), a relação professor-aluno em sala de aula é definida por situações nas quais os protagonistas atuam de forma simultânea e recíproca. O histórico dessa relação é difícil de ser analisado por meio de um processo metodológico de observação demasiado reducionista, como o sistema de categorias.

1.2- Os processos interativos e a análise do discurso

No final da década de 1950, as propostas de ensino centravam-se no aluno, mas a ele se dirigiam por meio de estímulos exteriores, desconsiderando sua estrutura cognitiva. Essa situação foi se modificando e reformulando e, no final do século passado, o aluno continuava a ocupar o centro do processo educacional, mas foi a sua estrutura cognitiva que passou a fundamentar e orientar a seleção dos

estímulos. Essa transição também influiu e trouxe novas indagações em relação ao estudo da interação professor e aluno.

A ênfase na atividade construtivista resultante dessa evolução prioriza a interação entre o aluno que aprende e o material que ensina e relega ao professor o papel de coadjuvante do processo educacional. O professor tende a desligar-se da atividade construtiva do aluno, isolando-se no processo educacional (COLL e SOLE, 1996).

> Uma coisa é afirmar que o aluno constrói o conhecimento, e outra bem diferente é dizer que o constrói na solidão, à margem da carga social que comportam sempre os conteúdos escolares. O que estamos questionando não é a importância da atividade construtiva, muito menos a necessidade de tê-la em conta como um fator decisivo para a análise da interação educativa, senão a interpretação da mesma como um processo essencialmente individual. (COLL e SOLÉ, 1996, p. 287)

Por outro lado, as pesquisas sócio-lingüísticas que buscam encontrar regras e mecanismos estruturais do diálogo, que possam evidenciar indícios importantes do processo interativo, ganham destaque na análise das relações interativas em sala de aula. Diferentemente das pesquisas processo-produto, as pesquisas sócio-lingüísticas valorizam uma concepção interpretativa do conhecimento e privilegiam as análises qualitativas em detrimento das quantitativas. Nessa perspectiva, em vez de centrar atenção na seqüência dos fatos que se desenrolam e contam a história das relações ocorridas em sala de aula, visando identificar os meios ou os processos que levam a um determinado resultado, busca-se compreender como ocorre o processo interativo entre os protagonistas do contexto de sala de aula no sentido de descobrir se, e entender como, novos processos de mediação emergem para formas mais complexas de cognição (MONTEIRO, 2002a).

O estudo da interação em sala de aula a partir do discurso entre professor e alunos pode variar desde análises baseadas em discursos ocasionados por temas genéricos até aquelas decorrentes de discursos relacionados a eventos específicos.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Sintetizamos a seguir alguns exemplos de trabalhos em Ensino de Ciências que acreditamos apresentar uma visão geral do que tem sido estudado nessa área:

I) Boulter e Gilbert (1995) avaliam a interação em aulas de Ciências a partir dos discursos gerais ocasionados em sala de aula, centrados no discurso do professor. Esses discursos são classificados em argumentações: i) *didática* ou *retórica*; ii) *socrática;* iii) *colaborativa* ou *dialógica*.

A argumentação didática ou retórica é aquela em que se transmitem conceitos – apresenta uma estrutura simples e linear por meio da qual o professor procura persuadir tacitamente uma audiência receptiva.

Na argumentação socrática o professor interage com os alunos utilizando questões dirigidas. É um discurso dirigido como em um processo IRA (Indagação feita pelo professor-Resposta do aluno-Avaliação do professor). O professor conduz o discurso ajustando suas questões às respostas dos alunos até obter a resposta esperada.

Na argumentação colaborativa ou dialógica, o professor busca construir um consenso entre os alunos de forma a induzi-los a criar, e em seguida discutir, as questões relacionadas com as investigações que devem desenvolver.

Para os autores, o bom professor é aquele capaz de compatibilizar esses três tipos de argumentações ao contexto da sala de aula.

II) Compiani (1996), fundamentado em trabalhos de outros autores, relaciona cinco categorias de discurso para estudar a dinâmica entre professor e aluno: i) o discurso IRA; ii) o discurso opositivo–argumentativo; iii) a negociação de significados; iv) as estruturas de suporte e v) o discurso implícito e pressuposto.



O discurso IRA se caracteriza pela seqüência: o professor inicia o diálogo com o aluno a partir de uma indagação (I); o aluno responde (R); o professor avalia (A).

O discurso opositivo-argumentativo se inicia por um desacordo entre os alunos. O professor se limita apenas a coordenar o bom andamento das discussões.

A negociação de significados é a busca de um significado comum como solução para um desacordo entre os alunos e o professor e resulta da interação em sala de aula com o compartilhamento das idéias prévias de cada aluno.

Nas estruturas de suporte, a aprendizagem está sob tutela de um indivíduo mais competente, geralmente o professor. À medida que o aprendiz apresenta maior desenvoltura, o professor retira os apoios ou suportes.

No discurso implícito e pressuposto, o padrão discursivo é aquele adotado pelo professor para apresentar conhecimentos que, a seu juízo, devem ser aceitos sem reservas, não passíveis de discussão ou desacordo.

Para COMPIANI (*opus cit*), apesar de essas categorias de discurso proporcionarem instrumentos de análise adequados ao estudo das interações entre professor e aluno em sala de aula, elas ainda são demasiadamente generalizadas e, muitas vezes, dificultam a compreensão e impedem teorizações para situações específicas. Assim, com base nelas, elabora novas categorias que, para ele, permitem compreender melhor o papel do discurso dos alunos e do professor em sala de aula: solicitação de informações, o fornecimento de informações, o reespelhamento, a problematização, a reestruturação e a recondução. Veja o quadro a seguir:

unesp

QUADRO 2- Categorias do discurso em sala de aula[2]

Categorias do discurso	Características Gerais	Subcategorias possíveis	Características Específicas
Solicitação de informações (P) e (A)	Ações/interferências visando a obtenção de explicações ou esclarecimentos	Clarificação (P) e (A)	Quando as idéias explicativas foram expostas, mas não estão claras em alguns aspectos.
		Explicação (P) e (A)	Quando é exposta uma idéia, mas faltam explicações, ou ainda quando deficiências e lacunas são apontadas pelo aluno para serem explicadas pelo professor.
Fornecimento de informações (P) e (A)	Ação indutiva do professor sobre a linha de raciocínio do aluno.	Exposição simples (P) e (A)	Aporte de novas informações julgadas (pelo professor) necessárias para o desenvolvimento do tema.
		Remodelamento (P)	O professor costura os diálogos, preenche lacunas de um lado, omite informações de outro e assim, aos poucos, remodela a idéia em discussão e a deixa mais nítida, precisa e próxima do seu significado científico. Ele se utiliza de uma informação dada, mas incompleta ou imprecisa, para introduzir aspectos que faltam ou precisar o significado de certos termos e aproximá-los da respectiva concepção científica.
		Fornecimento de pistas (P)	Visa a obtenção de contribuições dos alunos no discurso, mediante o fornecimento de pistas eficazes passo a passo, para que eles cheguem ao raciocínio traçado de antemão pelo professor.
Reespelhamento (P)	Reforça, legitima a informação introduzida ou construída pelo aluno repetindo, reformulando ou continuando a mesma. Incentivo ao aluno a responder de novo o que já disse para reforçar a idéia exposta.		
Problematização (P) e (A)	Atitude intencional; incentiva a investigação, o estudo e a reflexão em busca de respostas.	Contraposições (P)	Quando a atitude apresentada visa destacar alguma contradição ou geração de conflitos importantes para o desenvolvimento da aula.
Reestruturação (P) e (A)	Visa a reorganização das proposições feitas	Recapitulação (P)	Sistematização final, generalização de idéias.
Recondução (P)	Recolocação da idéia principal inicialmente tratada nas discussões. Visa evitar as dispersões com a retomada de um aspecto da discussão para reforçá-la.		

(fonte: COMPIANI, 1996)

[2] (P): professor
(A): aluno

unesp

III) Monteiro (2002a) associa o discurso do professor com a argumentação construída pelos alunos para a análise do processo interativo em sala de aula. Para isso, constrói um sistema de análise desse discurso em que elementos do estudo sobre a argumentação de Boulter e Gilbert (*opus cit*) são incorporados às categorias propostas por Compiani (*opus cit*), como indicado no quadro 3.

QUADRO 3 – Características das categorias do discurso do professor

ARGUMENTAÇÃO RETÓRICA	ARGUMENTAÇÃO SOCRÁTICA	ARGUMENTAÇÃO DIALÓGICA
Problematização	Fornecimento de Pistas	Contraposições
Clarificação	Remodelamento	Reestruturação e Recapitulação
Explicação	Reespelhamento	Recondução

(fonte: MONTEIRO, 2002a)

Fundamentado nos processos da argumentação científica, Monteiro (*opus cit*) qualifica as argumentações construídas pelos alunos às quais atribui diferentes níveis quando nelas são detectados elementos argumentativos.

IV) Para estudar como o discurso verbal do professor pode auxiliar a aprendizagem dos alunos, Mortimer e Scott (2002) propõem uma estrutura analítica focalizada no papel do professor quando ele se mostra capaz de guiar interações que resultam na construção de significados em salas de aula de ciências, apresentada no quadro 4, a seguir:

QUADRO 4- As interações e a produção de significados

1- Focos de ensino	i) Intenções do professor	a) Criar um problema
		b) Explorar a visão dos estudantes
		c) Introduzir e desenvolver a "estória científica"
		d) Guiar os estudantes e dar suporte ao processo de internalização
		e) Guiar os estudantes na aplicação e expansão das idéias científicas
		f) Manter a narrativa, sustentando a "estória científica".
	ii) Conteúdo	a) Descritivo: refere-se a um sistema, objeto ou fenômeno
		b) Explicativo: utiliza-se um modelo teórico
		c) Generalizado: elaboram-se descrições e explicações independentes de um contexto específico
2- Abordagem	iii) Abordagem comunicativa	a) Interativo/dialógico (I/D)
		b) Não interativo/dialógico (NI/D)
		c) Interativo/de autoridade (I/A)
		d) Não interativo/ de autoridade(NI/A)
3- Ações	iv) Padrões de interação	a) I-R-A
		b) I-R-P-R-P
		c) I-R-F-R-F
	v) Intervenções do professor	a) Dar forma aos significados
		b) Selecionar significados
		c) Marcar significados chaves
		d) Compartilhar significados
		e) Checar entendimento dos alunos
		f) Rever o progresso da "estória científica"

(fonte: MORTIMER e SCOTT, 2002)

Após avaliar várias aulas de ensino de Ciências, os autores destacam um padrão constante no uso das abordagens comunicativas bem sucedidas: I/D - I/A - NI/A. Além disso, notam que as etapas repetidas do discurso caracterizavam-se pelo *discutir/trabalhar/rever,* e observam que o seu conteúdo evoluiu das idéias cotidianas, limitadas à descrição, à idéia científica, generalizada e sistematizada.

unesp

Apresentamos aqui, em síntese, exemplos gerais de como tem se desenvolvido a pesquisa em análise de discurso no Ensino de Ciências. Parece-nos claro que os trabalhos nessa área podem, de forma direta ou indireta, contribuir para o estudo dos processos interativos em aulas de ciências. Mas há outros trabalhos que consideramos relevantes, não diretamente relacionados com o ensino de ciências, mas nos quais o processo interativo em sala de aula é analisado dentro da perspectiva da psicologia.

1.3- Processos interativos em psicologia

Segundo Coll e Solé (1996), as relações entre o conhecimento psicológico e a educação são anteriores à psicologia. O autor descreve, sucintamente, a evolução da psicologia ligada à educação e apresenta duas concepções acerca do objeto de estudo dessa psicologia. Na primeira, predomina a concepção de que a pesquisa psicológica proporciona um conhecimento geral que pode ser aplicado tanto à educação como em outras áreas; na segunda, mais restrita, considera-se que os conteúdos tradicionais da psicologia se integram em uma única ciência mais ampla, que teria por objetivo a apreensão global dos fenômenos educativos. Biggs, um dos adeptos dessa concepção, sugere o termo *educologia* para designar tal ciência (BIGGS 1976, *apud* COLL e SOLE, 1996).

De acordo com Coll e Solé (*opus cit*), entre esses dois extremos há propostas fundamentadas em geral na concepção de que a Psicologia da Educação não se limita apenas à psicologia geral, apesar de balizar-se por seus marcos teóricos, mas integra de forma multidisciplinar outras disciplinas educativas. Não pretendemos discorrer sobre questões de âmbito geral em psicologia, muito menos sobre a limitação do objeto de estudo da Psicologia da Educação, no entanto,

consideramos pertinente enfatizar o fato de que a psicologia tem contribuído significativamente para o entendimento dos processos educativos, seja diretamente por meio da Psicologia da Educação, ou por intermédio do uso de seus marcos teóricos na análise do ensino e aprendizagem escolar. Como afirmamos anteriormente, nosso objetivo é buscar elementos de estudo, dentro do campo da psicologia, que têm se preocupado com os processos interativos em sala de aula.

Com esse intuito, apresentaremos alguns trabalhos gerais que evidenciam o que se tem discutido sobre os processos interativos em sala de aula, dentro de uma perspectiva psicológica.

a) Habilidades Sociais

Habilidades sociais são comportamentos considerados desejáveis em um processo de interação. Incluem, entre outras, verbalização, expressão facial, postura, contato visual, gestos e aparência física (LUCCA, 2005). Segundo Del Prette e Del Prette (1997), o conceito de habilidade social constitui, na atualidade, uma área de produção e aplicação do conhecimento psicológico necessária para a avaliação e promoção de desempenhos socialmente efetivos e apropriados.

No seu início, o treinamento de habilidades sociais foi utilizado como processo terapêutico para tratar e reabilitar pessoas de presumíveis desordens psicológicas graves relacionadas com o comportamento social, como o alcoolismo, a fobia social e a depressão. A partir da década de 1980, no entanto, ampliou-se o seu uso a objetivos não terapêuticos com a promoção das habilidades sociais (DEL PRETTE e DEL PRETTE, 1996). Essa metodologia experimentou inúmeras mudanças, tanto pelo refinamento nos procedimentos, como também pela ampliação da clientela a quem tem se destinado.

unesp

Nesse novo contexto, vêm se desenvolvendo estudos sobre as habilidades interpessoais do professor em sala de aula. Longe de referir-se ao controle de classe com emprego de técnicas de modificação de comportamento em sala de aula, em voga na década de 1970, esses estudos caracterizam-se pela análise das suas habilidades sociais do professor e da forma como ele planeja e orienta as interações educativas com o aluno, com a classe e entre os alunos, refletindo ainda o compromisso desse professor com um ideário educacional e abordagens pedagógicas que orientam a sua prática (DEL PRETTE e DEL PRETTE, 1997).

Nessa direção, trabalhos de Del Prette e Del Prette (1995) procuram caracterizar as habilidades sociais cotidianas relatadas por um grupo de professores sobre atribuições e estimativas da importância e do aparecimento de diferentes configurações interativas em sala de aula. Os professores, apesar de considerarem importante a interação em sala de aula, têm dificuldade em incentivar o seu desenvolvimento e, principalmente, transferir habilidades sociais para o seu aluno.

Em 1998, Del Prette *et al* (1998) após realizarem um curso de formação para professores em que se discutiu a importância, a conceituação e a promoção das habilidades sociais em sala de aula, apresentam uma classificação de classes e subclasses de desempenho do professor que permite avaliar a efetividade desse tipo de intervenção no contexto interativo da sala de aula. Concluem que o professor compartilha melhor com os alunos a estruturação de conteúdos e aumenta as oportunidades de interações sociais em sala de aula, descentralizando seu papel, à medida que organiza sua atividade levando em consideração a promoção das habilidades sociais.

b) Estilos Motivacionais

Alguns autores afirmam que, se definirmos o aluno motivado como uma situação educacional mais propícia para a aprendizagem, então devemos considerar que o ambiente educacional gerenciado pelo professor deve dar aos alunos liberdade em relação ao seu próprio comportamento, ao mesmo tempo que os incentiva a sentirem-se competentes, e a se ligarem emocionalmente às pessoas (GUIMARÃES *et al*, 2003). Nessa direção, em alguns trabalhos examina-se a importância do professor adotar um *estilo motivacional* em sala de aula para que os alunos se interessem pela aprendizagem, valorizem a sua própria educação e adquiram confiança em suas próprias capacidades e atributos (GUIMARÃES *et al,* 2003 e GUIMARÃES e BORUCHOVITCH, 2003). Segundo esses autores, alguns estudos consideram a variação dos estilos motivacionais do professor em um *continuum,* de um lado, altamente controlador e de outro, no extremo oposto, altamente facilitador da autonomia. Os professores facilitadores de autonomia oferecem aos alunos a oportunidade de fazer escolhas e de adquirir reforços significativos; reconhecem e apóiam os interesses dos alunos e buscam alternativas para que valorizem a sua educação. Os professores controladores, ao contrário, determinam formas específicas de comportamentos para seus alunos e neles induzem sentimentos ou pensamentos que levam a incentivos extrínsecos para os que se aproximam do padrão desejado.

As autoras (GUIMARÃES e BORUCHOVITCH, *opus cit*) concluem que, apesar de ser uma proposta recente, o estudo dos estilos motivacionais do professor está apoiado em inúmeros trabalhos empíricos, realizados principalmente em outros países. Ressaltam que há muito ainda a descobrir e analisar acerca dos estilos motivacionais do professor e de sua influência na aprendizagem dos alunos, mas os

resultados iniciais da pesquisa são muito promissores e merecem a atenção e o interesse dos pesquisadores.

Os trabalhos sobre as habilidades sociais e estilos motivacionais citados neste capítulo utilizam marcos teóricos consagrados na psicologia e vinculados aos contextos educacionais específicos. No capítulo seguinte, apresentamos uma revisão da teoria de Vigotski para buscar indicações relevantes para o entendimento de singularidades próprias ao estudo dos processos interativos em sala de aula de Ciências.

CAPÍTULO 2-

PROCESSOS INTERATIVOS EM SALA DE AULA: contribuições da abordagem vigotskiana

No capítulo anterior apresentamos uma visão geral sobre o que vem sendo discutido em relação aos processos interativos em salas de aula. Neste capítulo expomos algumas das principais idéias de Vigotski que julgamos pertinentes à análise do processo interativo em aulas de Ciências.

Em linhas gerais, a teoria de Vigotski propõe que o desenvolvimento cognitivo do ser humano se estabelece a partir de uma base biológica, inata, na qual se incorporam estruturas provenientes de duas raízes, uma ligada à história da espécie humana – a filogênese – e outra ligada à história do próprio indivíduo – a ontogênese. Apoiada nessa estrutura biológica, o desenvolvimento cognitivo se processa pela interiorização da fala – as estruturas de pensamento se originam nas interações sociais e se internalizam por meio da linguagem.

Apesar da brevidade de sua vida (1896-1934), a obra de Vigotski abrange diferentes áreas, como a psicologia do desenvolvimento, psicopatologia e lingüística. Limitaremo-nos a discutir aspectos de sua teoria que julgamos diretamente relacionados aos processos interativos, tema desta pesquisa, sem nos preocuparmos com a seqüência histórica do desenvolvimento desses trabalhos.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

2.1- Pensamento e linguagem

A síntese apresentada a seguir foi extraída do epílogo em que Luria (2001b) expõe sua visão sobre a monografia clássica acerca do pensamento e a linguagem[3]. Segundo o autor, nesse trabalho Vigotski elabora primeiramente uma análise crítica das interpretações que as duas correntes predominantes na psicologia da época – o associacionismo e os representantes da escola de Würzburg – faziam dessa relação.

Os associacionistas decompunham o processo do pensamento em seus elementos principais – as idéias – e tratavam de mostrar que o pensamento se reduz, em essência, a associações ou conexões entre esses elementos. Segundo Vigotski, isso impedia a descrição do pensamento como um processo integral e assim se perdiam particularidades especiais, características da atividade intelectual do homem.

De acordo com a escola de Würzburg, o pensamento é um processo especial que se diferencia das relações entre idéias, associações ou imagens; é um ato puramente espiritual, completamente separado da palavra. A palavra é vista como o correspondente ou o vínculo externo ao pensamento, um adereço sem qualquer influência sobre a nossa vida interior.

Em ambas as correntes, o estudo do pensamento se restringe a esquemas abstratos e torna impossível a investigação da função real do pensamento e de sua história. Para vencer essa limitação, Vigotski propõe que o significado da palavra seja o elemento unificador da estrutura do processo do pensamento. Além disso, enfoca os processos do pensamento à luz do seu desenvolvimento durante a formação do ser humano adulto.

---

[3] Na versão citada, Luria trata do trabalho apresentado em Vigotski (2001c)



Para Vigotski a criança é um ser social que desde muito pequena orienta a sua atividade para a comunicação com o adulto. Uma das características da linguagem da criança, que em determinada fase Piaget define como egocêntrica, é a transição da fala para os outros à fala para si mesmo. A linguagem egocêntrica é para Vigotski a expressão verbal do pensamento da criança, o meio pelo qual ela pode orientar as suas atividades, refletir sobre elas, analisar e avaliar cada situação para planejar e executar ações futuras. Essa fala já tem a função da fala interior, o pensamento, mas sua expressão exterior continua semelhante à fala social.

Vigotski procura investigar as raízes genéticas do pensamento e da linguagem por meio de métodos experimentais. Esses estudos o levaram a concluir que o pensamento e a fala formam um único processo com duas raízes independentes. Nos primeiros tempos de vida, o ser humano emite sons sem qualquer alusão à denominação de objetos ou a explicitação de ações, que expressam apenas o seu estado emocional, assim como realiza ações sem a necessidade de orientar-se por meio de qualquer linguagem interior, pois ela ainda não existe. Mais tarde, à medida que descobre a função simbólica da linguagem – cada coisa tem o seu nome – a criança passa a interiorizá-la: a linguagem torna-se pensamento, instrumento básico para o seu desenvolvimento cognitivo. Há, portanto, uma fase pré-lingüística na formação do pensamento verbal, e uma fase lingüística pré-intelectual na formação da linguagem simbólica.

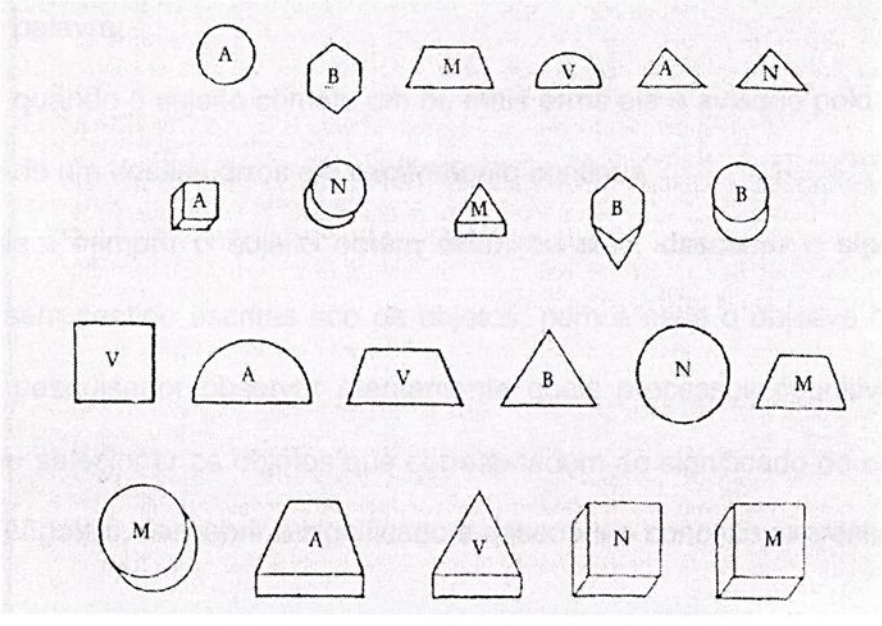
Vigotski concluiu que no desenvolvimento humano a linguagem e o pensamento seguem, nos primeiros meses de vida, linhas independentes que evoluem para o seu entrelaçamento e posterior fusão: a linguagem se torna pensamento, o pensamento se converte em linguagem.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Ao considerar o significado da palavra como unidade elementar do pensamento, Vigotski confere à palavra duas funções: ser atribuída ao objeto, ou seja, dar-lhe nome, função que tende a ser idêntica e invariável para a criança e para o adulto, e a de ser significativa em um determinado contexto temporal, ou seja, exercer a função de introduzir o objeto em um sistema de conexões e relações que possibilita a sua análise e generalização. A palavra tinteiro, por exemplo, além de indicar um objeto que tem relação com a cor ou a tinta (tint) indica também a finalidade desse objeto, expressa pelo sufixo (eiro), ou seja, que esse objeto é um recipiente, como um açucareiro, cinzeiro ou paliteiro. A palavra não só denomina o objeto, mas realiza uma complicadíssima análise desse objeto, estruturada nos códigos do idioma durante o processo da sua formação histórica e social. A função de atribuição de uma palavra a um objeto pode se manter invariável nas diferentes etapas do desenvolvimento psíquico, mas a função significativa da palavra evolui.

Essa conclusão se apóia em estudos desenvolvidos por Vigotski e seus colaboradores. Em um desses estudos, para investigar o processo de formação de conceitos nas crianças, conhecido por método *de Sakharov* ou *da dupla estimulação,* o sujeito experimental (crianças de diferentes idades, adolescentes e adultos) deve descobrir o significado de palavras sem sentido, escritas sob a base de objetos de formas e cores diferentes (figura 1).

Figura 1: Estudo da formação de conceitos. Método de Sakharov



(fonte: VIGOTSKI, 2001c, p. 129)

Nessa figura (1) estão representados os objetos utilizados nesse estudo: na primeira linha estão os estreitos e pequenos (CEV); na segunda, objetos largos e pequenos (MUR); na terceira, os estreitos e grandes (BIK) e, na quarta, objetos largos e grandes (LAK). As iniciais que aparecem nas figuras designam as cores: A (amarelo), B (branco), M (marrom), V (verde) e N (negro); na base estão escritas as palavras LAK, BIK, MUR e CEV, representativas dos conceitos indicados, mas sem sentido para os sujeitos observados na pesquisa.

Em síntese, esse método consiste no seguinte processo:

- é dado um conjunto de objetos compostos de subconjuntos aos quais foram atribuídos conceitos expressos por palavras (LAK, BIK, MUR, CEV) sem significado para os sujeitos da pesquisa.
- mostra-se um dos objetos e a palavra correspondente a ele, escrita na sua base a cada um dos sujeitos;

- pede-se ao sujeito que escolha, dentre os 22 objetos colocados a sua frente, todos os que, para ele, devem se denominar com essa mesma palavra;
- quando o sujeito comete um ou mais erros ele é avisado pelo pesquisador de um desses erros e o experimento continua.

Nem sempre o sujeito obtém êxito, ou seja, descobre o significado das palavras sem sentido escritas sob os objetos, nem é esse o objetivo da pesquisa. Cabe ao pesquisador observar atentamente quais processos cognitivos o sujeito utiliza para selecionar os objetos que correspondem ao significado de cada palavra, pois para Vigotski, descobrir o significado é descobrir o conceito expresso por aquela palavra.

O estudo mostrou que os critérios lógicos utilizados pelos sujeitos para essa seleção mostram uma evolução genética cognitiva muito semelhante aos estágios cognitivos postulados por Piaget. Assim, as pesquisas com esse método mostraram que o significado de uma palavra se forma na mente da criança de diferentes maneiras nas etapas sucessivas do seu desenvolvimento. As crianças muito pequenas ignoram a vinculação da palavra dada ao objeto. Escolhem os objetos a ela relacionados aleatoriamente, sem qualquer critério, por isso Vigotski chamou esse estágio cognitivo de *agregação desorganizada*.

Em uma etapa posterior, a criança já percebe a função atributiva da palavra, mas não a significativa, ou seja, não percebe o conceito abstrato que a palavra representa. A criança cria o significado das palavras pelos mais diferentes elos ou relações, como associações (cor, forma, tamanho) ou encadeamentos (quadrado verde, verde alto, alto e largo, largo e azul). Esse estágio de pensamento já apresenta alguma complexidade lógica e é chamado de *pensamento por complexos*.



Na etapa seguinte do seu desenvolvimento cognitivo, a criança aparentemente estabelece elementos lógicos que levam a um conceito, ou seja, parece capaz de descobrir a palavra que denomina um dos grupos de objetos, mas os experimentos mostram que essas relações lógicas e abstratas não se completam, ou seja, não têm a coerência lógica que um conceito verdadeiro exige. A criança ainda pensa por complexos, embora com estrutura aparentemente igual à da formação de um conceito. Por essa razão, esse é chamado estágio dos *pseudoconceitos.*

Segundo Vigotski, essa é a característica do pensamento do adolescente e tem grande importância na formação de conceitos verdadeiros porque permite um diálogo produtivo entre adolescentes, ou mesmo crianças, com adultos ou parceiros mais capazes. Embora de início as palavras nem sempre signifiquem a mesma coisa para ambos, os pseudoconceitos permitem que esse diálogo faça sentido e que, com o tempo, o significado das palavras aceito em uma determinada cultura – os conceitos verdadeiros – seja adquirido.

É também a partir da adolescência que os sujeitos conseguem completar o jogo até o fim, isto é, descobrir corretamente o significado das palavras sem sentido. A pesquisa mostra, portanto, que só a partir dessa fase as pessoas se tornam capazes de entender e definir o significado das palavras. Esse estágio final é o *estágio dos conceitos,* que marca a formação do verdadeiro pensamento lingüístico.

2.2- Desenvolvimento dos conceitos científicos em uma abordagem vigotskiana

Como destaca HOWE (1996) o termo *conceito científico* é utilizado por Vigotski de forma ampla, englobando questões das ciências sociais, línguas,

matemática, ciências naturais. Está associado a conhecimentos sistemáticos e hierárquicos, apresentados e apreendidos como parte de um sistema de relações. *Conceito espontâneo*, ao contrário, refere-se a conceitos não-sistemáticos, não-organizados, baseados em exemplos particulares e adquiridos em contextos da experiência cotidiana.

A diferença crucial entre essas duas categorias de conceitos é a presença ou ausência de um sistema. Em outras palavras, Vigotski classifica como científico todo o conceito aprendido na educação formal e como espontâneo todo conceito originário de uma aprendizagem informal, mas faz questão de destacar a unicidade cognitiva do processo de aquisição desses conceitos.

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

Para fundamentar sua teoria, Vigotski orientou uma série de estudos empíricos sobre o desenvolvimento de conceitos de conteúdos básicos como a escrita, os estudos sociais e a matemática, relacionados com a aprendizagem informal e formal. Em um desses estudos observou como crianças entre oito e dez anos de idade completavam frases terminadas com as conjunções *porque* e *embora*. Essas frases ora estavam relacionadas a conceitos espontâneos ora a conceitos científicos aprendidos na escola. Curiosamente, as crianças de oito anos de idade completavam com mais erros as frases que se referiam a conceitos espontâneos do que as frases relacionadas a conceitos científicos com os quais não tinham, em geral, nenhuma familiaridade. Aos dez anos, no entanto, essa diferença de índice de erros praticamente desaparece.



Estudos como esse levaram Vigotski a confirmar sua hipótese de que a criança utiliza conceitos espontâneos antes de compreendê-los conscientemente, ou seja, antes de ser capaz de defini-los e de operar com eles à vontade. Ela utiliza o conceito, conhece o objeto ao qual o conceito se refere, mas não está consciente do seu próprio ato de pensamento. Já o desenvolvimento de conceitos científicos, por outro lado, tem uma trajetória oposta. Ele começa com sua definição verbal, formal, aplicado a operações não-espontâneas. A criança opera de início com esses conceitos a um nível de complexidade lógica que só será atingido pelos conceitos espontâneos no final de sua história de desenvolvimento. Em compensação, só muito tardiamente a criança pode ter dos conceitos científicos o mesmo domínio e familiaridade que tem dos conceitos espontâneos. Pode-se dizer que, do ponto de vista do nível de complexidade lógica, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos na criança é ascendente, enquanto o de conceitos científicos é descendente.

> A relação dos conceitos científicos com a experiência pessoal da criança é diferente da relação dos conceitos espontâneos. Eles surgem e se constituem no processo de aprendizagem escolar por via inteiramente diferente que no processo de experiência pessoal da criança. As motivações internas, que levam a criança a formar conceitos científicos, também são inteiramente distintas daquelas que levam o pensamento infantil à formação dos conceitos espontâneos. Outras tarefas surgem diante do pensamento da criança no processo de assimilação dos conceitos na escola, mesmo quando o pensamento está entregue a si mesmo.
> [...] considerações igualmente empíricas nos levam a reconhecer que a força e a fraqueza dos conceitos espontâneos e científicos no aluno escolar são inteiramente diversas: naquilo em que os conceitos científicos são fortes os espontâneos são fracos e vice-versa, a força dos conceitos espontâneos acaba sendo a fraqueza dos conceitos científicos. (VIGOTSKI, 2001a, p. 263).

Um dos exemplos utilizados por Vigotski para ilustrar suas afirmações é a formulação da lei de Arquimedes e do conceito de irmão por parte de uma criança. A criança tem mais facilidade em relação à primeira do que ao segundo, pois o enunciado da lei de Arquimedes foi apresentado formalmente pelo professor, pronto



e acabado, enquanto do conceito de irmão, a criança provavelmente jamais tenha ouvido uma definição formal.

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

O autor cita ainda outros exemplos semelhantes, como a aprendizagem formal de uma língua estrangeira em oposição à aprendizagem cotidiana da língua nativa. A primeira costuma trazer elementos que conscientizam o aprendiz de características de sua língua que ele nunca havia percebido, embora delas faça uso cotidianamente.

Assim, se a evolução conceitual segue a mesma direção, mas em sentido oposto, pode-se inferir que a aquisição de conceitos científicos é mais eficaz quando eles são associados a exemplos concretos, quando a criança puder relacionar uma nova idéia com situações de sua experiência cotidiana. Ao mesmo tempo, à medida que a criança agrega aos seus conceitos espontâneos características dos conceitos científicos aprendidos na escola, associando o abstrato ao concreto, ela aprimora ou dá estrutura lógica a esses conceitos. A aquisição formal de uma relação lógica de reversibilidade pode fazer a criança agregar essa característica ao seu conceito espontâneo de irmão e compreender que, se ela tem um irmão, seu irmão também deve ter um irmão.

Para Vigotski, quando se apresenta pela primeira vez um determinado conceito científico na escola, a sua aprendizagem ou aquisição pelo aprendiz apenas se inicia. O ensino não é o fim, mas o começo do desenvolvimento da aquisição de um conceito. A aplicação dos conceitos científicos em situações reais,

unesp

bem como a incorporação da experiência real junto a uma estrutura científica conceitual, são tarefas igualmente complexas e existe sempre o risco de que o conceito aprendido na escola permaneça em um nível puramente verbal, a menos que seja aplicado a situações ou fenômenos encontrados pelo estudante na sua vida diária, quando poderá se tornar um conceito verdadeiro.

2.3- Funções psíquicas e a função dos signos

Em um texto escrito originalmente em 1931, com tradução em espanhol em "Obras escogidas: historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores" (VIGOTSKI, 2000), Vigotski aborda as relações entre as funções psíquicas superiores e a função dos signos nos processos de interação e no desenvolvimento humano. Para ele, a cultura origina formas especiais de conduta, modifica a atividade das funções psíquicas e edifica novos níveis de comportamento humano. A ação da cultura sobre o ser humano reflete a ação do próprio homem, pois é ele quem cria a cultura. Assim, é o próprio homem que determina seu comportamento com ajuda dos meios por ele criados:

> Na medida em que o desenvolvimento orgânico se produz em um meio cultural, passa a ser um processo biológico historicamente condicionado. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento cultural adquire um caráter muito peculiar que não pode comparar-se com nenhum outro tipo de desenvolvimento, já que se produz simultânea e conjuntamente com o processo de maturação orgânica e posto que seu portador é o organismo infantil em vias de crescimento e maturação. O desenvolvimento da linguagem infantil pode servir de exemplo afortunado dessa fusão dos planos de desenvolvimento: o natural e o cultural (VIGOTSKI, 2000, p.36).

A criação e o emprego dos estímulos artificiais como meios auxiliares para dominar as próprias reações é a base da forma de determinar o comportamento, sendo "a existência simultânea dos estímulos *dados* e *criados*, o traço distintivo da psicologia humana." (VIGOTSKI, 2000, p. 82).

unesp

Segundo Vigotski, o que diferencia a forma de conduta inferior para a superior, no sentido genético e funcional, é que:

> Para uma das formas o traço essencial, seria a completa – em princípio – determinação da conduta pela estimulação. Para a outra, o traço, igualmente essencial, seria a *autoestimulação*, a criação e o emprego de estímulos-meios artificiais e a determinação da própria conduta com sua ajuda. (VIGOTSKI, 2000, p. 82)

Vigotski define signo como todo estímulo criado pelo homem com a função de auto-estimulação e utilizado para condicionar a conduta, própria ou alheia. Esse novo princípio regulador da conduta surge na interação entre seres humanos.

> No processo de vida social, o homem criou e desenvolveu sistemas complexos de relação psicológica, sem os quais seriam impossíveis a atividade do trabalho e toda a vida social. Os meios das conexões psicológicas são, por sua própria natureza, funções, signos, isto é, estímulos artificialmente criados, destinados a influenciar a conduta e a formar novas conexões condicionadas ao cérebro humano. (VIGOTSKI, 2000, p. 85)

Para Vigotski, a linguagem é o mais importante de todos os sistemas de relação social. A utilização de signos é análoga ao emprego de ferramentas: o papel das ferramentas em um trabalho se assemelha ao papel das adaptações na conduta por meio da função instrumental do signo. Assim como a ferramenta pode modificar um objeto, o homem altera a sua conduta por meio dos signos. No entanto, existe uma diferença essencial entre signos e ferramenta: a ferramenta atua externamente, o signo é um meio que atua na sua atividade interior.

> [...] quando dizemos que um processo é *externo* queremos dizer que é *social*. Toda função psíquica superior foi externa, por ter sido social antes que interna; a função psíquica propriamente dita era antes uma relação social de duas pessoas. O meio de influência sobre si mesmo é inicialmente o meio de influência sobre os outros, e o meio de influência dos outros sobre o indivíduo. (VIGOTSKI, 2000, p.150)



Para Vigotski, ao desenvolver os traços característicos de sua estrutura psicológica superior, os signos auxiliam o homem a dominar sua conduta e seu comportamento. Além disso, ele afirma que:

> o que mais caracteriza o domínio da própria conduta é a escolha, e não é em vão que a velha psicologia, ao estudar os processos da vontade, viu na escolha a mesma essência do ato volitivo (VIGOTSKI, 2000, p. 285)

Com essa asserção caracteriza que nossa vontade não é livre, depende de motivações externas. Ele recorda uma anedota filosófica – o asno de Buridan[4] – segundo a qual um asno sedento e faminto morreria diante de uma gamela de água e de um monte de feno igualmente acessíveis enquanto tenta decidir se vai aplacar primeiro a sua fome ou a sua sede. Um homem, mesmo na idealizada condição do asno de Buridan não teria dificuldades de sair dessa situação, pois confiaria sua decisão a algum motivo externo, ainda que esse motivo externo fosse algo relacionado com a sorte.

Nesse sentido, os processos histórico-culturais são transmitidos por meio da interação social a partir de signos construídos pela humanidade e internalizados pelo indivíduo por diferentes motivos, vontades, necessidades ou interesses contribuem de forma significativa para o desenvolvimento do comportamento humano. Ao empreendermos nosso estudo sobre o desenvolvimento dos processos interativos em sala de aula de Ciências, partimos de uma hipótese inicial sobre a possível influência e importância da motivação e emoção no desencadeamento dos processos interativos.

---

[4] O paradoxo conhecido como o *asno de Buridan* não foi criado por Buridan (filósofo francês, 1300-1358). É encontrado na obra De Caelo, de Aristóteles em que o autor pergunta como um cão diante de duas refeições igualmente tentadoras poderia racionalmente escolher entre elas (Wikipédia, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Jean_Buridan> em 4/4/2006).

No capítulo seguinte, buscando uma melhor delineação da importância e das pesquisas acerca dos processos interativos, traçamos considerações sobre o desencadeamento desses processos à luz da abordagem vigotskiana para, em seguida, no próximo capítulo, expor alguns estudos relacionados à emoção e à motivação, descritos nos trabalhos de Vigotski e afins.

CAPÍTULO 3-

A INTERAÇÃO SOCIAL EM SALA DE AULA

Neste capítulo discutimos a importância da interação social no desenvolvimento cognitivo humano e apresentamos situações em que o caráter social é evidenciado dentro da abordagem vigotskiana. Além disso, apresentamos um trabalho de Wertsch (1984), que julgamos identificar características importantes do processo interativo em sala de aula.

3.1- A importância da cultura no desenvolvimento cognitivo

Tal como a outros autores (*e.g.* GASPAR, 1993; HOWE, 1996; PINO, 2000), parece-nos claro que o trabalho de Vigotski se fundamenta na precedência da cultura sobre o desenvolvimento cognitivo de uma pessoa. Também é conseqüência dessa teoria (*e.g.* VIGOTSKI, 1998, 2001a, b, c) a idéia de que a aprendizagem, entendida como resultado da interação de crianças ou aprendizes com adultos ou parceiros mais capazes, é condição necessária para promover o desenvolvimento cognitivo.

A importância da cultura no desenvolvimento cognitivo pode ser evidenciada por um estudo coordenado por Vigotski e conduzido por Luria (2001a) nos primeiros anos da década de 1930, em áreas rurais do Uzbequistão e da Kirgizia, na Ásia Central.

Na época, essa região sofria rápidas mudanças com o advento da coletivização e da mecanização da agricultura, e os pesquisadores queriam saber se esses fatores traziam discrepâncias nas formas de expressão cultural de seus habitantes, comparando essas formas entre aqueles já envolvidos na vida moderna,

unesp

que experimentavam as influências do realinhamento social em curso, e os outros ainda analfabetos ou fortemente ligados à antiga cultura. Essa pesquisa iria possibilitar também o estudo da influência dessas mudanças no pensamento das pessoas.

Luria e sua equipe observaram cinco grupos:

a) Mulheres analfabetas que viviam em vilas remotas e não estavam envolvidas em qualquer atividade social.

b) Camponeses analfabetos que viviam em vilas remotas.

c) Mulheres que tinham assistido a cursos rápidos para ensinar nos jardins de infância.

d) Trabalhadores e jovens que trabalhavam em fazendas coletivas, recém alfabetizados, que tinham feito cursos rápidos.

e) Mulheres estudantes de escola para preparação de professores, depois de dois ou três anos de estudo.

Luria concluiu que a escolaridade formal produziu alterações qualitativas nos processos de pensamento dos indivíduos estudados. Um dos exemplos citados por ele para ilustrar suas conclusões foi a capacidade que os indivíduos escolarizados passaram a ter de fazer classificações:

> Quando nossos sujeitos adquiriram alguma educação e tiveram participação em discussões coletivas de questões sociais importantes, rapidamente fizeram a transição para o pensamento abstrato. Novas experiências e novas idéias mudam a maneira de as pessoas usarem a linguagem, de forma que as palavras tornam-se o principal agente da abstração e da generalização. Uma vez educadas, as pessoas fazem uso cada vez maior da classificação para expressar idéias acerca da realidade. (LURIA, 2001a, p.52).

Essa pesquisa, entre outras discutidas nos trabalhos citados anteriormente (VIGOTSKI, 1998, 2001a, b, c), reforça o acerto da hipótese de Vigotski de que a força diretiva do pensamento é externa – o social é fundamental no desenvolvimento cognitivo e o conhecimento resulta da apropriação cultural.

3.2- O social na obra de Vigotski

A afirmação acerca da precedência da cultura sobre o desenvolvimento cognitivo de uma pessoa, bem como as considerações sobre o papel significativo da interação social nesse processo, levam-nos a refletir quais as relações entre o social e o cultural na abordagem de Vigotski. Segundo Pino (2000), o caráter excessivamente genérico do termo social e do termo cultural nos obriga a circunscrever o contexto teórico em que eles são utilizados para que possamos fundamentar um modelo de desenvolvimento humano tal como proposto na teoria vigotskiana. Para esse autor, a história humana contextualiza essa delimitação:

> Ao colocar a questão da relação entre funções elementares ou *biológicas* e funções superiores ou *culturais*, Vigotski não está seguindo, como o fazem outros autores, a via do dualismo. Muito ao contrário, ele está propondo a via da sua superação. As funções biológicas não desaparecem com a emergência das culturais, mas adquirem uma nova forma de existência: elas são incorporadas na *história* humana. Afirmar que o desenvolvimento humano é cultural equivale, portanto a dizer que é histórico, ou seja, traduz o longo processo de transformação que o homem opera na natureza e nele mesmo como parte dessa natureza. Isso faz do homem o artífice de si mesmo. (PINO, 2000, itálico no original, pp.51)

Se a história do homem oferece os contornos do contexto social ao qual Vigotski se refere, cabe-nos perguntar como definir a dimensão social do indivíduo nesse referencial. Para Pino (2000) essa é uma tarefa muito difícil, pois implica na justaposição de condutas individuais às práticas sociais, fenômenos, em tese, de natureza diferente. Pode-se dizer que o ponto de partida de Vigotski para o estudo

unesp

dessa relação reside na inversão do sentido proposto por Piaget para o vetor da interação indivíduo-sociedade:

> Em contraposição a Piaget, pensamos que o desenvolvimento não se orienta no sentido da socialização, mas no da conversão das relações sociais em funções mentais. (VIGOTSKI, 2000, pp.151)

Segundo Pino (*opus cit*), Vigotski usa o termo social com freqüência, mas não o define. No entanto, do seu trabalho pode-se inferir três relações em que esse termo se aplica:

a) *Nas relações culturais:* Para Vigotski (2000, pp. 151) tudo o que é cultural é social. Assim, além das formas de sociabilidade biológicas ou naturais o homem é capaz de criar formas culturais de sociabilidade. O social determina, ao mesmo tempo, a condição e o resultado, pois a sociabilidade natural leva à sociabilidade humana e desta resulta o aparecimento da cultura. Pino avalia ainda que, dentro de determinados limites, "a cultura é a totalidade das produções humanas (técnicas, artísticas, científicas, tradições, instituições e práticas sociais)" (PINO, 2000, p.54);

b) *Nas relações simbólicas:* Ao equiparar o símbolo ao instrumento técnico, Vigotski o distingue como criação humana. O símbolo se origina da cultura humana e tem existência independente do organismo, daí o seu caráter social.

> [...] a emergência da atividade simbólica, constitui, tanto na história da espécie quanto na história pessoal de cada indivíduo, o ponto de passagem do plano *natural* para o *cultural* – planos que na filogênese aparecem separados, mas na ontogênese coincidem e se interpenetram. (PINO 2000, itálicos no original, pp. 56).

E ainda:

> [...] na lógica da evolução segundo a qual as formas mais complexas decorrem das formas mais simples que as precederam, os sistemas de *sinalização* natural constituem a origem e o substrato natural dos *sistemas de signos*. Não podemos nos esquecer que todo signo pressupõe um elemento que é material, da ordem do sensível (som, imagem, impressão química, térmica, etc.), que é justamente o que permite servir de *sinal* de alguma coisa para alguém. Mas, atenção! Embora os *sistemas de sinalização* sejam um requisito para a explicação da emergência dos sistemas de signos, são estes e não aqueles que possibilitam as formas humanas de comportamento: [...] é a compreensão destes que permite compreender aqueles. (PINO, 2000, itálicos no original, p. 57)

O mecanismo mediador da conversão do social em pessoal, sem tirar do indivíduo a sua singularidade, é denominado *mediação semiótica* – é ele que possibilita ao homem dar significados às transformações por ele realizadas na natureza, da qual é parte integrante. Os mediadores semióticos operam nas relações do ser humano com o mundo físico e social, e, ao se tornarem sistemas de sinalização natural, possibilitam a emergência de um mundo simbólico, da significação. Esse mundo simbólico confere à prática social a sua condição humana, que ultrapassa a organização natural da convivência de indivíduos da mesma espécie. Possibilita a convivência regida por leis históricas relacionadas às produções do ser humano, decorrentes de sua condição social de existência.

c) *Nas funções psíquicas superiores:* Vigotski atribui caráter social também às funções psíquicas superiores, pois apesar de existirem no plano intrapsicológico, tudo nelas tem origem social: sua composição, sua estrutura genética e seu modo de funcionar:

> Todas as funções superiores não são produto da biologia, nem da história da filogênese pura, mas do próprio mecanismo que está por detrás das funções psíquicas superiores, uma cópia do social. Todas as funções psíquicas superiores são relações interiorizadas de ordem social, são o fundamento da estrutura social da personalidade. Sua composição, estrutura genética e modo de ação, em uma palavra, toda a sua natureza é

> social; até mesmo ao converter-se em processos psíquicos continua sendo quase-sociais. (VIGOTSKI, 2000, pp. 151)

Para Pino, a expressão "quase-sociais" reflete a equivalência, mas não a identidade, que Vigotski considera existir entre as relações sociais enquanto estrutura da sociedade e as relações sociais enquanto estrutura da personalidade. As funções psíquicas superiores, no plano intrapsicológico têm um mecanismo equivalente ao processo de interação social, no plano intersubjetivo – a diferença entre elas não está na natureza, mas no modo de operar segundo se trate de relações da pessoa com o público, interpessoal, ou dela consigo mesma, no mundo privado.

> [...] embora as leis que regem as funções superiores sejam as mesmas, a maneira como elas funcionam ou operam varia de pessoa para pessoa. Isso quer dizer que se pensar, falar, sentir, rememorar, sonhar etc. são processos regulados pelas mesmas leis históricas, o que cada pessoa pensa, fala, sente, rememora, sonha etc. é *função* da sua história social [...] é *função* do que o *outro* das múltiplas relações sociais em que ela está envolvida pensa, fala, sente, rememora, sonha etc. Insistindo em que não são as idéias, as palavras, os sentimentos, as lembranças, sonhos etc. do *outro* que são internalizados, mas a *significação* que eles têm para o *eu*, pois a conversão do social em pessoal é um processo semiótico. (PINO, 2000, p.73)

As situações em que formas culturais, simbólicas, ou funções psíquicas superiores têm seu caráter social evidenciado, podem nos indicar contextos apropriados para estudos dentro da abordagem vigotskiana ou, em que essa abordagem possa ser utilizada como referencial teórico. A escola, e especificamente a sala de aula, constitui-se em um ambiente cultural, construído pelo homem com a finalidade de disseminar e perpetuar sua construção intelectual – em síntese, a sua própria história –, e a simbologia científica que viabiliza e dá significado a esse conjunto de informações.

unesp

O estudo da física implica na aquisição de grande quantidade conteúdos abstratos e simbólicos, que devem ser decodificados para o aluno, de início no plano intersubjetivo, para que possam ser incorporada no seu universo intrasubjetivo, incrementando o desenvolvimento de suas funções psíquicas superiores. Assim, torna-se possível, por exemplo, o surgimento da argumentação e do raciocínio lógico viabilizando, a nosso ver ao menos nesse caso, a emergência de um pensamento científico.

Assim, no intuito de caracterizar de forma mais detalhada o processo de interação social à luz da abordagem vigotskiana na sala de aula, no ensino de conteúdos de física, apresentamos a seguir contribuições que julgamos pertinentes para a obtenção de instrumentos que tornem esse estudo viável.

3.3- A colaboração e a interação social

Embora o conceito de *zona de desenvolvimento imediato* ou proximal – espécie de desnível cognitivo do aprendiz, dentro do qual a instrução é mais viável e produtiva – estabeleça limites para a promoção do desenvolvimento cognitivo, a origem do desenvolvimento cognitivo reside na interação social entre crianças e adultos.

> Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com sua zona de desenvolvimento imediato". (VIGOTSKI, 2001a, p. 329)

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

O conceito de interação social tem sido exaustivamente trabalhado por pesquisadores vigotskianos, buscando não só a melhor compreensão, mas também entender o seu papel no processo de ensino e aprendizagem. Segundo Ivic (1989), o conceito de interação social tem sido freqüentemente reduzido ao conceito de relação interpessoal, o que para ele constitui-se em uma perda na originalidade do trabalho de Vigotski, tendo em vista que a aquisição da linguagem como sistema semiótico social básico, o desenvolvimento do sistema de conceitos científicos e, genericamente, a cultura, são fenômenos supra-individuais.

Embora haja divergências em relação à sua conceituação, parece indiscutível o caráter assimétrico da interação social, condição essencial, segundo alguns pesquisadores, para que ela seja reconhecida como tal (IVIC, 1989). Em outras palavras, uma interação social só pode existir efetivamente em relação ao desenvolvimento de uma tarefa se houver entre os parceiros que a realizam alguém que saiba fazê-la. Vigotski deixa essa idéia muito clara quando vincula a colaboração à imitação, ao afirmar que na criança:

> [...] o desenvolvimento decorrente da colaboração via imitação, o desenvolvimento decorrente da aprendizagem é o fato fundamental. [...] Porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha, mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação. (VIGOTSKI, 2001a, p. 331)

A colaboração, como aqui está colocada, pode ser entendida como uma interação a dois, aluno-professor. No entanto, parece claro que ao referir-se à "aprendizagem na escola", Vigotski não se restringe a essa díade, mas entende e estende essa colaboração a toda sala de aula e, nesse sentido, parece-nos adequado entendê-la também como interação social.

Se em uma interação social que implique colaboração, o desenvolvimento decorre da imitação, é indispensável a presença do parceiro mais capaz, daquele

que detém o conhecimento e possa ser ou fazer-se imitado. É nesse sentido que o conceito de interação social é entendido neste trabalho.

3.4- Características da interação social

Apesar de valorizar amplamente a interação social como fator essencial para o desenvolvimento cognitivo, Vigotski não apresenta que condições poderiam promover essa forma de interação em sala de aula, nem como ela pode ser eficiente na promoção do ensino e da aprendizagem tendo em vista as limitações decorrentes das diferentes zonas de desenvolvimento imediato dos alunos.

Segundo WERTSCH (1984), Vigotski em nenhum lugar de seus escritos descreveu especificamente como ocorre a resolução de problemas sob a orientação, ou com a colaboração, de um adulto ou parceiro mais capaz. Wertsch procura descrever esse processo interativo e o denomina de *interação instrucional* que, ao nosso ver, está relacionado com a interação conduzida por um professor e sua forma de proceder em sala de aula. Wertsch propõe três constructos teóricos adicionais ao estudo desse processo interativo: a definição de situação, a intersubjetividade e a mediação semiótica.

Ao nosso ver, esses constructos vão nos dar indicações importantes tanto para a promoção do processo interativo desencadeado em sala de aula, como também para a análise da qualidade e da efetividade essa interação.

i. Definição de situação:

Trata-se da forma de representação de um contexto, ou conjunto de idéias, em uma interação. Segundo Wertsch, o termo *definição* é proposital, para deixar claro que, em todo processo interativo, o ser humano cria uma representação da

situação; raramente é receptor passivo da representação formulada por outra pessoa. Qualquer interação social voltada à apresentação de um conteúdo instrucional envolve tanto a representação do professor, relacionada aos objetivos para os quais ele planejou essa apresentação e a representação dos alunos, a forma como eles entendem a proposta do seu professor. Embora atuem no mesmo contexto espaço-temporal, o professor e os alunos freqüentemente o entendem de modo diferente, o que pode levá-los a realizar tarefas diferentes.

Para exemplificar essa situação Werstch apresenta uma interação em que um adulto e uma criança montam um objeto de acordo com um modelo fornecido, como em um brinquedo de encaixe. Segundo suas pesquisas, o que se observa é que as crianças escolhem as peças sem se preocuparem com o modelo, ao contrário do adulto que sempre segue o modelo. Isso não significa que a criança erra e o adulto acerta, mas que eles adotaram diferentes definições de situação: enquanto o adulto entende a tarefa como a montagem do modelo dado como referência, a criança ignora o modelo e representa o objeto que ela decide montar.

A definição de situação adotada por um indivíduo corresponde à forma como ele representa uma tarefa a ser realizada em uma dada situação e determina as ações que ele vai desenvolver para dar conta dessa tarefa. Assim, em uma interação social em sala de aula desencadeada pela apresentação de um problema é bem provável que, ao menos no início, as definições de situações dos participantes sejam diferentes, tanto em relação ao próprio problema – a compreensão do seu enunciado – mas também em relação ao encaminhamento da solução desse problema. As intervenções do professor – o parceiro mais capaz – que propôs ou sabe o objetivo do problema e domina as estratégias adequadas para a sua solução, pode levar a criança – o parceiro menos capaz – a trocar a sua definição de situação prévia por

unesp

outra, mais próxima da definição de situação do professor. A esse processo de substituição de uma definição de situação por outra, Wertsch chamou de redefinição de situação.

Embora a redefinição de situação ocorra no plano intrapsicológico, ela é motivada por uma ação intersubjetiva (entre sujeitos) – essa ação expressa o segundo dos constructos teóricos adicionais sugeridos por Wertsch, a intersubjetividade.

ii. Intersubjetividade:

A princípio, a intersubjetividade existe quando os participantes de uma interação compartilham a mesma definição de situação e têm consciência disso. Ela pode existir em diferentes níveis, dependendo do grau de concordância de definições entre os participantes da interação. Em um nível mais baixo ela pode indicar apenas um acordo inicial e insipiente, por exemplo, restrito apenas à localização dos objetos que constam de uma tarefa. No nível mais alto, que pode ser entendido como o da intersubjetividade completa, os participantes têm exatamente o mesmo entendimento da tarefa a ser realizada e dos recursos materiais ou simbólicos que devem ser utilizados para realizá-la.

Quando isso ocorre a interação social tem pleno desenvolvimento e, segundo o entendimento de Wertsch, deve permitir a cada um dos participantes a aquisição dos conteúdos nela trabalhados no máximo nível possível. Em outras palavras, como cada participante tem a sua própria zona de desenvolvimento imediato e elas não são iguais entre si, nem todos devem ter o mesmo aproveitamento, mas, se a hipótese de Wertsch é válida, pode-se afirmar que nessas condições todos atingem o máximo que a cada um é permitido.

unesp

Algumas vezes definição de situação do aluno coincide, já de início, com a definição de situação planejada pelo professor. Nesse caso, a intersubjetividade é imediatamente atingida. Mas esse não é sempre o caso e, nessas situações, a interação social em sala de aula vai exigir do professor, como parceiro mais capaz, que busque com seus alunos uma redefinição de situação que possibilite um nível satisfatório de intersubjetividade, tendo em vista os seus objetivos.

Essa negociação pode levar o aluno a adotar definição de situação do professor, e nesse caso, pode-se dizer que houve uma intersubjetividade completa, no sentido de ela atingir todos os objetivos que o professor tinha em mente ao propor a tarefa. Mas pode também situar-se a um nível intermediário, em que o professor reduz os seus objetivos ou o alcance deles, para ajustar-se às definições de situação que seus alunos são capazes de adotar. Nesse caso, tanto o professor como os alunos adotam uma definição de situação intermediária, segundo a denominação de Wertsch, eles atingem uma *definição de situação intersubjetiva,* mas a interação social continua válida e pode ter também um rendimento máximo, mas em relação a novos objetivos, menos específicos.

A negociação pela qual professor e alunos atingem um nível de intersubjetividade, parcial ou completa, depende da mediação semiótica, o terceiro constructo estabelecido por Wertsch para a descrição das interações sociais.

iii. Mediação semiótica:

Pode-se dizer que a mediação semiótica é toda a simbologia de que adultos e crianças ou professores e alunos dispõem para o estabelecimento da intersubjetividade em uma interação social. Mas, segundo Wertsch, a linguagem é o instrumento principal dessa simbologia:

> Os processos envolvidos nesse fenômeno são às vezes conceituados operacionalmente como operações independentes da fala, uma visão que, erradamente, supõe que a fala simplesmente dá nome ou reflete uma definição previamente existente. Tal visão subestima o fato de que a intersubjetividade é freqüentemente criada através do uso da linguagem.(WERTSCH, 1984, pp. 13)

Para entendermos melhor este constructo teórico é necessário compará-lo e distingui-lo de outra definição de mediação semiótica citada anteriormente. Segundo Pino (2000), no desenvolvimento da atividade humana aparece sempre uma dupla mediação: a técnica e a semiótica. A mediação técnica permite ao homem transformar a natureza da qual ele é parte integrante, enquanto que a mediação semiótica é a que lhe permite conferir significado a essa transformação. Para exemplificar, Pino afirma que quando um artista trabalha formas esculturais em uma pedra, materializa por meio delas os seus próprios sentimentos naquele contexto – transforma a pedra em um signo, um mediador semiótico, pois por meio dele essa pedra passa a ter significado, tanto para o escultor como para aqueles que a contemplam.

Nas interações sociais em sala de aula e, em especial, no ensino de física, freqüentemente são atribuídos aos mediadores semióticos significados abstratos, próprios da simbologia científica e da linguagem matemática. A mediação semiótica, no entanto, neste caso, não pode prescindir desses mediadores semióticos, pois eles existem por exigência da própria ciência que se pretende ensinar, o que torna muitas vezes difícil o processo de negociação. Muitas vezes o professor pode ser levado a uma mudança radical na interação social em curso, introduzindo uma nova atividade para prover os alunos dos mediadores semióticos necessários para que a negociação inicial chegue a termo.

unesp

O conceito de interação social e o estudo de suas características aqui apresentadas foram elementos orientadores e são as ferramentas de análise de atividades realizadas por nós em sala de aula e que serão descritas mais adiante.

Mas, lembrando a afirmação de Vigotski de que os processos histórico-culturais transmitidos por meio da interação social são internalizados pelo indivíduo por diferentes motivos, vontades, necessidades ou interesses, temos por hipótese inicial, a ser discutida nesse trabalho, que o desenvolvimento da interação social em sala de aula deve relacionar-se também com processos associados à emoção e a motivação. Assim, no intuito de organizar e sistematizar tais asserções apresentamos, no capítulo seguinte, considerações relativas à emoção e motivação, descritas nos trabalhos de Vigotski e alguns de seus seguidores.

CAPÍTULO 4-

SINGULARIDADES DOS PROCESSOS INTERATIVOS EM SALA DE AULA: a emoção e a motivação

Em trabalho anterior (MONTEIRO, 2002b), ao avaliar o uso de atividades experimentais de demonstração em sala de aula como elemento desencadeador da interação capaz de auxiliar a aprendizagem de conceitos de Física, chamou a nossa atenção a influência favorável, embora instável, que aspectos associados à emoção e à motivação do aluno desempenhavam na deflagração dos processos interativos.

Recorrer à emoção como elemento auxiliar do professor no trabalho de ensinar é, segundo Vigotski (2001b), não apenas uma conduta aceitável, mas desejável, pois ela desencadeia funções que exercem um papel organizador interno do comportamento do aluno. Segundo ele:

> A emoção não é um agente menor do que o pensamento. O trabalho do pedagogo deve consistir não só em fazer com que os alunos pensem e assimilem geografia, mas também a sintam. Por algum motivo essa idéia não costuma vir à cabeça, e o ensino de colorido emocional é entre nós um hóspede raro, o mais das vezes relacionado a um amor impotente do próprio professor esse que desconhece os meios para comunicar essa matéria aos alunos e por isso, costuma passar por esquisitão. (VIGOTSKI, 2001b, p. 144)

E, mais adiante:

> Os gregos diziam que a filosofia nasce da surpresa. Em termos psicológicos isso é verdadeiro se aplicado a qualquer conhecimento no sentido de que todo conhecimento deve ser antecedido de uma sensação de sede. O momento da emoção e do interesse deve necessariamente servir de ponto de partida a qualquer trabalho educativo. (VIGOTSKI, 2001b, p. 145)

Muitos pesquisadores vigotskianos têm se dedicado à compreensão e extensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal ou imediato, "uma espécie de desnível cognitivo avançado dentro do qual uma criança, com o auxílio

direto ou indireto de um adulto ou parceiro mais capaz pode realizar tarefas que ela, sozinha, não seria capaz, por estarem além do seu nível de desenvolvimento." (GASPAR, 1993), considerado como orientador da aprendizagem nas interações sociais. Mas, ao nosso ver, poucos têm enfatizado o papel das emoções nos processos interativos voltados à aprendizagem. Se a interação social é condição essencial para a aprendizagem e a emoção constitui-se em um recurso para o incremento dessas interações, como o próprio Vigotski reconhece, é nossa hipótese inicial, a ser validada neste trabalho, o estudo do papel reforçador das emoções e, associadas a elas, da motivação, nas interações sociais. E, por extensão, na promoção do ensino e da aprendizagem resultante dessas interações.

Na busca de fundamentação para a verificação dessa hipótese inicial, apresentamos neste capítulo algumas idéias relacionadas à emoção, à motivação e à relação entre elas, enfatizando prioritariamente seu uso em sala de aula.

4.1- Emoção: alguns aspectos gerais

Segundo Sousa (2005), acredita-se que a teoria mais simples das emoções é aquela que conceitua a emoção como um sentimento, diferenciado da sensação por sua relação com a experiência vivenciada. William James (1842-1910, filósofo pragmático americano), propôs uma variante dessa visão em 1884, conhecida como Teoria Periférica das Emoções que, em essência, afirmava que a emoção é a consciência de perturbações fisiológicas, assim, percebemos um urso, corremos e, porque corremos, temos medo. Mais tarde, devido à convergência com os estudos realizados por Carl Lange (1834-1900, anatomista e fisiologista dinamarquês) sobre processos fisiológicos, especificamente sobre as mudanças vasomotoras e as emoções, a teoria periférica de William James ficou conhecida como teoria de

James-Lange: as emoções são sentimentos causados por mudanças psicológicas relacionadas às funções autônomas e motoras.

Segundo Sousa (2005), um problema dessa teoria é a incapacidade de diferenciar emoções. Essa objeção, que vem de longa data, já foi, por exemplo, expressa por Cannon (1920) que, apoiado em exames de laboratório, verificou que as reações viscerais características de emoções distintas, como o medo e a raiva, são idênticas. Assim, essas reações não podem ser o traço demarcatório das emoções. A mesma conclusão é extraída de outros trabalhos mais recentes: Stanley Schacter & Jerome Singer (1962 *apud* SOUSA, 2005), que observaram reações emocionais diferentes como raiva ou euforia em sujeitos submetidos ao mesmo estimulante, dependendo do comportamento presenciado depois da dopagem, o que levou os autores a afirmar que o diferencial das emoções não é psicológico, mas cognitivo ou algo mais; pesquisa subseqüente mostrou que um número limitado das emoções resulta, de fato, em perfis corporais significativamente diferentes (LEDOUX, 1996; PANKSEPP, 1998; *apud* SOUSA, 2005). Entretanto, mudanças corporais e os sentimentos que as acompanham fornecem apenas aspectos parciais para uma taxonomia adequada das emoções (SOUSA, 2005).

Face à diversidade de conceitos sobre emoção, muitas tentativas de classificação se produziram (PENNA, 1979). Da psicologia clássica, destaca-se a que subordina a experiência emocional a categoria ampla de fenômenos designados como afetivos, entre eles os sentimentos e as paixões – o critério para discriminá-los seria a intensidade e a duração do processo. Esse autor ainda faz uma breve revisão da evolução dos estudos sobre emoção, dos quais destacamos os trabalhos de Hebb, Janet, Watson e Cannon.

unesp

Segundo Hebb (1971, *apud* PENNA, 1979), a emoção é "um estado especial de vigilância" originária de dois componentes principais: o nível de vigilância e o processo de mediação. O resultado é a diversificação das respostas emocionais, como a idéia de fuga nas reações de medo, e as representações agressivas nos processos caracterizados pelo ódio. Para Janet (1926, *apud* PENNA, 1979), as condutas emocionais estão vinculadas à vivência de situações de fracasso e se produzem sempre que formas mais adaptadas se revelam fora do alcance do sujeito envolvido na situação. Watson (1924, *apud* PENNA, 1979) conceitua emoção como uma estrutura de respostas hereditárias envolvendo profundas modificações nos mecanismos do corpo como um todo, mais particularmente nos sistemas visceral e glandular. Segundo ele, a emoção está relacionada com as respostas condicionadas pelo medo, pela ira, pelo amor e suas combinações. Cannon (1920, *apud* PENNA, 1979), define a emoção como conduta estruturada, exposta diante de situações de emergências – a emoção é o fator responsável pela instalação de um estado de prontidão fisiológico, que possibilite ao corpo uma ação eficaz e intensa.

Para Zembylas (2002), que recentemente elaborou um longo estudo sobre a genealogia das emoções dos professores, definir emoção é difícil por causa da pouca concordância a respeito do seu significado e do conhecimento de sua natureza: enquanto alguns psicólogos estão mais interessados em estudar a emoção como fenômeno psicológico (*e.g.* COLLIER, 1985, *apud* ZEMBYLAS, 2002), filósofos e educadores têm, em geral, interesse no seu estudo como forma de auxílio às pessoas com dificuldades cognitivas (*e.g.* VAN DAM & STEUTEL, 1996 *apud* ZEMBYLAS, 2002). Destaca ainda teorias nas quais a emoção é considerada resultado de uma construção social como, por exemplo, os trabalhos de Averill (1980) e Harre (1986) que, em linhas gerais, definem emoção como uma construção

social, não determinada geneticamente, mas relacionada à improvisação apoiada na interpretação de uma situação particular por parte do indivíduo, que a desenvolveu por meio de suas experiências histórico-culturais.

Para Zembylas, essa definição pode produzir um contra-discurso em relação à emoção entendida como fenômeno psicológico individual. Nessa perspectiva, emoções vivenciadas e expressas pelos professores não seriam resultado de suas disposições pessoais, mas construídas por meio das relações sociais e sistemas de valores vivenciados na sua cultura, na sua família e em situações escolares.

Do exposto até aqui, pode-se notar a grande variedade de estudos que foram e ainda estão sendo realizados a respeito das emoções, mas não encontramos uma conceituação consensual do que é emoção. Por essa razão, tendo em vista o objetivo deste trabalho, optamos por focalizar a busca da influência da emoção no desencadeamento dos processos interativos em aulas de Física. Tendo em vista nossa vinculação inicial à teoria de Vigotski e aos processos de interação social como base do desenvolvimento cognitivo, vamos priorizar a discussão sobre emoção, destacando sua relação com a motivação, tanto nos trabalhos de Vigotski como na literatura atual.

4.2- A importância da emoção segundo a teoria de Vigotski

Vigotski apresentou sua hipótese sobre o desenvolvimento do conceito de emoção em uma conferência realizada no Instituto Pedagógico de Leningrado, em 1932, (VIGOTSKI, 1999b, conferência 4), contrapondo-a à denominada por ele de teoria das emoções (ou dos rudimentos) originada das idéias de Darwin. Segundo Vigotski, ao estabelecer uma conexão geral entre as emoções do homem e as

reações afetivas e instintivas que se observam no reino animal, Darwin realçou a fundamentação de sua teoria da evolução e, ao mesmo tempo, impulsionou estudos (Spencer[3], Ribot[4], e seguidores) sobre a origem biológica das emoções humanas a partir das reações afetivas e instintivas dos animais.

Para Vigotski, essa teoria das emoções tem um enfoque retrospectivo, não evolutivo, pois propõe que os movimentos expressivos que acompanham o temor, a ira ou qualquer outro sentimento humano são rudimentos de reações dos nossos antepassados irracionais. Tal orientação dificultou o estudo das particularidades específicas das emoções do homem, pois priorizou o estudo da evolução da reação emocional dos animais.

Ainda nessa conferência, ele lembrou a teoria de Lange e James:

> Lange e James já se haviam proposto, cada um por seu lado – James mais conscientemente como psicólogo e Lange mais inconscientemente como fisiólogo-, a tarefa de encontrar a fonte da vitalidade das emoções, como diz James, no próprio organismo do homem (VIGOTSKI, 1999b, p. 82)

No entanto, segundo Vigotski, quando James foi questionado a respeito de emoções mais sutis, como o sentimento religioso, a sensação estética e o amor, propôs em sua teoria a existência de emoções inferiores e superiores. Só as inferiores, como o medo, o terror, a ira e o desespero, teriam origem orgânica; as emoções superiores, integradas de alguma forma em nossos processos de pensamento, teriam natureza distinta.

Segundo Vigotski, essa teoria sofreu várias contestações de natureza experimental. Cita, por exemplo, Cannon[5], que iniciou seus estudos tentando demonstrar a relação intrínseca entre a secreção das glândulas internas e o estado

---

[3] Por se tratar de conferência, não há referência da obra citada, mas apenas uma nota de final de texto, assegurando-se tratar de Herbert Spencer (1820-1903), filósofo e sociólogo inglês.
[4] Idem, nota anterior: Théodule Ribot (1839-1916), psicólogo francês.
[5] Idem, nota anterior: Cannon, 1920.

emocional de animais, mas concluiu que, se é inegável a conexão direta entre emoção e expressão corporal, não existe conexão evidente no sentido inverso, entre reações orgânicas e estados emocionais. O estudo do eletrocardiograma, das mudanças viscerais e a análise do sangue dos animais na ocasião em que manifestavam emoção não permitiam distinguir se tratava de terror ou fúria. O mesmo resultado foi obtido em outros experimentos em que se extirparam parte do sistema nervoso dos animais: não foram obtidas diferenciações de emoções por meio das secreções de adrenalina ou de qualquer outra reação orgânica. Em experiências realizadas com seres humanos, nos quais se injetou uma substância estimulante, observou-se um estado semelhante à emoção correspondente, mas não a própria emoção.

Vigotski (2001b) afirma que o papel primário das emoções estava ligado a reações somáticas e secretórias que eram adaptativas, mas extremamente úteis, de caráter biológico. O medo, por exemplo, cujas reações mímicas de olhos esbugalhados, narinas infladas e orelhas em pé, indicam uma prontidão orgânica em face do perigo, seguida de uma tensão muscular, organizando todo o organismo para fugir em um salto, podendo gerar ainda a "palidez, interrupção da digestão e diarréia, indicando refluxo do sangue daqueles órgãos cuja atividade não apresenta no momento uma necessidade e uma importância vital de primeiro grau para o organismo e um afluxo do sangue àqueles órgãos aos quais cabe a palavra decisiva nesse momento" (VIGOTSKI, 2001b, p. 133). Contudo, argumenta o autor, o medo, atualmente, é uma forma muito mais debilitada desse instinto primitivo, daí surge a idéia de que no processo de evolução do animal ao homem as emoções atrofiaram-se.

No entanto, ele expõe, e justifica, sua hipótese de que, apesar das condições modificadas, o que causou uma gradual atrofia, em função da sua inutilidade, das formas exteriores dos movimentos que acompanhavam as emoções, elas ainda têm um papel relevante na complexidade e na diversidade do comportamento humano, com um papel de seu organizador interno, como era o seu papel primário, e continua até hoje:

> Toda emoção é um chamamento à ação ou uma renúncia a ela. Nenhum sentimento pode permanecer indiferente e infrutífero no comportamento. As emoções são esse organizador interno das nossas emoções, que retesam, excitam, estimulam ou inibem essas ou aquelas reações. Desse modo, a emoção mantém seu papel de organizador interno do nosso comportamento. Se fizermos alguma coisa com alegria, as reações emocionais de alegria não significam nada, senão que vamos continuar tentando fazer a mesma coisa. Se fizermos algo com repulsa, isto significa que no futuro procuraremos por todos os meios interromper essas ocupações. Por outras palavras, o novo momento que as emoções inserem no comportamento consiste inteiramente na regulagem das reações pelo organismo. (VIGOTSKI, 2001b, p. 139)

Ainda nesse sentido, Vigotski insiste na associação entre emoção e disposição para a aprendizagem, conforme se depreende de suas próprias palavras:

> As reações emocionais exercem a influência mais substancial sobre todas as formas do nosso comportamento e os momentos do processo educativo. Queremos atingir uma melhor memorização por parte dos alunos ou um trabalho melhor sucedido do pensamento, seja como for devemos nos preocupar com que tanto uma como outra atividade seja estimulada emocionalmente. A experiência e estudos mostraram que o fato emocionalmente colorido é lembrado com mais intensidade e solidez do que um fato indiferente. Sempre que comunicamos alguma coisa a algum aluno devemos procurar atingir o seu sentimento. Isso se faz necessário não só como meio para melhor memorização e apreensão, mas também como objetivo em si. (VIGOTSKI, 2001b, p.143)

Do exposto até aqui fica evidente a importância dada por Vigotski ao conceito de emoção e à sua influência no ensino e na aprendizagem.

Mas o conceito de emoção é muito amplo e, nos limites de nossa pesquisa, é muitas vezes melhor caracterizado por outro, dele derivado, a motivação. Apresentamos a seguir alguns aspectos gerais sobre o conceito de motivação nos

quais procuramos mostrar algumas evidências sobre a relação entre emoção e motivação.

4.3- Motivação

Nos trabalhos de Vigotski, a motivação aparece de modo difuso, relacionada com interesses, necessidades e vontade.

Vigotski discutiu a importância da vontade no desenvolvimento humano, especificamente no desenvolvimento da conduta e comportamento humano.

Em uma de suas conferências (VIGOTSKI, 1999b, conferência 6), ele discute o problema da vontade e seu desenvolvimento na infância. Depois de breve introdução sobre as duas tendências existentes na época – teorias heterônoma e autônoma[6] – para compreender o problema da vontade e analisar suas manifestações no adulto e na criança, ele afirma:

> Se obrigarmos uma criança a realizar com freqüência algo no ritmo do 'um, dois, três', depois ela mesma se acostumará a fazer exatamente da mesma maneira, como fazemos, por exemplo, ao nos jogarmos na água. Com freqüência, sabemos que temos de fazer algo como, recorrendo ao exemplo de James, levantar-nos da cama, mas não temos vontade de fazê-lo. Nesses momentos, a proposição que fazemos a nós mesmos, de fora, ajuda-nos a levantar e, como diz James, sem nos darmos conta encontramo-nos de pé. Seria de grande importância unir esses dados, segui-los segundo as idades e determinar os estádios ou graus específicos, através dos quais se desenvolve a vontade infantil. (VIGOTSKI, 1999b, p. 145).

A brevidade da vida de Vigotski não lhe permitiu detalhar mais suas idéias, mas podemos inferir a importância que ele atribuiu à vontade da criança, mesmo que induzida externamente, como motivação para tarefas pouco agradáveis.

---

[6] Por teoria heterônoma, subentende-se o grupo de pesquisas que justifiquem os atos volitivos do homem por processos associativos ou intelectuais, fora da vontade. As teorias autônomas ou voluntaristas fundamentam-se na idéia da unidade e irredutibilidade dos processos volitivos, ou seja, explicam a vontade partindo de leis próprias do ato volitivo em si.

unesp

Mais recentemente, muitos autores têm retomado o estudo sobre a motivação no contexto escolar. A seguir traçamos paralelos mais significativos entre as idéias sugeridas por Vigotski e as pesquisas atuais no assunto.

Segundo Boruchovitch & Bzuneck (2001), há muitas áreas em que o estudo da motivação é pertinente, mas é necessário contemplar suas especificidades, inclusive, e principalmente, no meio escolar, por suas características peculiares. As tarefas escolares são de natureza cognitiva e incluem ações como atenção, concentração, processamento e integração de informações, raciocínio e resolução de problemas, a nosso ver ações características das funções mentais superiores no referencial vigotskiano, desenvolvidas em ambientes com algumas dezenas de alunos orientados por um professor. Nessas tarefas os alunos, em geral, são avaliados individualmente pelo cumprimento de um currículo obrigatório composto de conteúdos que incluem desde componentes concretos, às vezes experimentais, até extremamente abstratos.

Para os autores, a motivação no aluno se caracteriza principalmente por efeitos imediatos, relacionados ao seu envolvimento nos processos de aprendizagem, com empenho e perseverança, mas existem ainda os efeitos finais dificilmente observáveis, pois seus resultados aparecem a longo prazo, tais como as habilidades adquiridas pelos alunos e vinculadas aos conhecimentos construídos. Ainda relacionados aos efeitos finais atribuídos à motivação, Boruchovitch & Bzuneck citam as seguintes pesquisas:

- desenvolvimento da criatividade (AMABILE & HENNESSEY, 1992);
- desenvolvimento do pensamento crítico e mudança conceitual (PINTRICH *et al*, 1992; DOLE & SINATRA, 1998);

- estratégias adaptadoras de aprendizagem (ALEXANDER *et al*, 1998; MIDGLEY, *et al*, 1996);
- desenvolvimento social (JUVONEN & NISHINA, 1997);
- estímulo para a leitura (WIGFIELD, 1997; WIGFIELD & GUTHRIE, 1997);
- formação de aprendizes permanentes (MAEHR & MEYER, 1997).

As dificuldades para se detectar os efeitos da motivação, incluem a identificação de alunos desmotivados e a averiguação das causas dessa falta de motivação. Nesse sentido, Stipek (1993, *apud* BORUCHOVITCH & BZUNECK, 2001) lembra que alunos aparentemente atentos e disciplinados[9] podem estar com a mente em assuntos completamente alheios. Por isso, a identificação de problemas com a motivação situa-se além da avaliação de desempenho e da categorização de comportamentos observáveis; depende de um conhecimento mais acurado do aluno, do seu nível de capacidade, de suas concepções prévias, dos seus métodos de estudo e até mesmo da sua disponibilidade de recursos, informações que em geral não se obtêm das interações em sala de aula.

Para alguns autores a identificação dos problemas relacionados à falta de motivação do aluno deve considerar aspectos quantitativos e qualitativos (AMES, 1990; AMES & AMES, 1984; BROPHY, 1983 *apud* BZUNECK, 2001). Quanto aos aspectos quantitativos, ressalta-se não ser suficientes níveis freqüentemente baixos de motivação pelas tarefas escolares mais desafiadoras ou problemas rotineiros com desmotivação. Nesse contexto, Bzuneck (*opus cit*), considera falsa a concepção comum de que existiria uma relação linear entre motivação e desempenho: maior motivação, melhor desempenho. Ele cita pesquisas (*e.g.* NAVEH-BENJAMIN,

[9] No sentido comumente atribuído ao termo, associado ao comportamento quieto e passivo

unesp

MCKEACHIE & LIN, 1987) que apontam para o fato de que, em relação à aprendizagem escolar, níveis excessivamente altos de motivação rapidamente acarretam fadiga e alta ansiedade, prejudicam o raciocínio e a recuperação de informações armazenadas na memória e, conseqüentemente, a aprendizagem.

Em relação aos aspectos qualitativos, ainda segundo Bzuneck (*opus cit*), existem tipos de motivação menos eficazes do que outros, incluindo-se nessa abordagem os alunos motivados, mas por razões que produzem menor envolvimento com a aprendizagem e, conseqüentemente, piores resultados, tais como motivações relacionadas ao interesse de alunos em terminar rapidamente as tarefas escolares, mesmo com baixa qualidade, de obter notas ou diplomas, ainda que por meios ilícitos, ou ainda de não parecer incompetentes para os colegas:

> Casos como esses representam distorções na qualidade ou tipo de motivação, porque as razões que movem o aluno não o direcionam tanto para o aprender, mas para outros objetivos que, em razão de sua dinâmica, desviam a aplicação de esforço e energia de uma direção construtiva. Essas distorções fazem-se acompanhar de emoções negativas como medo do fracasso, alta ansiedade, frustração, irritação, que contribuem adicionalmente para o decréscimo na qualidade das tarefas escolares. (BZUNECK, 2001, pp. 18)

É pertinente destacar ainda uma especificidade no conceito de motivação, relacionada com o prazer ou com o interesse que a execução de determinada atividade desencadeia em sua execução, denominada motivação intrínseca, conceito discutido já há algum tempo dentro da psicologia. Em relação à sala de aula, tomemos como exemplo um trabalho recente sobre esse assunto, o de Guimarães (2001) que afirma que motivação intrínseca é o interesse do aluno pela realização de determinada atividade por sua própria causa, por ser interessante, atraente ou, de alguma forma, geradora de satisfação, sendo a participação na tarefa a principal recompensa, independentemente de pressões externas, internas

unesp

ou prêmios e reconhecimentos. Definida em geral no contraponto dessa idéia, a motivação extrínseca tem sido delimitada como a motivação para trabalhar em resposta a uma recompensa externa à tarefa; no contexto escolar, refere-se, em geral, ao envolvimento do aluno com vistas à obtenção de resultados estranhos ao conteúdo da atividade, como notas, elogios e prêmios.

Segundo Guimarães (*opus cit*), alguns autores vêm criticando essa usual dicotomia na definição e em pesquisas sobre motivação extrínseca e intrínseca, sobretudo em relação ao fato da motivação extrínseca receber, em geral, referências ligadas ao controle externo, enquanto a motivação intrínseca, referências sobre a autonomia, que as determinariam. Segundo eles, essa dicotomia é mais complexa do que tem sido demonstrada, pois apesar de concordarem em relação às características de autonomia e auto-regulação, determinantes da motivação intrínseca, acreditam que o comportamento extrinsecamente motivado também possa ser autodeterminado.

Ryan, Connel & Deci (1985 *apud* GUIMARÃES, 2001), para melhor compreensão do desenvolvimento dos diferentes níveis de regulação da motivação extrínseca, propõem que ele ocorre ao longo de um *continuum* de níveis de internalização. Assim, de um primeiro nível – da *regulação externa* – em que o envolvimento do estudante se justifica por razões externas, segue o segundo nível – da *regulação introjetada* – no qual inexiste o controle externo, mas o envolvimento do estudante ainda permanece alheio aos seus propósitos ou desejos individuais, passa ao terceiro nível – da *regulação identificada* – no qual os comportamentos são percebidos e aceitos como individuais até chegar ao quarto e último nível - da *regulação integrada* - em que se obtém um caráter autônomo e autodeterminado da motivação extrínseca, no qual as pressões ou os incentivos externos são percebidos

como ações importantes a serem cumpridas e não como coerção. Atingido este último nível, os comportamentos regulados de forma integrada seriam equivalentes aos comportamentos intrinsecamente motivados, inclusive com os mesmos indicadores de ocorrência, tais como a flexibilidade cognitiva, o processamento profundo de informações e a criatividade. As pesquisas que visam conduzir o aluno ao longo dessa escala evolutiva motivacional, no entanto, ainda não apresentam resultados conclusivos.

Para Guimarães (*opus cit*), o uso de recompensas em situações de aprendizagem só prejudica a motivação intrínseca em situações específicas, em especial naquelas em que a recompensa não está relacionada ao desempenho, mas apenas à participação do aluno na atividade.

As pesquisas até aqui citadas oferecem uma visão do que vêm sendo discutido em relação ao conceito de motivação – sua apresentação limitou-se a fundamentar a busca de relações entre motivação e processos interativos em sala de aula, objeto deste estudo. Cabe-nos ainda justificar os vínculos entre os conceitos de motivação e de emoção, tendo em vista que, em nossa pesquisa, serão utilizados quase que indistintamente, ou melhor, formando um binômio caracterizador das atividades em sala de aula.

4.4- Relações entre emoção e motivação

Palmero (2003), ao relatar o desenvolvimento do conceito de emoção, ressalta a dificuldade, mesmo dentro da história da psicologia, em se estabelecer diferenças entre os termos "atividade", "motivação" e "emoção". Ele cita o trabalho de Duffy (1972) e afirma:



> ...a emoção pressupõe as dimensões de atividade e direção da conduta, quando somente com a atividade seria suficiente para explicar as condutas emocionais. Portanto, a emoção deveria ser suprimida do espectro psicológico e substituída por atividade. A primeira razão para suprimir o termo emoção é porque geralmente ele é utilizado para referir-se ao extremo de um incontinente de conduta. Toda conduta é motivada; sem a motivação não há atividade, o que se denomina emoção é um extremo do incontinente de motivação. (PALMERO, 2003, p. 11)

Podemos, inclusive, observar a sinonímia entre os verbetes "emoção" e "motivação" e vislumbrar suas semelhanças. Nos quadros a seguir, apresentamos a definição das palavras emoção e motivação, segundo Houaiss (2005):

Quadro 5: Significado da palavra emoção (HOUAISS, 2005)

EMOÇÃO
{verbete}

Acepções
■ substantivo feminino
1. ato de deslocar, movimentar
2. agitação de sentimentos; abalo afetivo ou moral; turbação, comoção
2.1 Rubrica: psicologia.
reação orgânica de intensidade e duração variáveis, ger. acompanhada de alterações respiratórias, circulatórias etc. e de grande excitação mental.

Etimologia
fr. *émotion* (1475) 'perturbação moral', der. de *émouvoir*, este do fr.ant. *motion*, der. do lat. *motio* 'movimento, perturbação (de febre)'; ver *mov-*...

Quadro 6: Significado da palavra motivação (HOUAISS, 2005)

MOTIVAÇÃO
{verbete}

Acepções
■ substantivo feminino
ato ou efeito de motivar
1. Rubrica: termo jurídico.
justificação, fundamento de uma decisão judicial
2. Rubrica: lingüística, semiologia.
no signo (lingüístico ou não), a relação de semelhança (lógica ou analógica) que pode ocorrer entre o significante e o significado
3. Rubrica: psicologia.
conjunto de processos que dão ao comportamento uma intensidade, uma direção determinada e uma forma de desenvolvimento próprias da atividade individual.

Etimologia
motivar + *-ção*; cp. fr. *motivation* (início do sXX); ver *mov-*

Apesar das palavras emoção e motivação terem significados diferentes, ambas têm sua origem associada ao mesmo termo *mov-*, antepositivo do latim *movèo, es, móvi, mótum, movére* que significa "pôr (-se) em movimento, mover (-se), agitar (-se)", origem de uma série de palavras cognatas cujo significado está relacionado à "causa que determina uma decisão; motivo" (HOUAISS, 2005).

Tendo em vista a extensão do significado de cada um desses termos, julgamos pertinente restringir neste estudo o significado da palavra emoção à associação entre reação física ou mental e ação, e à palavra motivação, a associação entre causa ou motivo e ação. Quanto ao termo motivação, ele se associa à ação por definição, sobretudo quando aplicado ao contexto escolar. Assim, definiremos um binômio para o estudo das ações em sala de aula, o binômio emoção-motivação, caracterizado pela sua capacidade de engendrar ações pertinentes entre alunos e professores.

Tendo em vista esses pressupostos, nossa pesquisa, relatada no próximo capítulo, foi fundamentada nos trabalhos de Vigotski e seus seguidores e teve como objetivo estudar a possível influência da vontade, da motivação e da emoção no desencadeamento de processos interativos, e aprendizagem, na sala de aula de ciências, podendo assim, oferecer indicações para a orientação do trabalho do professor em sala de aula.

CAPÍTULO 5-

METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS: a pesquisa em sala de aula

No intuito de estudar os processos interativos em sala de aula optamos por investigar alunos da escola na qual desenvolvemos atividades docentes há cerca de dez anos. Tal escolha nos permitiu estudar um grupo que tinha um currículo e regras de avaliação previamente definidas. As aulas foram planejadas em um contexto interativo com permissão de investigação da direção da escola.

A seguir descrevemos a metodologia utilizada para a coleta de dados e para a análise dos resultados obtidos.

5.1-Metodologia de coleta de dados

a) Grupo participante da pesquisa: a escola e o cronograma das aulas

O nosso trabalho desenvolveu-se no Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá - CTIG, vinculado à Universidade Estadual Paulista – Unesp- Campus de Guaratinguetá. Nesse colégio funcionam quatro cursos técnicos: mecânica, eletrônica, eletroeletrônica e informática industrial. A escola oferece ainda os três anos do ensino médio para alunos regularmente matriculados em um dos cursos do ensino técnico.

Os cursos do CTIG têm número elevado de horas-aula semanais, cerca de vinte horas-aula para as disciplinas do curso técnico e mais vinte horas-aula para as disciplinas do ensino médio, perfazendo uma média de oito horas-aula diárias. As ementas de Física são planejadas também para oferecer pré-requisitos às

disciplinas do curso técnico. Por exemplo, a estática é estudada logo no primeiro semestre do primeiro ano, pois é pré-requisito de Resistência dos Materiais (RM), disciplina da área técnica. O currículo do primeiro ano, no primeiro semestre de 2004, em que iniciamos nossa pesquisa está dividido da seguinte maneira:

QUADRO 5: Planejamento das aulas no primeiro semestre de 2004

CONTEÚDO	ULAS
I- Introdução ao Estudo da Física.....	6
II- O Sistema Internacional de Unidades.....	6
III- Grandezas Físicas: Escalares e Vetoriais.....	12
IV- Estática do Ponto Material e do Corpo Extenso..	18

A coleta de dados foi realizada durante o primeiro semestre de 2004, em aulas ministradas por nós, como professora efetiva do colégio, em duas turmas do primeiro ano do ensino médio, com cerca de vinte alunos por turma e três aulas de física semanais. Como o CTIG não tem cursos no ensino fundamental, os alunos eram todos principiantes naquela escola. Planejamos uma série de sete aulas com atividades comumente apresentadas em física, tais como as que envolvem exposição formal da teoria, resolução de problemas e atividades experimentais. O conteúdo programático seguido no transcorrer do semestre em que nossa pesquisa foi realizada é apresentado na quadro a seguir. O número de aulas foi aproximadamente o mesmo dos anos anteriores, mas nesse ano foram empregadas metodologias variadas de ensino.

QUADRO 8: Estruturação das aulas

CONTEÚDO	NÚMERO DE AULAS	ATIVIDADE PLANEJADA
Introdução ao estudo da física	6	Atividade 1: Análise e discussão de um texto didático
O Sistema Internacional de Unidades	6	Atividade 2: Leitura e discussão de um texto de divulgação científica
Grandezas físicas: escalares e vetoriais	6	Atividade 3: Exposição sobre a representação matemática das grandezas vetoriais
	6	Atividade 4: Resolução de problemas envolvendo vetores
Estática	9	Atividade 5: Atividades experimentais de demonstração e exposição de conceitos científicos fundamentais
	3	Atividade 6: Atividade experimental
	6	Atividade 7: Resolução de problemas envolvendo equilíbrio de corpos

b) Instrumentos de coleta de dados

Utilizamos os seguintes instrumentos de coleta:

i) Filmagem das aulas: todas as aulas foram filmadas, ora por um professor colaborador, ora por um aluno. Não utilizamos a filmagem para a transcrição literal dos diálogos e acontecimentos ocorridos na sala de aula, seja pela falta de equipamento mais específico, que pudessem gravar a voz de cada um dos alunos durante toda a aula, seja pela falta de recurso humano especializado nesse tipo de

atividade, como filmar uma aula para transcrição detalhada. Tínhamos consciência de que seria inviável monitorar a fala de vinte alunos em sala de aula, e optamos por julgar tal dificuldade como uma limitação característica própria da pesquisa que nos predispusemos a realizar. Assim, mesmo que tivéssemos a gravação e a possível transcrição da fala dos vinte alunos, não teríamos ainda uma descrição completa dos processos interativos em sala de aula, tendo em vista que em muitas das relações em sala de aula, pode haver processos interativos em desenvolvimento que não são detectados, como por exemplo, relações de amizade entre alunos do grupo ou alguma dificuldade já reconhecida pelo professor. Dentro dessas limitações, podemos afirmar que os dados obtidos da filmagem foram extremamente úteis, apesar de serem utilizados preferencialmente como apoio à descrição feita posteriormente pela professora-pesquisadora, disponível no anexo 2.

ii) Diários de aula da professora: relatos escritos, nos quais procuramos descrever os fatos que consideramos relevantes durante a atividade. Tiveram um conteúdo livre e foram escritos ao término de cada aula. Tendo em vista que a professora e a pesquisadora são a mesma pessoa, e é impossível desvincular duas personalidades, optamos por analisar esses dados após o término da coleta de dados, no final do primeiro semestre de 2004.

iii) Tarefas finais: trabalhos propostos pela professora, entregues aos alunos durante a aula e geralmente elaborados em grupo. Predominaram em sua estrutura aspectos relacionados ao conteúdo específico trabalhado em sala de aula.

unesp

iv) Diários de aprendizagem: trabalhos escritos e individuais, elaborados pelos alunos durante as aulas ou extraclasse. Continham perguntas, em geral dissertativas, associadas a alguns itens relacionados com o conteúdo específico e outros, sobre a dinâmica em sala de aula. O objetivo desse diário foi obter uma avaliação personalizada do desempenho de cada aluno na atividade realizada. Solicitamos aos alunos que respondessem individualmente, da maneira mais franca possível, e evitassem respostas pensando em agradar os colegas ou a professora.

Os dados coletados são apresentados de forma cronológica e não foram transcritos literalmente, por considerarmos que isso os tornaria excessivos e desnecessários. Ao observarmos os dados obtidos, fizemos a opção de analisar apenas uma das salas observadas, sem um motivo diferencial para a escolha, tendo em vista que os resultados entre uma ou outra sala eram semelhantes. Além dessa limitação, fizemos também a opção por analisar apenas as cinco primeiras atividades, tendo em vista que os resultados coletados a partir das duas últimas atividades, 6 e 7, eram semelhantes aos resultados das atividades anteriores: durante a atividade 1, elaboramos uma atividade experimental, ainda que breve, tal como realizaríamos depois, na atividade 6, com contribuições significativas para a nossa análise; e durante a atividade 3 e 4 foi freqüente o uso da resolução de problemas, como previsto na atividade 7.

A apresentação completa dos dados, no anexo 2, é feita nos seguintes tópicos:

a) NARRAÇÃO DAS ATIVIDADES: narração geral dos episódios ocorridos durante as 42 aulas ministradas. Foi elaborada pela professora-pesquisadora a partir das filmagens feitas.

b) DIÁRIO DE AULA: anotações da professora, sobre cada uma das aulas, transcritas literalmente.

c) DESTAQUES: Sínteses das anotações dos alunos, realizadas durante o período em que as atividades foram apresentadas, no primeiro semestre de 2004. Esses destaques abrangem as anotações contidas nas respostas dos alunos na tarefa final e nos diários de aprendizagem;

Apresentamos a seguir um resumo das atividades desenvolvidas com os alunos em sala de aula, durante nossa coleta de dados.

c) Atividades apresentadas

No intuito de desenvolver o conteúdo programático, já relatado no item b, planejamos e apresentamos sete grupos de aulas resumidos nos quadros a seguir. Nos quadros, a primeira coluna apresenta o conteúdo relacionado com a atividade; a segunda coluna indica o número da atividade correspondente, seguido de uma letra representativa do número da aula a que está vinculada: (A) para a primeira e segunda aula, (B) para a terceira aula, (C), para a quarta e quinta aula e assim por diante, conforme explicitado na terceira coluna. A quarta coluna apresenta a síntese das atividades desenvolvidas durante a aula; maiores detalhes dessas atividades são apresentados no anexo 1. A quinta coluna indica a distribuição da sala durante a atividade: <*único*> quando a sala foi organizada num grupo único, sem subdivisões;

<*menores*> quando a sala foi dividida em diversos grupos, de quatro ou cinco alunos; <*individual*> quando os alunos realizaram a atividade sozinhos. A sexta coluna indica sob quem esteve a responsabilidade daquela atividade: a letra <P> indica atividades prioritariamente orientadas pela professora e a letra <A>, atividades desenvolvidas prioritariamente pelos alunos, sob supervisão da professora. Algumas atividades se iniciavam com a professora e seguiam guiadas pelos alunos, por isso a simbologia simultânea <A e P>.

QUADRO 9: Atividades desenvolvidas nas aulas 1 e 2.

Atividade/ Tema	Aula	Nº aula	Atividades desenvolvidas	Grupos da sala	Orientação da aula
1-Introdução ao estudo da física	1 A	1 e 2	Leitura e discussão de um texto didático	Único	P
	1 B	3	Revisão e continuação da discussão	Único	P
	1 C	4 e 5	Tarefa final 1	Menores	A
	1 D	6	Tarefa final 1 e diário de aprendizagem	Menores e individual	A
2- Sistema Internacional de Unidades	2 A	1 e 2	Atividade prática (medir a sala), seguida de leitura e discussão do texto de divulgação científica	Menores e único	A e P
	2 B	3	Exposição de conteúdo: regras de transformação de unidades	Único	P
	2 C	4 e 5	Resolução da tarefa final 2	Menores	A
	2 D	6	Resolução da tarefa final 2 e diário de aprendizagem 2	Menores	A

QUADRO 10: Atividades desenvolvidas nas aulas 3, 4 e 5

Atividade/ Tema	Aula	Nº aula	Atividades desenvolvidas	Grupos da sala	Orientação da aula
3- Grandezas escalares e vetoriais-I	3 A	1 e 2	Resolução do questionário, individual e depois nos grupos	Individual e menores	A
	3 B	3	Correção do questionário	Menores	P
	3 C	4 e 5	Exposição de conteúdos: grandezas escalares e vetoriais, regras para soma de vetores	Único	P
	3 D	6	Exposição de conteúdos: decomposição de vetores	Único	P
4- Grandezas escalares e vetoriais-II	4 A	1 e 2	Atividade prática (mapa da cidade), seguida de resolução da tarefa final 4 (não terminada nessa aula)	Individual e menores	A e A
	4 B	3	Exposição de conteúdo: decomposição de vetores	Único	P
	4 C	4 e 5	Exposição de conteúdo: decomposição de vetores; e tarefa final 4 (novamente)	Único e menores	P e A
	4 D	6	Tarefa final 4 (continuação da aula anterior)	Menores	A
5- Estática- I	5 A	1 e 2	Atividade de demonstração: equilibristas	Único	P
	5 B	3	Atividade experimental: centro de gravidade	Menores	P e A
	5 C	4 e 5	Tarefa final 5	Menores	P
	5 D	6	Exposição de conteúdos: equilíbrio de ponto material	Único	P
	5 E	7 e 8	Exposição de conteúdos: equilíbrio de corpo extenso	Único	P
	5 F	9	Revisão com reapresentação e explicação dos equilibristas	Único	P

O desenvolvimento do processo interativo foi planejado de acordo com cada atividade. Assim, em uma aula de resolução de problemas estimulamos nosso diálogo com os alunos e entre eles, mas respeitamos os limites e as características

da aula formal. Por exemplo, em uma aula de resolução de problemas estimulamos nosso diálogo com os alunos e entre eles, mas não alteramos os limites e características habituais do processo: os alunos tiveram de resolver os problemas propostos pelo professor. Essa conduta foi mantida tanto nas aulas expositivas como nas práticas, sempre planejadas com um objetivo específico relacionado ao conteúdo previsto da disciplina e dirigidas pelo professor que, eventualmente, repassava o desenvolvimento da atividade para os alunos, mas sob sua supervisão. Cada atividade apresentada teve um objetivo específico associado ao respectivo conteúdo e sempre se encerrou com uma tarefa final realizada por um grupo de alunos, incentivado a manter-se inalterado durante todo o semestre.

Descrevemos no anexo 1 cada uma das atividades, seu objetivo, proposta inicial e a estrutura geral de desenvolvimento.

5.2- Metodologia de análise de dados

Em um esboço escrito por Vigotski, conhecido como "Manuscrito de 1929", Vigotski afirma que:

> Que é o homem? Para Hegel é um sujeito lógico. Para Pavlov, é um soma, um organismo. Para nós, o homem é uma pessoa social = *um agregado de relações sociais incorporadas num indivíduo* (VIGOTSKI, 1989, p.66, itálico no texto, *apud* PINO, 2000).

Essa afirmação nos sugere a dificuldade de esquematizar critérios de análise para as interações, ou relações sociais, na conceituação vigotskiana. No intuito de sistematizar a análise acerca do processo de interação social ocorrido em sala de aula, utilizamos os três constructos teóricos adicionais, sugeridos por Wertsch (1984) e descritos no capítulo 3:

k) *Definição de situação*: nas atividades realizadas consideramos que todos os participantes tinham a mesma definição de situação quando os participantes da interação, alunos e professores, observaram e procuraram explicar os mesmos fenômenos levando em conta os mesmos princípios e as mesmas grandezas físicas. Essa condição nem sempre ocorre, pois quando o professor planeja uma determinada atividade, os alunos não têm conhecimento do conteúdo que o professor pretende apresentar. Se o planejamento da atividade não contém essa informação prévia, cada aluno cria a sua própria definição de situação. O conhecimento das concepções prévias dos alunos sobre os mais variados conceitos de física nos autoriza a supor que é grande a possibilidade dos alunos e do professor terem como ponto de partida definições de situação diferentes.

l) *Intersubjetividade: e*spécie de ação entre os sujeitos participantes da interação com o objetivo de estabelecer, delimitar ou redefinir a situação inicialmente proposta. Em uma interação social não é possível prever ou saber quais idéias foram de fato entendidas durante uma atividade e quais idéias terão sua compreensão adiada para uma atividade posterior ou para um futuro mais distante. Apesar da subjetividade da percepção do alcance desse processo, não foi difícil detectar reações indicativas dos alunos na ocorrência dessa negociação.

m) *Mediação semiótica:* durante a atividade muitas formas simbólicas escritas, orais ou gestuais, foram utilizadas para promover a mediação semiótica que viabiliza a interação social. Gráficos, equipamentos, montagens experimentais, textos didáticos e de divulgação científica representaram também mecanismos ou formas de linguagem do processo

interativo e nos auxiliaram a orientar os alunos no seu entendimento e na realização das tarefas propostas.

Esses constructos são a base da nossa análise, fornecendo-nos indicações sobre a efetividade do processo interativo desencadeado em sala de aula. Assim, no desenvolvimento dos processos da definição de situação, da intersubjetividade e da mediação semiótica, avaliamos também alguns elementos caracterizadores da abordagem vigotskiana, tais como os indícios da formação dos conceitos, da inter-relação entre conceitos científicos e espontâneos, da função dos signos e da evolução das funções psíquicas superiores.

Quanto ao binômio emoção-motivação, conforme discutimos em capítulo anterior, tanto emoção como motivação são conceitos de variadas definições. Utilizamos em nossa análise elementos que julgamos mais pertinentes ao processo educativo. Assim, buscamos avaliar a emoção como elemento "organizador interno do comportamento humano", um "chamamento à ação, que suscite alegria, interesse e vontade" (VIGOTSKI, 2001), capaz de despertar um "estado especial de vigilância" (HEBB, 1971, *apud* PENNA, 1979), ou um "estado de prontidão fisiológico, que possibilite ao corpo uma ação eficaz e intensa" (CANNON, 1920 *apud* PENNA, 1979), no nosso caso, a ação de permitir, e até mesmo de estimular o desenvolvimento do processo interativo.

Conforme afirmado por DUFFY (1972 *apud* PALMERO, 2003) *"emoção é um extremo do incontinente de motivação"*. A motivação aparece muitas vezes em diferentes trabalhos de Vigotski, de modo difuso, relacionada a interesses, vontades e necessidades, isto é, aos elementos indicativos da emoção. Tendo em vista que os elementos motivacionais foram planejados e apresentados por nós, ela pode ser

considerada motivação extrínseca, o que não a invalida. O modelo proposto por GUIMARÃES (2001) indica que um comportamento extrinsecamente motivado, adequadamente conduzido, pode levar os alunos a comportamentos similares aos intrinsecamente motivados. Por essa razão, observamos os efeitos da motivação, independentemente de terem sido originados por motivação extrínseca ou intrínseca. Como indicadores desses efeitos, procuramos observar o envolvimento do aluno nos processos de aprendizagem, tais como a atenção, a concentração, sua capacidade de integrar informações e utilizar o raciocínio, além de seu empenho, participação e perseverança.

Assim, ao analisar cada uma das atividades desenvolvidas focalizamos também o papel do binômio emoção-motivação em cada uma delas, observando sua influência para o desencadeamento do processo interativo. Não nos preocupamos em identificar ou mesmo separar o motivo da emoção desencadeada, ou vice-versa, a emoção capaz de desencadear uma determinada motivação. Como discutimos no capítulo 4, observamos em nossos dados, a influência do binômio emoção-motivação no desencadeamento de um processo interativo eficiente em sala de aula.

Esquematicamente, propomos que experiências positivas, relacionadas ao binômio emoção-motivação e auxiliares para o desencadeamento do processo interativo, estiveram associadas aos seguintes comportamentos observáveis:

a) **Respeito**: consideração pelo que se fala ou ao que se propõe para ser feito. Sentimento de se reconhecer na atividade proposta algo importante e digno de atenção.

b) **Surpresa**: admiração por uma descoberta, um entendimento ou um *insight*. Maravilhar-se com algo ou situação que julgue inesperado.



c) **Indignação**: manifestação de inconformismo com situações que não ficaram claras ou se mostraram mal explicadas ou explicadas parcialmente.

d) **Solidariedade:** manifestação de comprometimento com as atividades e com o auxílio aos demais interlocutores envolvidos.

Quanto às experiências emocionais-motivacionais que contribuíram de forma negativa ao desencadeamento do processo interativo, propomos que elas tenham se manifestado associadas aos seguintes sentimentos:

1 **Indiferença:** falta de consideração para o que se fala ou se faz. Não há reconhecimento na atividade proposta de algo útil ou importante.

2 **Embaraço:** manifestação de mal-estar por desempenhar determinada atividade, seja por inibição ou medo de expor-se.

3 **Frustração:** manifestação de decepção por sentir-se incapaz de realizar algo ou de insatisfação com alguma característica da atividade proposta.

Outra parte importante em nossa metodologia de análise foi a associação entre a emoção-motivação e o desencadeamento dos processos interativos. Assim, procuramos atentar também para os elementos indicadores de emoção ou da motivação desencadeados pelas ações do professor, pela atividade ou mesmo por ações espontâneas dos alunos, que indicassem maior predisposição para participação ou desenvolvimento do processo interativo, o que, conforme a teoria de Vigotski, pode ter sido capaz de promover o desenvolvimento cognitivo.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Como discutido no capítulo 2, a escolha por uma determinada ação, que pode ser influenciada por vários motivos diferentes, é um elemento característico da espécie humana, capaz de escolher, criar, significar e re-significar a ação dos outros e de si mesmo. Assim, esse processo de significação e re-significação apresenta elementos associados à emoção e aos motivos que levam o indivíduo a optar por um ou outro modo de agir, compreender ou envolver-se na tarefa estipulada, além de estabelecer os vínculos, pelo menos em nível intersubjetivo, entre os signos representantes da cultura científica, divulgados pelo contexto escolar.

CAPÍTULO 6-

ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo apresentamos a análise dos dados obtidos em relação aos processos interativos investigados no ambiente escolar, no estudo por nós realizado. Como já havíamos discutido, esse tipo de coleta de dados no cotidiano escolar é sempre muito difícil por, pelo menos, três razões:

I) o grande número de alunos que se pretende observar interagindo na sala de aula;

II) a dificuldade de se encontrar um instrumento ideal de coleta de dados, capaz de atingir a todos e a cada um dos alunos, nos diferentes momentos e nas mais diversas aulas e;

III) a impossibilidade de se avaliar as interferências externas à sala de aula, como amizades, relações de família, base cultural, satisfação pessoal e auto-estima.

Além dessas razões, outro fator importante merece destaque: a escolha da maneira mais adequada para se observar um processo interativo e suas conseqüências para cada um dos indivíduos. Não é possível observar o interior psíquico do ser humano; o que podemos é obter indicações a partir da manifestação observável. Assim, nossas fontes de dados foram o registro direto ou indireto de situações, conversas, atitudes ou fatos ocorridos durante a aula. Apesar dessa limitação inevitável, acreditamos ter sido possível encontrar indicações úteis sobre a influência que determinadas situações podem ter sobre o processo interativo.

Para encontrar essas indicações, optamos por estender nossa pesquisa a um conjunto de aulas, no qual empregamos variadas metodologias. Nosso olhar

fixou-se no comportamento dos alunos durante a atividade desenvolvida, nas características importantes dessa atividade para o processo interativo em aulas de física, e nas facilidades e dificuldades que ela apresentou em relação a esse processo. Estudamos o desenvolvimento do processo interativo em sala de aula por meio da possível ocorrência dos constructos teóricos característicos de uma interação social, conforme proposto por WERTSCH (1984) e de acordo com a nossa compreensão, descrita no capítulo 3: a definição de situação, a intersubjetividade e a mediação semiótica.

Em nossa pesquisa, relatos livres, sem perguntas específicas, foram utilizados de maneira freqüente por meio do diário de aula da professora. O diário de aprendizagem dos alunos e a filmagem nos forneceram indicações quanto aos efeitos observáveis. Essa metodologia nos conduziu a indicações gerais, pouco detalhadas, mas como nosso intuito foi relacionar o binômio emoção-motivação com o processo interativo, julgamos esses elementos suficientemente relevantes para a análise efetuada.

Conforme havíamos proposto no capítulo 4, elaboramos também a seguinte tipologia para associar os aspectos emocionais com o desencadeamento dos processos interativos:

QUADRO 3: Elementos característicos da emoção em sala de aula

Emoções positivas ao desencadeamento do processo interativo	Emoções negativas ao desencadeamento do processo interativo
Respeito	Indiferença
Surpresa	Embaraço
Indignação	Frustração
Solidariedade	

Para a especificação desses parâmetros nas descrições das atividades apresentadas, foram destacadas em negrito as indicações desses elementos, bem

como de sua relação ou relações com as características da interação social. A íntegra dos dados apresentados está no anexo 2 deste trabalho. Aqui, estão indicados pelo número da atividade (**1**,**2**,**3**,**4** ou **5**), seguido pelo número da aula (**A**, na primeira e segunda aula; **B**, na terceira aula; **C**, na quarta e quinta aula; **D**, na sexta aula; **E**, na sétima e oitava aula e ; **F**,na nona aula relacionada com aquela atividade) e ainda, pelo número que indica o episódio em que aquele acontecimento é descrito no anexo 2. O texto em itálico indica transcrição literal do diário de aula elaborado.

A seguir apresentamos a análise de cada uma das atividades e, em seguida, uma discussão geral.

6.1- ANÁLISE DAS ATIVIDADES

a) Atividade 1

A atividade 1 consistiu na discussão da física como construção humana e sua importância. Em 1A, apresentamos para os alunos dois textos complementares que mostravam a possível explicação dos índios e dos cientistas para um fenômeno físico e fizemos a leitura de um texto didático. Em 1B, a aula foi expositiva, continuando o assunto iniciado em 1A. Em 1C, os alunos responderam às tarefas finais em grupos, e em 1D responderam ao diário de aprendizagem, individualmente.

No planejamento da atividade, como se pode verificar no anexo 1, ficou evidente que o seu objetivo foi uma reflexão inicial sobre a importância do estudo da Física, visando apresentá-la como construção humana que segue regras, leis, conceitos, princípios, modelos e teorias, fundamentadas em um processo de reflexão e argumentação dentro de uma comunidade científica. Esse objetivo resulta da nossa definição de situação inicial, como professora que planejou e conduziu a

atividade, que, em síntese, pode ser resumida em duas questões: como se constrói a física (ou a ciência)? e quem a constrói? E é essa definição de situação que nós pretendíamos que os alunos também adotassem, o que, de início, não ocorreu.

No desenrolar da atividade, o questionamento descrito nos episódios a seguir, revela a definição de situação prévia dos alunos a esse respeito:

> **1A(2):** "A professora pergunta aos alunos se eles acreditam que existe alguma relação entre ciência e magia. Após certo tempo de murmúrio entre grupos de alunos, um deles afirma que não existe relação, pois a **ciência é sempre verdadeira**."
>
> **1A(4):** "A professora pergunta quantos alunos **concordam com a afirmação do colega de que a ciência é sempre verdadeira** e a maioria dos alunos levanta a mão, concordando com a afirmação."

Assim, enquanto a atividade foi planejada no intuito de questionar a forma como a ciência é construída para que os alunos vissem a ciência como resultado de uma construção humana e, portanto, sujeita a erros, os alunos já partiam de uma definição de situação segundo a qual a ciência é sempre verdadeira. Em outras palavras, enquanto o questionamento era um ponto de partida da atividade, os alunos iniciavam o trabalho buscando no texto a confirmação da resposta que acreditavam ser correta – a infalibilidade da ciência –, não por acaso, justamente a idéia prévia que a atividade procurava refutar.

A partir dessa diferença entre as definições de situação apresentadas, a intersubjetividade, isto é, a negociação entre alunos e professora desenvolveu-se permeada pelos signos, elementos responsáveis pelo processo de mediação semiótica.



Nessa atividade, a contraposição do significado histórico do conhecimento dos índios e dos cientistas, auxiliou a reformulação da definição de situação dos alunos, pois levou a uma reflexão sobre o fato de que uma explicação, ainda que não seja científica, pode promover os resultados esperados. Para isso, foi apresentado um texto que descreveu uma suposta explicação dos índios do melhor cozimento da carne em regiões montanhosas com uma panela bem tampada, pois, para eles, isso impede a entrada dos maus espíritos, e outro texto em que os cientistas explicam que a carne fica melhor cozida na panela tampada por causa do aumento da pressão da temperatura de ebulição da água.

A princípio, tal contraposição de imagens parece reafirmar a definição de situação prévia dos alunos: a ciência é sempre verdadeira. Entendemos, no entanto, que o processo de mediação foi tão claro para o nível de desenvolvimento dos alunos, que possibilitou que eles expusessem de forma mais evidente suas definições de situação individuais, como podemos verificar no episódio 1A(7):

> **1A(7):** "Em seguida, a professora pergunta aos alunos se a necessidade dos índios cozerem a carne em panela fechada e no alto das montanhas, se justificava. Os alunos concordam, mas dizem que a explicação era errada. A professora quer saber se eles já ouviram, ou se acreditam, que alguma magia, ou explicação associada à magia, pode ser verdadeira. A maioria nega, mas **alguns defendem que existem idéias verdadeiras, mesmo não científicas** e dão como exemplos o horóscopo e as simpatias."

Então, é apresentado um exemplo com o qual se pretende explicitar a ciência como uma construção humana, e como tal também sujeita a erros: a teoria geocêntrica, segundo a qual a Terra era considerada o centro do Universo e aceita como verdade por cerca de 1500 anos.

unesp

> **1A(9):** "A professora pergunta se eles acham que os conceitos físicos são produzidos prontos e acabados; se eles já ouviram falar, por exemplo, na teoria geocêntrica segundo a qual a Terra era considerada o centro do Universo. Os alunos parecem inseguros. Um aluno instigado pela professora afirma que ninguém mais acredita nessa teoria, pois todos sabem que a Terra gira ao redor do Sol."
>
> **1A(10):** "A professora concorda com a afirmação do aluno e pergunta se eles sabem que a teoria geocêntrica foi aceita como verdadeira por cerca de 1500 anos, defendida durante todo esse tempo por praticamente todos os cientistas."

Nesses episódios, a mediação semiótica se estabeleceu em função do significado que essa história, relacionada aos conhecimentos científicos acerca do movimento da Terra em torno do Sol, tem para os alunos. Assim, pode-se dizer que o processo da intersubjetividade se iniciou em um nível elementar, na discussão da explicação dos índios sobre a carne que fica mais bem cozinha na panela tampada. Nesse instante, os participantes da interação aceitaram adotar uma espécie de redefinição de situação, em que a questão agora colocada seria a da validade de explicações não científicas que apresentam um bom resultado: a carne fica mais saborosa com a tampa fechada porque os maus espíritos não podem atrapalhar o seu cozimento. Essa redefinição de situação facilitou o processo interativo, mantendo os alunos propensos a continuar as discussões relacionadas com a história do desenvolvimento de uma teoria científica, a teoria geocêntrica.

Na nossa análise, entendemos ainda que a mediação semiótica que se desenvolveu com essa atividade, a partir da contraposição dos elementos históricos, incrementou o binômio emoção-motivação. Se por um lado parece-nos óbvio que a história dessa explicação dos índios e a antiga explicação da ciência para o movimento da Terra foram motivações para o desenvolvimento da atividade e, por

conseqüência, elementos que forneceram aspectos emocionais complementares, descritos no diário de aula 1A apresentado a seguir, observamos ainda que eles também foram signos que sustentaram o desenrolar da atividade.

> **1A(Diário)**: "*[...] Acostumada a discutir fórmulas e exercícios, sempre me senti insegura em discutir temas teóricos em sala de aula, mas, na minha opinião,* ***os alunos participaram com muito interesse,*** *ao contrário do que eu esperava. Foi muito difícil falar sobre assuntos históricos, como o de Antonio Conselheiro, mas os alunos contribuíram bastante****, perguntando ou mesmo prestando atenção ao que era falado*** *[...]".*

O silêncio dos alunos durante a leitura indicou que o binômio emoção-motivação, desencadeado durante a própria mediação, foi significativo para os alunos. Concluímos que esse binômio foi capaz de engendrar esse comportamento de respeito à atividade proposta.

> **1A(11):** "A professora pede para os alunos lerem o texto das páginas 9, 10, 11 e 12 do livro. Como a maioria dos alunos não tem livro, eles acabam lendo em duplas. Apesar disso, **a leitura é feita em silêncio**."

Ainda na atividade 1A, o episódio 14 mostra o momento em que se procura retomar a idéia da natureza humana da ciência, procurando fazer o nível de intersubjetividade avançar, o que se tornou possível graças ao binômio emoção-motivação desenvolvido durante essa leitura e discussão.

> **1A(13):** "A professora lê para os alunos três diferenças entre profecias e previsões científicas. Os alunos dispersam a atenção durante a leitura, mas parecem retomar a atenção quando a professora volta a falar."



1A(14): "A professora apresenta para os alunos as idéias de método científico e de comunidade científica, diz que a física é uma construção humana, que erros são inevitáveis, mas que as afirmações da física são testadas e avaliadas por membros da comunidade científica."

1A(Diário): *"[...] Para discutir as diferenças entre profecias e previsões científicas, preferi ler o livro, mesmo percebendo nitidamente que os alunos* ***se desinteressaram nesse momento****. A exposição final, sobre método científico, comunidade científica e áreas de atuação da física, também não se desenvolveu como havia planejado. Na minha opinião, isso foi resultado da* ***minha insegurança em relação ao conteúdo*** *do livro que eu queria seguir rigorosamente, mas não me senti segura o suficiente.*

Pelo que os alunos comentaram comigo ou entre eles, no final da aula, deduzi que ***gostaram da atividade****."*

Mesmo com a indicação de que os alunos se desinteressaram pela leitura feita, parece ter sido evidente o interesse que a atividade despertou nos alunos, como pudemos comprovar na análise do diário da aula subseqüente, a 1B.

1B (Diário): *"Os alunos* ***lembraram de vários assuntos discutidos na aula anterior*** *[...]."*

No diário dessa aula, 1B, procura-se apresentar a física como responsável pela explicação de várias conquistas tecnológicas da sociedade, ou seja, pretendia-se agregar mais algum conteúdo à definição de situação inicial, para contrapor-se à visão estereotipada dos alunos que a associam a um conjunto de fórmulas e conteúdos abstratos. No entanto, a mediação desencadeada nesse sentido foi pouco significativa e a intersubjetividade não evoluiu significativamente, embora alguns alunos tenham ampliado os exemplos dados.

1B(2): "A professora pergunta onde a física aparece atualmente, no dia-a-dia. Poucos respondem, um fala do plasma, quarto estado da matéria, de foguetes e outros lembram das fórmulas da cinemática. Então a professora enumera algumas aplicações tecnológicas da física (geração de energia, motores dos veículos, telecomunicações, equipamentos de medicina)."

1B(3): "Alguns **alunos ampliam os exemplos dados** pela professora, citam a televisão, os aparelhos de CD e DVD, os telefones celulares. Alguns perguntam sobre o funcionamento desses equipamentos, mas a professora diz não poder entrar em detalhes com eles agora, pois estavam no início do curso de física e havia muito a aprender antes."

***1B (Diário)**: "[...] Os alunos **continuam participando bastante.**"*

O respeito dos alunos pela atividade anterior e a participação deles na segunda atividade foram fatores essenciais para o desenvolvimento do processo de interação social. A aula parece ter despertado nos alunos a vontade de entender e de participar, condições necessárias para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Em resumo, na atividade 1B, apesar da insipiência na mediação necessária para a evolução da intersubjetividade o binômio emoção-motivação, desencadeado na atividade anterior, manteve atuante o processo interativo.

Nas atividades 1C e 1D, esse processo se desenvolveu a partir das tarefas apresentadas: em grupos, na atividade 1C e individuais, na atividade 1D. Nessas aulas foi difícil a identificação da definição de situação dos alunos, enquanto que a nossa definição de situação, como professora, era a resposta correta dos questionários. Entendemos com isso que o processo de mediação se desenvolve a partir do significado de cada pergunta do questionário para o aluno ou para o seu grupo. No entanto, apesar da dificuldade de identificar essas definições de situação, verificamos que elas muitas vezes se estabelecem durante a discussão em grupo e,

novamente, pudemos identificar alguns indicativos do binômio emoção-motivação na promoção do processo de mediação, facilitando a intersubjetividade. Entendemos que o processo invertido também ocorre, pois o próprio questionário, conforme a estruturação de suas perguntas, pode levar os alunos a se sentirem motivados a discutir alguns conceitos.

Observemos o episódio 1C(4), em que os alunos foram divididos em grupos para a resolução da tarefa, e a descrição do diário das aulas 1C e 1D:

> **1C(4):** "**Alguns alunos pedem o auxílio** da professora para entender e responder as questões. **A professora dá dicas** em relação ao entendimento do texto e avisa a sala que se há alguma palavra que eles não entendem, que procurem responder a partir do que sabem. Apesar desse aviso resolve explicar o significado da expressão "dispersão da luz branca" e da frase "É a teoria que decide o que deve ser observado".
>
> **1C (Diário):** *"Os alunos **ainda participam bastante animados**, mesmo em grupos. **Participei da discussão em vários grupos** durante a aula e observei os **alunos expondo e defendendo suas opiniões**. Tiveram dificuldades com a palavra dispersão, e com a citação de Einstein; vários alunos **pediram explicações adicionais**. [...]."*
>
> ***1D(Diário):** "Os alunos **superaram minhas expectativas** quanto à realização das atividades. **Discutiram, perguntaram** uns aos outros; alguns grupos foram além do tempo previsto. Quanto ao diário de aprendizagem**, tiveram dificuldade** para responder a questão 8, muitos vieram me perguntar do que tratava aquela questão. Achei que a discussão dessa questão pode ter sido um passo muito grande para eles naquele momento, por isso dei mais detalhes para vários deles."*

Pudemos observar novamente alunos motivados e interessados nas atividades, expondo e defendendo seus pontos de vista, pedindo explicações

adicionais. Na atividade 1D (Diário), continuam aparecendo indicações das emoções de respeito e solidariedade.

Atividade 2

Na aula 2A, foi proposto inicialmente que os alunos medissem a sala de aula utilizando como unidade de medida os pés. A nossa definição de situação inicial, como professora, apresentada no planejamento da atividade nos anexos 1, era apresentar o Sistema Internacional de Unidades (SI), discutir a razão da sua criação e mostrar a sua importância. De acordo com os destaques das respostas dos alunos, no anexo 2, mais de oitenta por cento já conheciam alguma unidade do SI, mas a maioria não havia estudado o seu desenvolvimento histórico, pois no episódio 2A(6) muitos perguntaram se aquelas informações apresentadas no texto eram verdadeiras. Assim, consideramos que, apesar de alguns mostrarem conhecimento de unidades do SI, poucos o conheciam.

Na continuação da aula, os alunos leram um texto de divulgação científica[10], que discorria acerca da evolução das unidades de medida no transcorrer da história do homem. Medir um espaço físico utilizando o próprio corpo como instrumento de medida parece ter auxiliado o processo de intersubjetividade, o que pode ser inferido da significativa participação dos alunos nos diferentes episódios destacados a seguir, que incluem os relatos do diário de aula 2A. Essa negociação de intersubjetividade apoiou-se na percepção dos alunos da falta de rigor do processo de medida proposto. Ficou claro para eles a precariedade do processo e a necessidade de se criar algo que o aprimorasse. O texto de divulgação científica, rico em imagens e desenhos, parece ter estimulado os alunos a participar da aula.

[10] "As dimensões do metro", da revista Super Interessante, apresentado no anexo 4.

2A(2): "Os grupos querem saber qual pé usar, de que aluno, e **questionam a validade** das medidas, pois elas seriam diferentes. Feitas as medidas, a professora escreve na lousa a medida encontrada em cada grupo e discute o porquê dos valores diferentes. Professora e alunos concordam que a diferença dos valores se deve à falta de uniformidade na forma de medir o comprimento da sala (alguns alunos tiraram o sapato, outros não, uns mediram a sala com a extensão maior do pé, outros com a menor) e, claro, porque os pés têm comprimentos diferentes.

2A(4): "Os alunos, ainda em grupos, recebem o texto da professora que pede para que o leiam em silêncio. **A leitura transcorre sem maiores tumultos ou diálogos paralelos**. Alguns grupos chamam a professora para perguntar sobre o significado de palavras do texto. Comentários dos alunos durante a leitura mostram um **interesse acentuado** pelos desenhos e figuras do texto."

2A (5): "Após a leitura a professora pergunta aos alunos o que eles entenderam; **muitos querem expor sua opinião** e então, ela divide o texto em pequenos trechos e pede que alguns alunos, escolhidos aleatoriamente, façam um resumo verbal de cada uma dessas partes, o que foi feito por oito alunos."

2A (6): "A professora quer saber se há dúvidas em relação ao texto. Os alunos **perguntam se aquelas informações eram verdadeiras**. A professora responde afirmativamente [...]. "

2A (7): "A professora pergunta o que os alunos mais gostaram do texto. Os **alunos indicam, rindo, as curiosidades** apresentadas no texto, como a medida padrão feita pelo pé do rei, e a idéia "simples: medir a distância do equador ao pólo norte, através do meridiano que passa por Paris" para encontrar o metro padrão. Alguns acharam interessantes as figuras sobre as medidas do palmo e da jarda."

2A (Diário): "***Todos os alunos participaram*** *do "medir a sala com os pés", foi muito interessante observar a discussão entre eles sobre como fazer essa medida (alguns mediram a sala com os pés lado a lado, nunca teria pensado nisso). A leitura também ocorreu bem, depois de conseguir sossegar a classe, pois estavam muito agitados com a atividade inicial. Mas acho que o interesse pela história de medidas com o corpo* ***humano valeu o esforço: leram em silêncio e apresentaram suas idéias após a leitura****!"*

Como podemos observar, toda a aula 2A foi permeada por experiências emocionais positivas, desde reclamações devidas à falta de detalhamento sobre o pé que deveria ser utilizado para se realizar a medida, a momentos de surpresa motivados pelo conteúdo do texto e de respeito pela atividade proposta, tendo em vista o alto grau de participação e envolvimento dos alunos.

Na aula 2B houve a apresentação da notação com potência de dez e das regras para transformação de unidades físicas com o uso dessa notação. Apesar de ser uma aula expositiva, foi possível detectar episódios com manifestações de respeito pela atividade, como o silêncio dos alunos:

> **2B(1):** "A professora inicia a aula escrevendo na lousa uma tabela com as sete unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidade. Pede para que os alunos copiem e explica cada uma delas. A professora expõe as regras para obtenção de múltiplos e submúltiplos das unidades de comprimento, área, volume, massa e tempo utilizando prefixos e potências. Após a explicação a professora faz um exercício-exemplo de cada regra. **Os alunos não participam muito, mas permanecem em silêncio, atentos.**"

Como já havíamos exposto, a linguagem verbal representa o signo mais importante na comunicação entre o professor e os alunos, no entanto o uso de meios complementares, sempre que possível, facilita a interação social. Neste caso, estava sendo introduzida uma nova forma de notação numérica, uma linguagem simbólica e abstrata que, para a maioria dos alunos, só começou a ser conhecida e dominada durante essa atividade. E, como a teoria de Vigotski prevê, esse domínio

inicial é marcado muito mais pela aquisição provisória de pseudoconceitos do que por conceitos bem estabelecidos.

Esse conjunto de fatores dificultou o processo de negociação, tendo em vista que a nossa incerteza em relação à definição de situação do aluno e à mediação semiótica mais adequada a essa interação. Os alunos poderiam até saber o que é volume, tempo, área, mas não tinham idéia dos padrões e unidades oficiais para a medida dessas grandezas, nem dispunham do ferramental matemático necessário para converter unidades, conforme descrição do diário de aula 2B:

> **2B(Diário):** *"A aula foi um tanto cansativa. O uso da potência de dez para explicar a conversão das unidades parece dificultar bastante para os alunos,* ***mas é necessário falar disso agora, para evitar problemas futuros. Talvez seja necessária uma revisão prévia..."***

Assim, mesmo tendo-se mudado a atividade, e apresentado uma aula expositiva e cansativa, como atesta o próprio diário de aula, os alunos não se dispersaram, permaneceram quietos e atentos. Isso foi reconhecido isso, e cogitou-se a necessidade de reestruturar a aula. Pode-se entender esse comportamento como uma atitude de respeito e consideração pelos alunos, como de interesse pelo tema exposto, apesar de sua dificuldade intrínseca.

Apesar das diferenças entre as definições de situação dos participantes da interação e as dificuldades dos alunos em relação à matemática necessária para a compreensão desse conteúdo, acreditamos que a intersubjetividade se estabeleceu ao menos, em um nível parcial, pois nos destaques das respostas dos alunos, no anexo 2, observamos que mais de setenta por cento conseguiu responder

corretamente parte da questão de conversão de unidades. No entanto, três fatores importantes devem ser ressaltados:

i) Mesmo que a intersubjetividade tenha sido parcial, isto é, que a interação social desencadeada pela atividade não tenha sido capaz de fazer a maioria dos alunos adquirirem uma nova capacidade operacional simbólica importante para eles, podemos afirmar que o nível de intersubjetividade alcançado foi um acréscimo importante de conhecimento, pois possibilitou a formação de um pseudoconceito que será um apoio para a futura aquisição desse conteúdo.

ii) A apresentação de uma simbologia matemática que exija a abstração resultante da medida de grandezas físicas, ou da expressão de conceitos por meio de símbolos representados por números ou letras, é essencial no ensino e aprendizagem de conteúdos de física. Mesmo que não estabeleçamos como meta final a aquisição cognitiva plena dessa simbologia, ela está intrinsecamente vinculada aos conteúdos da física. Em algum momento o aluno vai ter de começar a envolver-se nesse universo cultural, ainda que parcialmente, respeitando os limites da zona de desenvolvimento imediato de cada um.

iii) Nessa atividade 2B, o binômio emoção-motivação também esteve presente, como indica o diário de aula, em relação à postura de respeito demonstrada pelo silêncio dos alunos no episódio 2B(1). Apesar desse binômio ter sido desencadeado na atividade anterior (2A), foi por causa dele que o nível de intersubjetividade alcançado pôde ser estabelecido. Em outras palavras, entendemos que, apesar

do interesse e respeito dos alunos ter se construído principalmente nas atividades da aula anterior, foi o que manteve um nível aceitável de intersubjetividade, tendo em vista a dificuldade da mediação baseada nos símbolos matemáticos, inicialmente pouco compreendidos pelos alunos.

Na atividade 2C os alunos responderam a *tarefa final 2,* que consistiu em um questionário acerca do texto lido (questão 2), das medidas apresentadas nos rótulos de produtos de supermercado - volume, peso e massa – propondo a conversão dessas unidades para o Sistema Internacional (questão 3) e ainda um exercício de transformação utilizando a potência de dez (questão 4).

Os dados em 2C(2) indicam que o questionário auxiliou a intersubjetividade entre as definições de situação dos participantes da interação. Estavam conscientes de que no questionário havia sido perguntado algo que não tinha sido muito bem discutido em sala de aula, mas mesmo com dúvidas eles aceitaram participar da atividade. Talvez por isso elegeram alguns dos seus próprios colegas como parceiros mais capazes da interação, como podemos observar no diário 2C:

> **2C(Diário):** "[...]*Alguns* ***alunos reclamaram*** *o fato das medidas características dos produtos serem sempre as mesmas. Interessante, os alunos preferiram perguntar entre si sobre as conversões e potências de dez, da quarta questão. Definitivamente eles não gostaram da minha aula anterior!".*

Esse comentário mostra que os alunos adotaram uma postura característica de uma emoção positiva, favorável ao desencadeamento do processo interativo: a *indignação.* Esse comportamento é considerado positivo, pois significa que eles

estavam atentos e participantes do processo interativo. Os alunos reclamaram que uma das perguntas não tinha sido discutida na aula anterior e também que não havia diferenças significativas entre as características nominais dos rótulos que tinham de observar:

> **2C(2):** "Os alunos começam a responder a *tarefa final 2*. **Questionam** a segunda pergunta, pois não haviam discutido o assunto em aula. A professora diz para responderem a partir do que entenderam do texto. A atividade para encontrar as medidas características dos produtos (seus valores nominais) gerou algumas dúvidas, que eram dirimidas pela professora nos grupos. Os alunos parecem ter dificuldade também na solução da quarta questão, e priorizam essa discussão entre grupos."
>
> **2C(Diário):** "***Os alunos movimentaram-se*** *bastante durante a aula, seja* ***para realizar a atividade*** *sobre as medidas características dos produtos, seja* ***para perguntar*** *acerca da questão dois, que não entenderam. Alguns* ***alunos reclamaram*** *o fato das medidas características dos produtos serem sempre as mesmas [...] ".*

Novamente o binômio emoção-motivação esteve presente e observável por meio da participação, da movimentação e até mesmo da reclamação dos alunos. Não conseguimos identificar em qual momento foi desencadeado, no entanto, podemos inferir que auxiliou e foi auxiliado pela mediação promovida a partir das questões propostas na tarefa final dos alunos, e que, por meio dele, a intersubjetividade foi mantida.

Na aula 2D, os alunos responderam ao *diário de aprendizagem 2*, que teve como objetivo avaliar a aprendizagem de cada aluno. No entanto, percebida a grande dificuldade dos alunos nessa atividade, foi feita uma revisão sobre a matéria, durante a mesma aula. Tal postura nos forneceu algumas indicações sobre as

dificuldades dos alunos com a aquisição da notação com potência de dez. Naquele momento, a própria conscientização dos alunos a respeito de suas dificuldades para resolver as questões relacionadas com essa matéria, foi utilizada para promover a intersubjetividade, conforme descreve o diário de aula 2D:

> **2D(Diário):** *"A dificuldade de trabalhar com prefixos e potência de dez continua. Decidi parar tudo e fazer uma revisão específica. [...]* ***muitos prestaram atenção*** *e não tiveram tempo de terminar o questionário."*

Em outras palavras, houve uma redefinição de situação que os levou a iniciar uma nova fase da interação social. Esse processo de negociação expressa um novo nível de intersubjetividade que, ao que tudo indica, ocorreu também devido à própria iniciativa dos alunos.

Quanto à estruturação dos processos interativos em sala de aula, podemos afirmar que o questionário pode ser um meio de comunicação válido para a promoção da interação social que objetiva a apresentação de um conteúdo científico. Na atividade aqui descrita, verificamos que por meio dele foi possível a redefinição de situação do professor e do aluno, pela qual foi obtido um nível satisfatório de intersubjetividade.

No transcorrer da aula 2D(1) podemos observar uma variação de atitude em alguns alunos por não saberem responder a uma das questões, demonstrando emoções que poderiam dificultar o processo interativo, tais como a indiferença, a frustração e possivelmente o embaraço. Observamos tal fato também no diário de aula 2D, apresentado nos episódios a seguir:

> **2D(1):** "A professora entrega o *diário de aprendizagem 2*, para ser respondido individualmente. Os **alunos reclamam** da dificuldade em responder a questão da transformação de unidades. A professora faz uma revisão de potência de dez e prefixos. Durante a revisão, **alguns alunos se mostram muito atentos, outros ficam dispersivos** e alguns outros terminam o diário sem prestar atenção na explicação."
>
> **2D (Diário):** *"A dificuldade de trabalhar com prefixos e potência de dez continua. Decidi parar tudo e fazer uma revisão específica, a turma do fundo da sala* ***parece não ter gostado muito, terminou o diário de aprendizagem de qualquer jeito*** *e entregou sem a resolução da questão sete,* ***mas muitos prestaram atenção*** *e não tiveram tempo de terminar o questionário."*

Apesar desses indicativos de emoções negativas, o processo interativo continuou se desenvolvendo para muitos outros alunos, talvez incentivados ainda pela motivação proposta inicialmente, talvez por outras motivações exteriores, não relacionadas àquela atividade. Gostaríamos ainda de enfatizar que o processo intersubjetivo ocorre muitas vezes em um plano coletivo, quando analisamos um grupo maior. A "turma do fundo", assim preconceituosamente nomeados no comentário, pode ter apenas manifestado sua indignação com as atividades propostas, ou por um outro motivo qualquer, optando por abandonar o processo interativo.

Se considerarmos os alunos que permaneceram atentos ou participantes do processo interativo, ou os que se desligaram dele, os dados nos indicam que a escolha da permanência no processo é do indivíduo, ou do grupo ao qual está ligado. Enquanto existir um processo emocional que vincule o indivíduo à atividade, podemos afirmar que ele continua predisposto a aprender, a participar de um processo interativo com vistas á aprendizagem. Não significa que ele irá aprender,

pois isso depende de vários outros fatores, mas ele estará disposto à negociação, ao processo da intersubjetividade.

Atividade 3

Na atividade 3, cujo objetivo estava relacionado com a explicação das grandezas vetoriais, a motivação inicial proposta – responder ao questionário –, não teve muitos elementos associados a fatores emocionais, como alegria, interesse, vontade ou chamamento à ação. A nosso ver, dois elementos emocionais podem ser destacados: a necessidade de aprender para responder às questões propostas e o interesse em participar do grupo, mas este último elemento emocional associa-se em geral, à motivação extrínseca e não é resultado da atividade, mas provavelmente de fatores anteriores, relacionados à família ou ao seu grupo social.

Na atividade 3A, quando os alunos responderam ao questionário individualmente, não se pode dizer que houve uma definição de situação dos alunos – os alunos afirmaram em 3A(2) que nunca haviam estudado nada daquilo, fato que prejudicou a participação dos alunos e a possibilidade do processo de negociação, ao menos nesse momento inicial. No entanto, na atividade 3B, quando foi explicada a resolução das questões, começou a se delinear entre eles o domínio da representação de grandezas vetoriais, provavelmente ainda ao nível de pseudoconceito, mas tornou possível aos alunos adotarem uma definição de situação inicial. Tal evolução é perceptível em 3C e D, que mostram indícios de maior participação dos alunos.

A aula 3A, que se iniciou com a resolução individual do questionário, caracterizou-se por elementos associados às emoções negativas: indiferença, embaraço e frustração. No entanto, quando os alunos passaram a responder as

questões em grupos houve, em dois deles, os mais homogêneos, indicações de respeito e solidariedade.

> ***3A(Diário):*** *"De início os alunos* ***não queriam responder*** *o questionário. Depois, devido à* ***minha insistência****, começaram a responder,* ***de qualquer jeito****. Eles tinham mesmo muita dificuldade com aquelas questões, pois eram poucos os que já haviam estudado vetores. Em alguns grupos, os alunos que conheciam um pouco mais da matéria acabaram fazendo as questões sozinhos, pois* ***os que tinham dúvidas, não queriam nem discutir. Em dois grupos****, acho que por haver mais de um aluno que sabia a matéria,* ***a discussão foi intensa*** *e eles quase não conseguiram terminar o questionário."*

Na aula 3B, quando foram apresentadas as respostas corretas do questionário apresentado na aula 3A, pudemos observar indicações de mais alunos predispostos a aprender, interessados nas respostas corretas, mas também, alguma indignação em relação a determinadas perguntas:

> **3B(Diário):** *"Não foi maioria, mas muitos alunos participaram bem na aula,* ***questionando as resoluções, as respostas e até, as perguntas! Alguns alunos não participam****, a minha impressão é que são os alunos que acham que não sabem nada da matéria, e como a atividade se desenvolveu a partir do questionário, isso deve trazer alguma desmotivação."*

A aula 3C foi expositiva. Nessa aula, descrita nos episódios apresentados a seguir, nota-se que a nossa definição de situação, como professora da sala, estava relacionada com a sistematização dos conceitos relacionados às grandezas escalares e vetoriais. Quanto à definição de situação inicial de cada aluno, devemos lembrar que, como a aula 3C veio depois da aula 3A, em que foi respondido um questionário sobre as grandezas vetoriais e depois da aula 3B, quando houve a

correção desse questionário, presumimos que os alunos, de forma geral, já deveriam ter formado uma representação cognitiva inicial sobre as grandezas vetoriais. É provável que isso permitiu que eles adotassem uma definição de situação intersubjetiva com mais facilidade e conscientemente. Notamos que eles já conseguem fazer perguntas e, principalmente ouvir as explicações "com interesse", como é descrito no diário de aula 3C:

> **3C(1):** "A professora apresenta a teoria relacionada à resolução dos questionários."
>
> **3C(2):** "Apresenta os conceitos de grandezas escalares e vetoriais, representação de vetores, vetor oposto, soma e subtração de vetores. Associa os exemplos dados às questões respondidas anteriormente. **Em sua maioria, os alunos pareceram interessados**, mas intervieram pouco, formularam algumas questões sobre a expressão matemática de vetores, a sua representação gráfica na subtração e sobre a determinação do módulo do vetor pela regra do polígono. A professora **respondeu detalhadamente, com vários desenhos** na lousa."
>
> **3C(Diário):** *"Explicar vetores foi tranqüilo. Para mim é imprescindível que os alunos prestem atenção na construção gráfica e na diferença entre os vetores, na regra do polígono e do paralelogramo, mas eles geralmente não percebem qualquer diferença no início. Chamei várias vezes a atenção deles para isso, mas acho que poucos atentaram para a importância das regras vetoriais.* ***A resolução do exercício 7 ajudou*** *bastante. A* ***resolução da questão 14****, na qual comparamos a soma de grandezas escalares e vetoriais****, parece ter cumprido seu objetivo*** *de fazer o aluno perceber a diferença entre grandezas escalares e vetoriais.*
>
> *Quanto à participação, pareceu-me uma aula equilibrada, isto é,* ***alguns alunos prestando bastante atenção, outros nenhuma*** *e ainda uma turma que se fixa à aula quando convocada, isto é, quando a professora - eu-, insisto que aquele exercício é muito importante."*

Na atividade 3D, é apresentado um exercício simples para ensinar como se pode representar os vetores por meio de versores associados aos eixos cartesianos. Nossa definição de situação, como professora, foi exposta para os alunos, que nessa atividade já sabiam obter a soma de vetores, assunto apresentado nas aulas 3A, B e C, anteriores, por isso a definição de situação intersubjetiva parece ter sido adotada pelos alunos com mais facilidade. Pelo menos foi o que se notou no processo de negociação, conforme 3D(2) e 3D (Diário).

> **3D(1):** "**A professora explica** uma terceira maneira de se determinar a soma ou a subtração de vetores, por meio de eixos cartesianos. Ela **define e desenha os versores** representativos dos eixos cartesianos e **mostra exemplos** de como escrever qualquer vetor como expressão desses versores."
>
> **3D(2):** "Os **alunos participam expondo sua resposta** para a expressão de cada um dos vetores apresentados pela professora num gráfico quadriculado na lousa."
>
> **3D(Diário):** *"A aula desenvolveu-se bem. Todos os* ***alunos,*** *em geral,* ***participaram e responderam*** *aos exercícios propostos.* ***Quando o exercício é fácil todos participam!"***

É interessante observarmos que as aulas 3C e 3D também foram expositivas, mas houve uma significativa melhoria em relação à participação dos alunos em comparação com as aulas 3A e 3B.

> **3C(Diário):** "[...]*Quanto à participação, pareceu-me uma aula equilibrada, isto é,* ***alguns alunos prestando bastante atenção, outros nenhuma e ainda uma turma que se fixa à aula quando convocada****, isto é, quando a professora - eu - , insisto que aquele exercício é muito importante."*

3D(Diário): *"A aula desenvolveu-se bem. Todos os alunos, em geral, participaram e responderam aos exercícios propostos.* ***Quando o exercício é fácil todos participam!"***

Em 3D a participação dos alunos é nitidamente maior, provavelmente devido a um exercício mais simples proposto para conseguir a atenção dos alunos. Novamente houve indícios de que o processo de mediação semiótica influi no binômio emoção-motivação, como se pode observar a partir do envolvimento dos alunos.

Atividade 4

A atividade 4 tinha como objetivo apresentar algumas operações vetoriais simples, tais como: a decomposição dos vetores nos eixos cartesianos (horizontal e vertical), a expressão cartesiana de um vetor e o seu uso para efetuar a soma de vetores. Com esse objetivo, em 4A, após uma proposta prática, encontrar um endereço em um mapa, os alunos começaram a responder à tarefa final 4, mas devido as suas dificuldades em resolve-la, o questionário foi recolhido e as aulas 4B e C foram expositivas. Na atividade 4D eles retomaram a resolução do questionário.

Assim, na atividade 4A, inicialmente houve uma breve proposta prática de identificar o endereço do aluno em um mapa, associando essa identificação com a idéia de referencial e dos eixos cartesianos. Em seguida, os alunos responderam, em grupos, à *tarefa final 4*, mas tiveram muita dificuldade, pois a explicação da atividade prática não deu suporte para a resolução dessas questões.

Parece-nos claro que essa dificuldade foi conseqüência de uma nítida discrepância nas definições de situação – enquanto a nossa definição de situação, como professora, foi associar os eixos cartesianos à localização do endereço dos

alunos em um mapa, a definição de situação dos alunos restringiu-se apenas em aprender como utilizar o mapa para encontrar o seu endereço. Em outras palavras, o nível de intersubjetividade em termos de conteúdo atingido ficou muito aquém daquele imaginamos conseguir por meio dessa interação social.

Isso foi percebido quando os alunos não conseguiram resolver a *tarefa final 4*, para a qual a leitura do mapa não ofereceu a simbologia operacional necessária.

> ***4A(Diário):*** *"Os alunos começam a atividade muito bem. Muitos queriam participar da leitura do mapa e tentar encontrar o endereço. No entanto, a tarefa final 4 estava muito além do conhecimento do aluno. Dei-me conta disso, durante a aula. Tive de parar, explicar e depois recomeçar!"*

No entanto, podemos afirmar também que o trabalho com o mapa associado ao cotidiano dos alunos, pelo qual eles puderam encontrar o seu endereço na cidade, teve validade significativa na promoção do binômio motivação-emoção. Por meio dele apareceu uma conjunção de fatores emocionais positivos, entre os quais destacamos o respeito e a solidariedade. Esses fatores foram decisivos para que as aulas expositivas, que se seguiram a esta, transcorressem satisfatoriamente.

Em continuação, na aula 4B, também expositiva, foram explicadas as questões semelhantes às da *tarefa final 4*. Assim que a atividade, inicialmente de fácil associação (em 4A), foi significativamente alterada para incluir elementos abstratos (no final da 4A e em 4B), os alunos passaram a dispersar-se. Surgiram então elementos emocionais negativos relacionados à frustração e ao embaraço, o que dificultou o processo interativo.

> ***4B(Diário)**: "Novamente a matemática é vilã da minha aula! Os **alunos odeiam** os senos e os cossenos para determinar as componentes dos vetores. A turma participou pouco. "*

O sentimento de aversão aos senos e cossenos, apresentado pelos alunos e registrado no diário de aula (4B), a nosso ver, apareceu devido a emoções negativas – frustração e embaraço – que eles sentiram por causa da grande dificuldade em trabalhar com esses conceitos, agravada por um inconformismo que sentiram com as explicações, para eles, mal elaboradas.

Para nós, ficou evidente que a zona de desenvolvimento imediato da maioria dos alunos praticamente não lhe possibilitava operar com esses conceitos, da forma exigida na resolução da tarefa proposta. A intervenção, naquele momento, teve por objetivo modificar a definição de situação inicial dos alunos, e buscar uma redefinição de situação orientada para a ampliação dessa zona de desenvolvimento imediato e para que a tarefa proposta pudesse, ao final, ser resolvida. Essa mudança de estratégia certamente desencadeou dificuldades emocionais que, de início, dificultaram o processo interativo.

No entanto, a postura de reconhecer essa dificuldade e retomar a um nível teórico mais elementar e diretamente relacionado com a tarefa proposta, auxiliou na evolução desse processo interativo, e possibilitou o aparecimento de sentimentos que se converteram em emoções positivas, como a solidariedade e o respeito.

Nas atividades 4C e 4D, os alunos retomaram o questionário e pareceram responder as perguntas com dedicação (diário de aula 4C), agora com a maioria dispondo de uma zona de desenvolvimento imediato ampliada, em decorrência das explicações complementares fornecidas na aula 4B. Durante a elaboração da *tarefa*

final 4, realizada na quinta e sexta aula (4C e 4D), os alunos demonstraram muito interesse pelo assunto, apesar de ainda o considerarem difícil.

> ***4C(Diário):*** *"Dei uma explicação detalhada, mas ainda assim a turma participou pouco, mas acho que deu para cumprir os objetivos, pois* ***trabalharam com afinco*** *para a realização da tarefa final, ainda com dificuldades... mas já conseguiam discutir entre eles e entre os grupos. Ainda assim, auxiliei os grupos várias vezes. Tivemos que deixar parte da tarefa para a próxima aula."*
>
> ***4D(Diário):*** *"Terminaram a tarefa,* ***com reclamação****. Acharam alguns exercícios muito difíceis."*

Nos destaques das tarefas e dos diários de aprendizagem, verificamos que os alunos parecem ter aprendido alguns conceitos importantes, a nosso ver, indícios que a intersubjetividade, apesar de ter se iniciado de forma precária, evoluiu satisfatoriamente.

Atividade 5

Na atividade 5, cujo objetivo foi apresentar conceitos fundamentais da estática, a motivação inicial – a apresentação dos equipamentos de demonstração – sustentou todas as nove aulas. Essa motivação aparece com a demonstração dos brinquedos equilibristas na aula 5A, depois na breve atividade experimental de determinação do centro de gravidade, descrita em 5B, em seguida na tarefa realizada em 5C e, finalmente, nas aulas expositivas formais em 5D, E e F. Aparece também em vários trechos destacados sobre a participação dos alunos, nos diários de aula 5A, B, C, D, E, F.

Isso contribuiu significativamente para a participação dos alunos, não só daqueles que se expressavam falando, mas também, os que se envolviam

diretamente com os equipamentos experimentais. Em conseqüência, a intersubjetividade parece ter ficado bem caracterizada nessas atividades, e se consolidou associada às interações sociais desencadeadas pelas explicações sobre o funcionamento dos brinquedos.

> **5A(3)**: "A professora mostra dois brinquedos: o *joão-teimoso* e a *tartaruga cambalhota* e pergunta se algum aluno conhecia um dos brinquedos. Muitos dizem conhecer o *joão-teimoso*. "
>
> **5A(4):** "A professora pergunta aos alunos se seria possível virar o *joão-teimoso* de cabeça para baixo. A maioria diz que não e ela pede para que eles justifiquem a resposta."
>
> **5A (5):** "Em geral, os alunos dizem que o brinquedo foi feito com o objetivo de não tombar. Um dos alunos afirma que ele não tomba porque é mais pesado embaixo."
>
> **5A (6):** "A professora concorda com essa hipótese do aluno, abre o *joão-teimoso* e mostra aos alunos o contrapeso de chumbo que faz a parte de baixo do brinquedo mais pesada e passa o brinquedo para os alunos observarem."
>
> **5A (7):** "A professora afirma que a explicação da *tartaruga cambalhota* é parecida. Ela tem um contra-peso colocado em uma posição que, faz a tartaruga girar até uma posição de maior equilíbrio sempre que ela é colocada de cabeça para baixo."

Ainda durante a atividade 5A, ao atribuírem à localização da força peso a causa do funcionamento dos brinquedos evidenciou-se a principal limitação cognitiva que os impediu de alcançar o nível de intersubjetividade completa. Assim, enquanto nós, como professora, planejávamos apresentar uma explicação detalhada do funcionamento desses brinquedos relacionada ao equilíbrio de um corpo extenso, com a representação gráfica das forças peso e normal, do torque por elas provocado em decorrência da localização do centro de gravidade e do ponto de apoio de cada

brinquedo, para os alunos tudo isso foi substituído pela atribuição, a um único agente, a causa única para esse funcionamento: a localização da maior parte do peso na parte mais baixa do brinquedo.

Contudo, apesar da precariedade do nível de intersubjetividade atingido nesse início de interação, a identificação desse signo – a localização do centro de gravidade do brinquedo – possibilitou a futura renegociação e a melhoria do nível de intersubjetividade da interação.

Na aula 5B a atividade foi experimental. Os alunos receberam diferentes figuras recortadas em papel cartão e foram orientados em relação ao procedimento necessário para localizar o centro de gravidade de cada uma delas. A atividade desenvolveu-se com a participação intensa dos alunos.

> **5B(Diário):** *"**Aula agitada. Alguns alunos fazem a experiência, alguns com dúvidas sobre a montagem, outros querendo mostrar o resultado**. Mas, no final, eles conseguiram obter e mostrar a posição do centro de gravidade das diferentes figuras geométricas; também puderam observar que é possível sustentar o peso do corpo apoiando-o inteiramente sobre o seu centro de gravidade. **Na minha opinião, a aula foi muito proveitosa e mais, todos participaram.**"*

Na atividade 5C, os alunos responderam à tarefa final 5, que consistia em uma síntese dos experimentos e das explicações físicas para o funcionamento deles.

> **5C(Diário):** *"Os grupos fazem a tarefa 5 **com muita atenção, pegam o equipamento, discutem, perguntam entre si e para mim**. Quase não dá tempo de todos os grupos terminarem."*

unesp

As atividades 5D, E e F foram aulas expositivas em que foram apresentadas a simbologia e os conceitos físicos pertinentes às explicações dadas. Os alunos prestaram atenção e responderam às várias perguntas propostas.

5D(2): "Pergunta o que acontece se uma das crianças for mais pesada que a outra. Os alunos respondem que a outra ficará sempre no alto."

5D(3): "Pergunta se alguma coisa pode ser feita para que a gangorra, com essas crianças, fique em equilíbrio. Um aluno responde que a criança mais gordinha poderia ficar mais próxima do meio da gangorra."

5D(4): "A professora pergunta se os outros concordam e pede que justifiquem a afirmação. Os alunos parecem concordar, mas não sabem justificar."

5D(5): "A professora apresenta, em linhas gerais, as condições de equilíbrio de um corpo extenso. [...] Enquanto explica, a professora representa as grandezas na lousa. Os alunos parecem atentos, completando frases ou perguntas da professora."

5E(1): "A professora inicia a aula lembrando a anterior, das crianças na gangorra. Diz que nessa aula vai discutir momento de uma força, equilíbrio do ponto material e do corpo extenso, para poder explicar o equilíbrio dos brinquedos, da gangorra e da roda que não rola."

5E(2): "A aula é bastante formal.[...]. Os **alunos estão atentos**, respondem às perguntas da professora, mas não fazem nenhum questionamento a mais."

5E(Diário): *"A **aula iniciou com uma participação grande dos alunos**, apesar de ser uma aula expositiva eles procuravam responder às questões sobre a diferença entre ponto material e corpo extenso, referencial, força necessária para o equilíbrio de um ponto material etc. Mas, no final, quando iniciei os exercícios com os senos, cossenos e os desenhos para a determinação do momento, eles começaram a ter muita dificuldade e alguns pareciam desistir de aprender, deixando de prestar atenção."*

5F(2): "Os alunos **parecem atentos**, perguntam sobre a possibilidade de outros brinquedos com o mesmo equilíbrio, como calcular, matematicamente a posição

do centro de gravidade dos brinquedos e pedem para a professora explicar a gangorra.[...]."

Nos episódios da aula 5E observamos que nessa interação foi possível alcançar uma intersubjetividade de bom nível conceitual o que, a nosso ver, deveu-se aos alunos já terem trabalhado com os brinquedos equilibristas nas aulas anteriores e, portanto, a discussão desses conceitos, embora ainda não formalizada, já havia se iniciado. Os dados que nos indicam esse bom nível de intersubjetividade atingido pelos alunos são as respostas às perguntas durante a atividade, mesmo tendo essa atividade se desenvolvido em uma aula expositiva.

6.2- DISCUSSÃO GERAL DAS ATIVIDADES

Alguns fatores relacionados com os constructos adicionais de Wertsch, os processos interativos e o binômio emoção-motivação podem ainda ser discutidos.

Se a definição de situação dos alunos é um elemento importante a ser identificado pelo professor no processo interativo em sala de aula, podemos entender uma das razões que justificam a inconveniência do número excessivo de alunos por sala para o processo de ensino e aprendizagem, comumente apontada pelos professores. Nesses casos, o grande número de parceiros envolvidos torna muito difícil ao professor detectar qual a definição de situação de cada aluno. Assim, sem esse dado essencial, é impossível avaliar o nível de intersubjetividade inicial, que pode ou não estar sendo aceito pelo professor e o processo interativo fica inviável.

Situações como a descrita na atividade 4, em que os alunos não tinham nenhuma definição de situação inicial em relação à tarefa planejada, só são percebidas se o professor dispuser de um momento inicial para essa observação. É

esse momento, em que o professor, como parceiro mais capaz da interação, apresenta o objetivo da atividade, que torna possível a identificação das definições iniciais dos alunos. Esse é também o momento em que o professor pode, se for o caso, promover a sua redefinição de situação para ajustar-se à definição de situação da maioria dos alunos. Dessa forma, torna-se possível atingir o nível de intersubjetividade mais alto que essa interação social permite.

A mediação semiótica é observada nos processos interativos sempre que formas simbólicas escritas, orais ou gestuais são utilizadas para promover a intersubjetividade. É consensual o entendimento de que a linguagem oral é o principal signo e meio de comunicação nesses processos. No entanto, nas cinco atividades apresentadas, pudemos observar que outras formas simbólicas importantes – desenhos, gráficos e mapas –, permeadas pela linguagem verbal, podem auxiliar os alunos a entender e realizar as tarefas propostas.

Além dessas formas simbólicas, associadas à matemática, observamos também que outras puderam ser utilizadas com o mesmo intuito, como associações com as situações do cotidiano do aluno, ou com elementos históricos, ou até mesmo a discussão da resolução de um questionário. A nosso ver, os dados de nossa pesquisa apontam para o fato de que a intersubjetividade é enriquecida quando nos utilizamos de outras formas de linguagem complementares à verbal. Podemos inferir, por contraposição, que a ausência desses outros elementos mediadores que complementam a linguagem verbal podem não inviabilizar o processo interativo, mas exige do professor uma liderança ainda mais efetiva.

O binômio emoção-motivação atuou sempre conjuntamente com o processo de mediação e, em geral, pareceu-nos facilitar a unificação da sala no desenvolvimento do processo de intersubjetividade. As atividades 1, 2A e 2C, 3D,

unesp

4A, 4C, 4D, e 5, mostraram exemplos de situações em que a emoção-motivação positiva facilitou aos alunos trabalhar em um grupo único e coeso.

Nossa coleta de dados destas cinco atividades, realizada em 33 horas de aulas, para uma turma de alunos da primeira série do ensino médio, envolveu um número elevado de elementos interagindo em sala de aula, além de ter variado consideravelmente a natureza das atividades. a nosso ver, esses fatores permitiram que os dados obtidos em nossos estudos se tornassem indicativos de situações comuns nos processos interativos em sala de aula. No entanto, esse foi desde o início o nosso objetivo: avaliar o desenvolvimento integral de aulas de física em que se utilizam variadas metodologias com o intuito de extrair indicações associadas às interações sociais que acompanham o desenvolvimento desse processo.

A seguir, apresentaremos nossas considerações finais referentes à pesquisa.

unesp

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A opção pelo estudo dos processos interativos em sala de aula, fundamentado pela abordagem vigotskiana, foi o desafio que assumimos. Essa tarefa encontrou desafios presentes na própria obra de Vigotski, de um lado pela riqueza de conceitos nela apresentados, sobretudo ao processo de ensino e aprendizagem formal, e de outro pela exigüidade de trabalhos, dentre os que encontramos, que detalhassem um pouco mais esses conceitos, pela carência de pesquisas que evidenciassem quais mecanismos podem torná-los aplicáveis a esse processo. É possível que essa deficiência se deva a diversos fatores, desde a brevidade da vida de Vigotski, a conjuntura histórica e política que atrasou a divulgação de suas obras, sobretudo no ocidente, até a própria inércia da pesquisa educacional.

É verdade que muitos pesquisadores têm se desdobrado nessa tarefa, mas há ainda muito a ser trabalhado e melhor conhecido no contexto de uma teoria extraordinariamente fértil, pródiga de *insights* sobre a cognição humana, e que certamente pode oferecer ferramentas valiosas para a compreensão e melhoria do trabalho pedagógico. Acreditamos que estão incluídas nesse universo as relações desencadeadas nos processos interativos em sala de aula e as motivações e emoções que as permeiam.

Com esse intuito, procuramos estudar e analisar o processo interativo em sala de aula à luz da abordagem vigotskiana. Primeiramente, ainda na apresentação do referencial teórico adotado, apoiados no trabalho de Pino (2000), apresentamos uma reflexão sobre a sala de aula como ambiente social no qual, independentemente da disciplina e dos conteúdos nela trabalhados, professor e alunos interagem e se modificam cognitivamente pelos processos de intermediação

unesp

que nelas se desenvolvem e por meio dos signos utilizados e construídos nesses processos, fatores de significativa importância na formação das funções psicológicas superiores.

Para o estudo do desenvolvimento dos processos interativos nesse ambiente social – a sala de aula – julgamos pertinentes e relevantes o emprego das três características propostas por Wertsch (1984): a definição da situação, a intersubjetividade e a mediação semiótica, em uma leitura nossa, direcionada a uma sala de aula de muitos alunos, característica da nossa realidade, e para a qual agregamos ainda o binômio emoção-motivação.

Na análise da forma como se estabeleceram as definições de situação nos processos interativos estudados, observamos que, em relação ao professor, como parceiro mais capaz, ela foi sempre estabelecida *a priori* no planejamento da atividade, embora nem sempre tenha sido explicitada para os alunos. Para estes, no entanto, a definição de situação se estrutura em geral de forma inconsciente, não só de forma individual, mas principalmente de forma coletiva, a partir do grupo ao qual o aluno estava vinculado. Mas todas as definições de situação estabelecidas pelo aluno, individual ou coletiva, foram conseqüência da maneira como ele ou seu grupo entenderam a situação inicial criada e apresentada pelo professor.

Não ignoramos que os alunos devem ter tido a sua maneira de entender a situação e, por conseqüência, suas definições de situação enviesadas por suas experiências anteriores, escolares ou não, mas essas vivências, neste caso, foram consideradas irrelevantes, pois o que nos importou neste estudo foi detectar qual a definição de situação estabelecida, não as suas causas. E quando essa definição de situação não coincidiu com aquela proposta e planejada pelo professor, o que ocorreu com muita freqüência, procuramos reformulá-la, fazendo com que os alunos

adotassem a nossa definição de situação. Quando isso se mostrou muito difícil, buscamos uma definição de situação intermediária ou intersubjetiva, para que a interação social não se extinguisse.

Foi dessa forma que entendemos a intersubjetividade, que se viabilizou pela mediação semiótica, processo que se apoiou predominantemente na linguagem verbal, mas também em outras formas simbólicas, desde as mais abstratas, da matemática, às mais concretas, das imagens que apareciam nos textos e das representadas a partir dos próprios equipamentos experimentais. Mas, como já afirmamos, não nos restringimos a esses mecanismos, optamos também por levar em conta um aspecto extremamente relevante da teoria de Vigotski, o papel fundamental exercido pelo que chamamos binômio emoção-motivação na viabilização do processo de ensino e aprendizagem.

Nos variados episódios destacados durante a nossa análise, principalmente em relação à mediação, a ocorrência do binômio emoção-motivação indicado pela mistura de elementos emocionais e motivacionais, influenciados e influenciadores, foi marcante para a análise dos processos interativos em sala de aula. Assim, procuramos discutir em nossa análise tanto as características dos processos interativos, como as do binômio emoção-motivação, pela observação da influência entre ambos. Na prática da sala de aula, isso significou não apenas concluir que o aluno motivado fica predisposto a participar da interação com vistas à aprendizagem, mas também, que a própria interação é fator de desenvolvimento do binômio emoção-motivação. Dessa forma, as interações sociais podem criar "espirais" em relação ao ensino e à aprendizagem que nelas se desenvolve. Assim, é provável que uma interação social motivadora emocione o aluno, faça com que ele se engaje no processo, e esse engajamento o leve à aprendizagem; a aprendizagem é, quase

unesp

sempre, uma conquista que o emociona e o motiva a renovar seu engajamento na interação, em um nível mais elevado. Por isso, é uma espiral, não um círculo.

Tomemos o exemplo da atividade 5, desenvolvida a partir da apresentação de equipamentos de demonstração – brinquedos equilibristas – aos alunos. Nessa atividade percebemos claramente que no início da interação social só o professor tinha uma definição de situação elaborada, os alunos não foram capazes de ir além de uma questão básica como "por que o joão-teimoso não cai?", o que situou a intersubjetividade inicial em um nível bastante elementar. No entanto, por meio da mediação semiótica, na qual o próprio brinquedo foi utilizado como símbolo mediador, os alunos puderam evoluir para uma nova definição de situação inicial mais elaborada, conseqüência da percepção da importância da localização do peso do brinquedo. Essa descoberta, expressa pela possibilidade de uma nova definição de situação, trouxe emoção e maior engajamento, certamente importantes para o processo de aprendizagem. Essas emoções iniciais, desencadeadas pela possibilidade da formulação, por parte dos alunos, de uma definição de situação pertinente e próxima da definição do professor, podem se constituir em uma motivação inicial não planejada, mas previsível, que caracteriza o binômio emoção-motivação inicial de uma atividade.

É possível supor que esse tipo de motivação inicial apareça com mais freqüência quando se utilizam equipamentos experimentais, sobretudo com essas características lúdicas, desde que a eles seja possível associar de forma pertinente os conteúdos que se quer explorar. O joão-teimoso mostrou-se um exemplo de brinquedo que permite ao professor estabelecer interações sociais em uma aula visando ao estudo de conceitos relativos ao equilíbrio dos corpos, por permitir aos alunos a formulação de uma definição de situação bastante explícita e concreta, o

unesp

que facilita o processo intersubjetivo. Em outras palavras, é um brinquedo que permite uma negociação entre o que o aluno foi capaz de entender e o que o professor apresentou, com o uso de signos ou representações identificáveis pela observação direta do próprio brinquedo. Essa situação seria impensável, por exemplo, com a utilização de um brinquedo eletrônico cuja observação direta a nada conduz, a não ser à apreciação do seu inacessível funcionamento.

Nesse caso, convém estabelecer critérios para a escolha dos equipamentos e propor orientações para a sua utilização pelo professor em sala de aula. Em relação aos equipamentos, deve-se buscar aqueles tenham características observáveis por todos os alunos, e que, sempre que possível, possibilitem a discussão de aspectos conceituais normalmente apresentados de forma abstrata, de difícil visualização para os alunos. Assim podemos dizer que um equipamento pode contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos se puder se tornar um bom recurso para o professor conseguir dos alunos definições de situação próximas ou idênticas à que ele planejou, portanto pertinentes, e por conseqüência, motivadoras.

Quanto ao professor, cabe basicamente estudar o equipamento, entender o seu funcionamento e traduzir esse entendimento em uma linguagem acessível aos seus alunos, ou seja, construir uma abordagem que respeite a provável zona de desenvolvimento imediato da maioria dos participantes da interação social em que o equipamento vai ser utilizado. Satisfeitas essas duas condições relativas ao papel do equipamento e do professor em uma interação social, podemos esperar que nela se estabeleçam espirais relacionadas ao ensino e à aprendizagem, resultantes da mútua interação da aprendizagem com o binômio-emoção.

Essas espirais, no entanto, sustentam-se também pelo desencadeamento de emoções de respeito, de surpresa e até de indignação, mas nem sempre é possível

unesp

garantir o desejável nível de motivação e emoção até o final da interação. Observamos que, depois do primeiro impacto das emoções causadas pelo aprimoramento da definição de situação inicial, quando todos os alunos parecem sentir-se comprometidos com a tarefa a ser realizada, as discussões devem evoluir para a solução do problema proposto na definição de situação. Se isso não ocorrer, se o professor não utilizar palavras, símbolos ou representações conceituais que estejam ao nível de compreensão da maioria dos alunos – em síntese, se ele não respeitar a zona de desenvolvimento imediato deles – surgem emoções negativas e os alunos passam a se desinteressar pelo que está sendo feito ou discutido.

Nesse aspecto, há que se considerar a capacidade do professor em utilizar linguagens, signos e representações para estabelecer a mediação semiótica e manter o compromisso dos alunos com o alcance dos objetivos da atividade. Daí a importância da mediação semiótica. A nosso ver, os resultados de nossa pesquisa apontam para a necessidade de uma espécie de contrapartida do professor em relação ao binômio emoção-motivação que se estabelece em sala de aula. Assim, mais do que conhecimento do conceito científico que ensina, o professor deve ser capaz de dominar habilidades discursivas verbais e simbólicas e, por meio da mediação semiótica, cuidar para que a interação social seja permeada de emoções positivas.

O processo de intersubjetividade cujo objetivo é promover a coincidência das definições de situação entre professor e alunos, para que todos busquem a resolução do mesmo problema, deve estar presente em todo o trabalho didático realizado em sala de aula. Se o subjetivo é algo pessoal, próprio do indivíduo, a intersubjetividade resulta da forma comum, pela qual os sujeitos participantes da interação social entendem o que devem fazer. Para nós, esse encontro de pontos de

vista também está relacionado às suas emoções e se constituem em motivos para as suas ações.

Podemos afirmar, ainda, que as emoções dependem da metodologia e dos recursos a ela agregados. Atividades experimentais e de demonstração, leitura e discussão de textos motivadores de história da ciência, aplicações tecnológicas, meio ambiente e semelhantes, podem certamente contribuir para o desencadeamento e desenvolvimento das interações sociais e, com elas, do aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem, contudo, o uso de tais recursos só será efetivo se o professor for capaz de gerenciá-los adequadamente.

Nossa vivência na observação continuada e atenta das interações sociais ao longo da coleta dos dados aqui apresentados nos permite afirmar que, nessas interações, as emoções e motivações devem vincular-se à linguagem verbal e simbólica da mediação semiótica, por meio da qual se buscam os sucessivos níveis de intersubjetividade. Assim, o uso de brinquedo não faz sentido ou não provoca a emoção a que nos referimos se o seu funcionamento não evocar direta ou indiretamente o conteúdo que está sendo abordado. É importante que a emoção se vincule à descoberta, que ela se origine não só dos seus aspectos lúdicos, mas também do domínio dos conceitos físicos que os tornam possíveis.

Segundo nosso entendimento, uma aula inspirada em uma pedagogia vigotskiana tem pouco ou nada a ver com uma aula cheia de graça, de música, de gestos e bordões, se tal simbologia não estiver associada a um apelo à cognição, ao conteúdo que se pretende ensinar. A emoção desvinculada do conteúdo não pode sustentar um processo intersubjetivo instrucional, ela o abandona antes que ele se complete, pois não está comprometida com a finalidade desse processo.

unesp

Nossa pesquisa trouxe indicações sobre o processo interativo em sala de aula no qual a emoção e a motivação foram elementos facilitadores, mas não dedicamos a esses fatores uma atenção especial, tendo em vista que, pelo nosso entendimento do referencial teórico adotado, o aspecto crítico da análise residia na avaliação da validade das interações sociais desencadeadas. Apesar de os instrumentos de coleta e análise serem fruto do trabalho da mesma pessoa – a professora foi também a pesquisadora – temos a convicção de que essa não foi uma deficiência, mas antes uma qualidade a acrescentar a esta pesquisa. Possíveis enviesamentos ou omissões que essa superposição de papéis possam ter ocasionado, mesmo inconscientemente, foram a nosso ver amplamente compensados pela visão única de quem observa um processo no qual está imerso e com o qual está inteiramente comprometido.

Nosso trabalho não foi conclusivo no sentido de estabelecer uma possível diferenciação qualitativa em relação à efetividade das atividades comumente desenvolvidas em sala de aula, na prática pedagógica relacionada ao ensino de física. Todas elas – o uso do texto didático, o uso do texto paradidático, a atividade experimental e a prática, o questionário inicial, o uso do mapa preso à lousa, o exercício fácil e o difícil, a atividade de demonstração, experimental ou mental – desencadearam interações sociais produtivas, mas por meio de nossa análise foi possível destacar alguns pontos importantes, que aqui são colocados como indicações para um trabalho pedagógico voltado ao ensino de física e fundamentado em um referencial vigotskiano:

I) O uso de equipamentos, a realização de experimentos e de atividades práticas, leituras e atividades afins tornam-se recursos

válidos quando a sua apresentação for planejada de forma que o professor possa detectar a definição de situação dos alunos e ter condições para, caso necessário, promover a sua redefinição. Dessa forma, a interação social pode desenvolver-se e fazer com que professor e alunos atinjam os níveis de intersubjetividade que o professor considerar adequados, tendo em vista os seus objetivos instrucionais.

II) A mediação semiótica que auxilia a negociação entre as definições de situação precisa priorizar o uso da simbologia própria do conteúdo que se pretende ensinar. Ao apresentar conteúdos de física, é importante que o professor utilize uma linguagem própria da física, tanto verbal como simbólica. O uso da linguagem correta e adequada auxilia a interiorização dos conceitos físicos, pois, como indica a teoria de Vigotski, a origem do pensamento é a interiorização da linguagem. Assim como os bons professores de línguas estrangeiras procuram, tanto quanto possível, utilizar em suas aulas a língua que estão ensinando, o professor de física deve procurar ensinar física utilizando-se da linguagem da física.

III) As maiores dificuldades para o desenvolvimento do processo interativo aparecem quando as definições de situação do professor e dos alunos são muito diferentes e o professor não percebe ou, se percebe, não se interessa em reduzi-las, e não visa buscar um nível inicial de intersubjetividade. Muitas vezes a dificuldade não é cognitiva, não está no alcance da zona de desenvolvimento imediato dos alunos, mas no desacordo em relação aos objetivos da tarefa

proposta, na divergência entre o que o professor quer e o que aluno pensa que ele quer. Nessas situações, o binômio emoção-motivação torna-se um fator agravante da interação e tende a inibir ou inviabilizar o processo interativo.

IV) Atividades concretas, relacionadas ao cotidiano, facilitam o estabelecimento das definições de situação dos alunos e o desencadeamento do processo interativo. Ao contrário, em algumas atividades cujo objetivo é introduzir conceitos novos e abstratos, e não se dispõe de formas para concretizá-los, ao menos no início da interação, os alunos mostram-se incapazes de esboçar qualquer definição de situação, mesmo elementar. No entanto, como situações como essas são inevitáveis e freqüentes no ensino da física, pois é preciso que o aluno aprenda a linguagem formal e abstrata dessa ciência, é preciso compensar essa dificuldade incentivando o diálogo, aceitando definições de situação precariamente formuladas, em busca de uma intersubjetividade que desencadeia a interação social. É especialmente nessa última configuração, em que a interação social busca a apresentação de conteúdos abstratos, obrigatoriamente mediados por um discurso simbólico científico, que o binômio emoção-motivação assume um papel essencial, sem o qual a interação não se sustenta.

Em síntese, este é o produto de nosso trabalho. Talvez seus resultados não tenham contemplado toda a extensão de aspectos que deles esperávamos obter inicialmente, mas a nossa convicção inicial de que a teoria sócio-histórica de Vigotski

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

é um poderoso instrumento para a compreensão e aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem foi amplamente confirmada. Temos a certeza de que por meio dela será possível criar instrumentos de análise e de intervenção nesse processo extremamente valiosos. E esse é o caminho que pretendemos seguir em trabalhos futuros, na investigação mais aprofundada da relação entre as atividades de ensino de ciências e as interações sociais por elas desencadeadas, pela averiguação da importância da linguagem simbólica e científica na estruturação dessas interações e da influência da emoção-motivação no seu desenvolvimento.

unesp

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, 1999 Fundamentos da Educação. *In*: MENESES J.E.C. et al. **Estrutura e Funcionamento da Educação Básica**. Pioneira editora. 2004.

BORUCHOVITCH, E. & BZUNECK. J. A. **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. 2ª edição. Editora Vozes-Petrópolis. 183p, 2001.

BOULTER, C. J. & GILBERT, J.K. Argument and Science Education. *In*: COSTELLO, P.J. M. & MITCHELL, S. (edits). **Competing and Consensual Voices: The theory and practice of argument**. Multilingual Matters LTD, 1995.

BZUNECK, J. A. A motivação dos alunos: aspectos introdutórios. *In*: BORUCHOVITCH, E. & BZUNECK. J. A. (orgs), **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea.** 2ª edição. Editora Vozes. – Petrópolis, pp. 9-36, 2001.

COLL, C. & SOLÉ, I. A interação professor/aluno no processo de ensino e aprendizagem, p. 281-298, *In*: COLL, C. et al (orgs). **Desenvolvimento Psicológico e Educação: Psicologia da Educação**, v. 2, Artmed Editora, Porto Alegre, 1996.

COLL, C. Um marco de referência psicológico para a educação escolar: a concepção construtivista da aprendizagem e do ensino, p. 389-406. *In*: COLL, C. et al (orgs). **Desenvolvimento Psicológico e Educação: Psicologia da Educação**, v. 2, Artmed Editora, Porto Alegre, 1996.

COMPIANI, M. **As geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre o tema: "A formação do Universo"**. Campinas, SP. (Tese de Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1996.

DEL PRETTE, Z. & DEL PRETTE, A. Habilidades sociais e construção de conhecimento em contexto escolar, pp.234-250. *In*: ZAMIGNANI, D (org), **Sobre comportamento e cognição**, v. 3. Santo André (SP): ARBytes, 1997.

DEL PRETTE, Z. & DEL PRETTE, A. Habilidades Sociais: uma área em desenvolvimento. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 9, n. 2. Porto Alegre. 1996.

DEL PRETTE, Z. & DEL PRETTE, A. Interações sociais em sala de aula: representações do professor, pp. 426-430. *In*: GUZZO, R. et al (orgs**). O futuro da criança na escola, família e sociedade**. São Paulo: Átomo, 1995.

DEL PRETTE, Z. A. P. et al. Habilidades Sociais do professor em sala de aula: um estudo de caso. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v.11, n.3. Porto Alegre. 1998.

DELAMONT, S. **Interacção na sala de aula**. Livros Horizonte. Methuen, 1983- 172p. 1987.

GASPAR, A**. Física**, Volume Único, editora Ática, p. 9-17, 2001.

GASPAR, A. **Museus e centros de ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico**. São Paulo. (Tese de Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 1993.

GUIMARÃES, S. E. R *et al.* Estilos motivacionais de professores: propriedades psicométricas de um instrumento de avaliação**. Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 19, n.1. Brasília, janeiro/abril , 2003.

GUIMARÃES, S. E. R. & BORUCHOVITCH, E. O estilo motivacional do professor e a motivação intrínseca dos estudantes: uma perspectiva da Teoria da Autodeterminação. **Psicologia: Reflexão e Crítica**. 2004, 17 (2). pp.143-150 Disponível: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-79722004000200002&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 0102-7972. acesso em 01/09/2005.

GUIMARÃES, S. E. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: BORUCHOVITCH, E. & BZUNECK. J. A. (orgs), **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporâne**a. 2ª edição. Editora Vozes. – Petrópolis, pp. 37-57, 2001.

HOUAISS (2005). **Dicionário da lingua portuguesa**. Disponível em <http://houaiss.uol.com.br/busca.jhtm>, acesso em 03/08/2005.

HOWE, A. C. Development of science concepts within a vygotskian framework. **Science Education**, 80(1), pp. 35-51, 1996.

IVIC, I. Social Interation: Social or interpersonal relationship. Trabalho apresentado à **Conferência Anual da Associação Psicologia Italiana** – Trieste- 27 a 30 de setembro de 1989.

LUCCA, E. Habilidade Social: uma questão de qualidade de vida. **Psicologia.com.pt O portal dos psicólogos**. Disponível em <www.psicologia.com.pt>, acessada em 03/08/2005.

LURIA, A. R. Diferenças culturais de pensamento. *In*: VIGOTSKII, et al. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. p. 39 - 58. São Paulo: Ícone editora, 2001a.

LURIA, A. R. Epílogo. *In:* VIGOTSKI, L. S. **Obras escogidas: problemas de psicologia genera**l- tomo II. Madrid: A. Machado Libros, primeira edição 1993, p. 451-470, 2001b.

MONTEIRO, I. C. C. **Atividades experimentais de demonstração em sala de aula – uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski**. Bauru/SP. 129p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências), UNESP, Campus de Bauru, 2002b.

MONTEIRO, M.A.A. **Interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais: um estudo do discurso do professor e as argumentações construídas pelos alunos**. Bauru (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Ciências, Unesp, 2002a.

MORETTI, V. D. **O conceito de função: os conhecimentos prévios e as interações sociais como desencadeadores da aprendizagem**. Dissertação Mestrado. 158p. FE – USP, 1998.

MORTIMER, E. & SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *In*: **Investigações em ensino de ciências**, v. 7, n.2. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/v7,n3n2002>, acesso em 13/07/2005. Porto Alegre, dezembro de 2002.

PALMERO, F. La emoción desde el modelo biológico. **Revista Electrónica**

de Motivación y Emoción. v. 6, n. 13. Disponível em <http://reme.uji.es/articulos/apalmf5821004103/texto.html>, acesso em 15/01/2006, ISSN-1138-493X , maio de 2003.

PENNA, A. G. **Aprendizagem e Motivação**. Zahar editores – Rio de Janeiro. 205p, 1979.

PINO, A. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade: Vigotski** – O manuscrito de 1929, n. 71, p. 45-78. 2ª edição, julho de 2000.

SOUZA, R. Emotion. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. 2003, Edward N. Zalta (ed.), disponível em <http://plato.stanford.edu/archives/spr2003/entries/emotion/ acesso em 5/9/2005.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo. Editora Martins Fontes, 2001a.

VIGOTSKI, L. S. **La genialidad y otros textos ineditos**. Editorial Almagesto Colección Inéditos. p. 13- 36, 1998.

VIGOTSKI, L. S. **O desenvolvimento psicológico na infância**. São Paulo: Martins Fontes. 326p, 1999b.

VIGOTSKI, L. S. **Obras escogidas: historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores** (1931)- tomo III. Madrid: Visor, primeira edição 1995, 2000.

VIGOTSKI, L. S. **Obras escogidas: problemas de psicologia general**- tomo II. Madrid: A. Machado Libros, primeira edição 1993, 2001c.

VIGOTSKI, L. S. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2001b

VILLANI, A. & SANTANA, D. A. Analisando as interações dos participantes numa disciplina de Física. **Ciência & Educação**, Bauru- SP, v. 10, n. 2, p. 97-117, 2004.

WERTSCH, J.V. The zone of proximal development: some conceptual issues. *In*: ROGOFF, B. & WERTSCH, J.V. (eds), **Children's learning in the zone of proximal development**- New directions to child development. n. 23. San Francisco; Jossey-Bass, march, 1984.

ZEMBYLAS, M. Constructing Genealogies of teachers'emotions in science teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 79-103, 2002.

Anexos 1-

ESTRUTURA GERAL DAS ATIVIDADES

Apresentamos a seguir a estrutura geral de cada uma das atividades preparadas para os alunos no primeiro semestre de 2004. Foram apresentadas sete atividades, cada uma delas com um número de aulas diferente, conforme descrito no quadro do capítulo 4.

Atividade 1: Reflexão sobre texto do livro didático

Essa atividade teve por objetivo uma reflexão inicial sobre a importância do estudo da Física, visando apresentá-la como construção humana que segue regras, leis, conceitos, princípios, modelos e teorias, fundamentadas em um processo de reflexão e argumentação dentro de uma comunidade científica. Além disso, abordamos as diferentes áreas de atuação da Física e suas aplicações tecnológicas.

Inicialmente comentamos com os alunos uma pequena história que relata a explicação dos índios para a facilidade do cozimento com uma panela tampada[7] e comparamos com a explicação científica para o mesmo fenômeno. Nosso intuito era aguçar o interesse da turma acerca da veracidade da ciência. Essa leitura inicial foi intercalada com algumas perguntas sobre as semelhanças e diferenças da ciência e do senso comum.

Depois, pedimos para que os alunos lessem um dos textos do livro didático adotado na escola (GASPAR, 2001) tanto pela amplitude das reflexões propostas que poderiam orientar a reflexão dos alunos por diferentes caminhos, como por almejarmos averiguar o quanto o aluno se sente incentivado ou inibido frente ao

[7] Ver anexo 4

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

linguajar formal desse livro. Em seguida, os alunos discutiram o texto em um grupo único – a sala toda, incluindo a professora –, depois eles se dividiram em grupos menores, de três ou quatro alunos. Discutiram algumas questões específicas e entregaram por escrito a *tarefa final 1* (foi exigido um único trabalho por grupo). No final receberam o *diário de aprendizagem 1*, a ser elaborado individualmente, extra-classe e entregue na aula seguinte.

Atividade 2: Leitura e discussão de um texto de divulgação científica

O objetivo dessa atividade foi discutir o Sistema Internacional de Unidades (SI), evidenciar sua importância, suas características e apresentá-lo como resultado da necessidade científica e tecnológica da sociedade humana que se fundamenta em um conjunto de regras e modelos. Também foram nossos objetivos apresentar algumas regras de conversão de unidades técnicas ou práticas de uso corrente, às vezes oriundas de antigos sistemas de unidades, para unidades do SI e elaborar uma breve síntese sobre notação científica.

O desencadeamento do processo interativo foi desenvolvido a partir da discussão de um texto de divulgação científica[8]. Como elemento motivador, e tendo em vista a ênfase dada pelo texto sobre o uso do corpo humano como unidade primitiva de medida, os alunos, a pedido da professora, primeiramente mediram o comprimento da sala com os pés. Em seguida, leram o texto e então, após a leitura individual, realizaram uma discussão com a professora e a sala toda. Na aula seguinte, a professora apresentou algumas regras de conversão de unidades técnicas para unidades do SI.

---

[8] Ver Anexo 4- *Atividade 2*:Revista SUPER INTERESSANTE, n^0 24 "*AS DIMENSÕES DO METRO*", Editora Abril, pp 60-64

Na quarta e quinta aula, os alunos se dividiram nos grupos menores, discutiram algumas questões específicas e, como na atividade anterior, entregaram a *tarefa final 2* do grupo e receberam o *diário de aprendizagem 2.*

Atividade 3: Exposição sobre a representação matemática das grandezas vetoriais

Um dos objetivos desta atividade foi incentivar os alunos a uma reflexão sobre as características das grandezas vetoriais, como deslocamento, velocidade, aceleração e força, no intuito de orientar a percepção dos alunos quanto a importância e a necessidade do uso do vetor para caracterizar algumas grandezas físicas e, então, apresentar o formalismo matemático associado.

Primeiramente os alunos receberam um questionário individual em que os alunos responderam acerca de situações nas quais o uso do vetor seria, ou não, imprescindível. Depois os alunos se dividiram nos grupos menores e o processo interativo foi desenvolvido a partir de uma discussão acerca das respostas dos alunos, que resolveram o mesmo questionário novamente, mas em grupo – essa foi a *tarefa final 3.* Em seguida, reunimos toda a sala em um grupo único e discutimos as respostas dos questionários. Na quarta, quinta e sexta aula apresentamos as regras matemáticas para o uso das grandezas vetoriais e o *diário de aprendizagem 3* foi feito em horário extra-classe.

Atividade 4: Resolução de problemas envolvendo grandezas vetoriais

Essa atividade teve por objetivo apresentar algumas operações vetoriais simples, tais como: a decomposição dos vetores nos eixos cartesianos (horizontal e vertical), a expressão cartesiana de um vetor e o seu uso para a efetuar soma de

vetores. Tais regras, apesar de abstratas, são essenciais para o estudo de operações com grandezas vetoriais.

A preparação inicial para o processo interativo foi realizada pela apresentação de situações em que a descrição do fenômeno exige o uso das regras vetoriais. Inicialmente propomos aos alunos a descrição da posição de um ponto a partir de sua localização em um mapa e com isso, discutimos a questão da importância do referencial e da descrição matemática dos eixos cartesianos. Em seguida, apresentamos a *tarefa final 4*, com outras situações semelhantes, que foram discutidas nos grupos menores e entregue por cada grupo. Na quarta e quinta aula apresentamos as regras de decomposição dos vetores nos eixos cartesianos, a expressão cartesiana de um vetor e o seu uso para a efetuar soma de vetores e entregamos aos alunos a *tarefa final 4*, novamente, para que fossem refeitas por eles. Os alunos fizeram o *diário de aprendizagem 4* extra-classe.

Atividade 5: Atividades experimentais de demonstração e exposição dos conceitos fundamentais da estática

Nessa atividade o objetivo foi apresentar conceitos fundamentais da estática. Para motivar os alunos apresentamos alguns objetos de demonstração cuja tendência a manter-se ou buscar uma situação de equilíbrio é intrigante e pouco habitual. Os alunos foram incentivados a se questionarem sobre as razões dessa estabilidade e qual, ou quais, grandezas físicas seriam relevantes para o estabelecimento das condições de equilíbrio de um corpo. A partir desta motivação inicial expusemos os princípios gerais da regra de equilíbrio de um corpo rígido apoiado, no sentido de garantir aos alunos que há uma explicação científica para esses fenômenos físicos.

A estática é um conteúdo raramente apresentado no ensino médio; em geral quando isso é feito, ela é apresentada no final do primeiro ano. No CTIG, por razões já citadas, ela é conteúdo obrigatório do primeiro semestre do primeiro ano técnico. No entanto, como alguns conceitos essenciais nem sempre são estudados adequadamente no nível fundamental, fizemos a princípio uma apresentação, ou revisão, dos conceitos de força, peso, força normal, força resultante e centro de gravidade.

Na terceira aula, solicitamos aos alunos que determinassem o centro de gravidade de alguns objetos, tais como uma régua, um disco, pedaços de cartolina em forma de um quadrado, de um triângulo, da letra L, da letra O. Depois, reapresentamos os equipamentos de demonstração: o joão teimoso, o pássaro equilibrista, o garfo equilibrista e a tartaruga cambalhota e a roda que não rola[13].

Na quarta e quinta aula, os alunos se dividiram nos pequenos grupos para realizar a *tarefa final 5.* Para isso eles puderam manusear os equipamentos de demonstração já apresentados.

Na sexta aula propusemos aos alunos uma experiência de pensamento com uma gangorra e duas crianças nela sentadas. O objetivo foi fazê-los perceber a influência da relação força – nesse caso o peso das crianças – versus distância, origem ao conceito de momento ou torque de uma força como agente do movimento de rotação de um corpo. Na sétima e oitava aula apresentamos, agora de maneira mais elaborada, os conceitos físicos associados ao equilíbrio de um ponto material e de um corpo rígido extenso. Na nona aula discutimos novamente alguns conceitos sobre equilíbrio de corpo extenso e distribuímos o *diário de aprendizagem 5* para entrega em aula posterior.

---

[13] Construídos pelo grupo de Ensino de Ciências FEG- UNESP, sob orientação do prof. Dr. Alberto Gaspar.

ANEXOS 2-

RESULTADOS OBTIDOS

Nesse capítulo apresentamos os resultados de nossa coleta de dados, em cada uma das atividades propostas, nos seguintes conjuntos, como descrito no capítulo 4:

1- NARRAÇÃO DAS ATIVIDADES

2- DIÁRIOS DE AULA

3- DESTAQUES: sobre as respostas dos alunos na tarefa final e nos diários de aprendizagem

As passagens são divididas em pequenos episódios, com numeração, para facilitar a análise posterior. Trechos em itálico representam a transcrição literal do *diário de aula* da professora.

Atividade 1: Análise e discussão de textos didáticos

No CTIG a primeira semana de aula é de recepção e todos os alunos participam da mesma atividade, a Semana da Integração. Por isso, começamos nosso trabalho na segunda semana – expusemos aos alunos a metodologia de trabalho do semestre, apresentamos a eles um questionário sobre as suas expectativas em relação à escola, aos colegas e professores. Pedimos que cada um emprestasse o livro de física da biblioteca ou de algum colega, pois ele seria utilizado para discussão na próxima aula. Nossa atividade aconteceu na terceira e quarta semana de aula, conforme se segue:

Atividade 1A- Primeira e segunda aula

(1) A professora pede que os alunos sentem em um círculo grande e apresenta o professor colaborador que irá filmar a aula. Os alunos parecem sentir um certo desconforto e insegurança por causa da câmera e por sentar-se em círculo, mas com a insistência da professora acabam por se sentarem.

(2) A professora pergunta aos alunos se eles acreditam que existe alguma relação entre ciência e magia. Após certo tempo de murmúrio entre grupos de alunos, um deles afirma que não existe relação, pois a ciência é sempre verdadeira.

(3) A professora diz que esse é o assunto dos textos que seriam discutidos naquela aula. A primeira aula seria uma discussão sobre os temas abordados nos textos. Na seguinte os alunos, divididos em grupos, responderiam por escrito algumas perguntas. Os alunos começam a discutir com quem formariam os grupos e a professora pede que deixem isso para depois.

(4) A professora pergunta quantos alunos concordam com a afirmação do colega de que a ciência é sempre verdadeira e a maioria dos alunos levanta a mão, concordando com a afirmação.

(5) A professora projeta um texto sobre uma concepção dos índios – para eles a dificuldade de ferver água no alto de uma montanha e a necessidade de tampar a panela para conseguir o cozimento melhor da caça se deve aos maus espíritos que residem nas regiões montanhosas. Pergunta aos alunos o que entenderam do texto e muitos respondem ao mesmo tempo.

(6) Depois de escutar alguns alunos, a professora projeta um outro texto com a explicação que a física dá para a carne ser mais facilmente cozida em uma panela fechada quando está no alto de uma montanha, baseada na menor pressão atmosférica Na leitura desse texto a professora acrescenta explicações verbais um *pouco mais detalhadas e não é interrompida por nenhum aluno.*

(7) Em seguida, a professora pergunta aos alunos se a necessidade dos índios cozerem a carne em panela fechada e no alto das montanhas se justificava. Os alunos concordam, mas dizem que a explicação era errada. A professora quer saber se eles já ouviram, ou se acreditam, que alguma magia, ou explicação associada à magia, pode ser verdadeira. A maioria nega, mas alguns defendem que existem idéias verdadeiras, mesmo não científicas e dão como exemplos o horóscopo e as simpatias.

(8) A professora pergunta se o inverso pode ser verdade, isto é, se idéias científicas podem ser falsas. Nenhum aluno concorda com essa afirmação.

(9) A professora pergunta se eles acham que os conceitos físicos são produzidos prontos e acabados; se eles já ouviram falar, por exemplo, na teoria geocêntrica segundo a qual a Terra era considerada o centro do Universo. Os alunos parecem inseguros. Um aluno instigado pela professora afirma que ninguém mais acredita nessa teoria, pois todos sabem que a Terra gira ao redor do Sol.

(10) A professora concorda com a afirmação do aluno e pergunta se eles sabem que a teoria geocêntrica foi aceita como verdadeira por cerca de 1500 anos, defendida durante todo esse tempo por praticamente todos os cientistas.

(11) A professora pede para os alunos lerem o texto das páginas 9, 10, 11 e 12 do livro. Como a maioria dos alunos não tem livro, eles acabam lendo em duplas. Apesar disso, a leitura é feita em silêncio.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

(12) Quando os alunos pareciam já ter terminado a leitura, pergunta se alguém conhecia a história de Antonio Conselheiro citada no texto. Um aluno lembra do nome associado a alguma guerra brasileira. Mas a maioria dos alunos parece não associar esse nome a nada. A professora conta rapidamente a história e fala um pouco sobre as profecias de Antonio Conselheiro. Pergunta aos alunos se eles conhecem Nostradamus e nota que ele é mais conhecido que Antonio Conselheiro. Dois alunos contam que leram a respeito dele. A professora afirma que a história relata o fato de que Nostradamus, mesmo tendo vivido muito antes de um avião ou um tanque de guerra, previu a futura existência deles ao escrever sobre lagartos que atiram fogo e homens que voam.

(13) A professora lê para os alunos três diferenças entre profecias e previsões científicas. Os alunos dispersam a atenção durante a leitura, mas parecem retomar a atenção quando a professora volta a falar.

(14) A professora apresenta para os alunos as idéias de método científico e de comunidade científica, diz que a física é uma construção humana, que erros são inevitáveis, mas que as afirmações da física são testadas e avaliadas por membros da comunidade científica.

(15) Depois a professora expõe brevemente seis diferentes áreas de atuação da física (mecânica clássica, termodinâmica, eletromagnetismo, relatividade especial, mecânica quântica e relatividade geral) sem qualquer participação dos alunos.

Atividade 1A- Diário de aula 1

A atividade desenvolveu-se de maneira proveitosa. No início os alunos pareceram ficar um pouco inseguros em relação a filmagem das aulas, na verdade, até mesmo eu fiquei, mas acabamos esquecendo da filmadora durante a aula.

Acostumada a discutir fórmulas e exercícios, sempre me senti insegura em discutir temas teóricos em sala de aula, mas, na minha opinião, os alunos participaram com muito interesse, ao contrário do que eu esperava. Foi muito difícil falar sobre assuntos históricos, como o de Antonio Conselheiro, mas os alunos contribuíram bastante, perguntando ou mesmo prestando atenção ao que era falado. Para discutir as diferenças entre profecias e previsões científicas, preferi ler o livro, mesmo percebendo nitidamente que os alunos se desinteressaram nesse momento. A exposição final, sobre método científico, comunidade científica e áreas de atuação da física, também não se desenvolveu como havia planejado. Na minha opinião, isso foi resultado da minha insegurança em relação ao conteúdo do livro que eu queria seguir rigorosamente, mas não me senti segura o suficiente.

Pelo que os alunos comentaram comigo ou entre eles, no final da aula, deduzi que gostaram da atividade.

Atividade 1B- Terceira aula

(1) A professora entra na sala, deixa os alunos sentados a vontade, e pergunta se eles se lembram do que foi falado na última aula. Muitos alunos lembram e falam da história dos índios, de Nostradamus e da Terra como centro do Universo.

(2) A professora pergunta onde a física aparece atualmente, no dia-a-dia. Poucos respondem, um fala do plasma, quarto estado da matéria, de foguetes e outros lembram das fórmulas da cinemática. Então a professora enumera algumas aplicações tecnológicas da física (geração de energia, motores dos veículos, telecomunicações, equipamentos de medicina).

(3) Alguns alunos ampliam os exemplos dados pela professora, citam a televisão, os aparelhos de CD e DVD, os telefones celulares. Alguns perguntam sobre o funcionamento desses equipamentos, mas a professora diz não poder entrar em detalhes com eles agora, pois estavam no início do curso de física e havia muito a aprender antes.

(4) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 1B- Diário de aula 2

Os alunos lembraram de vários assuntos discutidos na aula anterior, o que me parece muito bom. No entanto, me surpreende a dificuldade dos alunos em associarem a física com algo atual, como a explicação do funcionamento de uma televisão, da geração de eletricidade, ou dos motores de um automóvel, por exemplo. Eles associaram a física somente a contas, fórmulas ou assuntos estranhos. Também não quis entrar em detalhes sobre o funcionamento dos aparelhos, pois fiquei com medo de errar. Sei que decepcionei alguns alunos, mas não se consegue ser a super professora... Os alunos continuam participando bastante.

Atividade 1C- Quarta e quinta aula

(1) A professora pede aos alunos que se dividam em grupos. Avisa que os grupos serão sempre os mesmos até o final do bimestre. Depois de algum tumulto – alguns grupos são formados pela própria professora – a divisão em grupos é concluída.

(2) A professora distribui a *tarefa final 1* e pede que os alunos discutam as questões e respondam numa folha única para todo o grupo.

(3) Os alunos parecem bastante a vontade e animados para a realização da *tarefa final 1*. Os alunos dos grupos parecem estar participando e discutindo. Apenas os grupos formados pela professora, aparentam certa dificuldade para se comunicarem e dividem as perguntas para que cada um as responda sem precisar discutir com os colegas. A professora pede para que eles discutam as perguntas entre todos e depois as respondam.

(4) Alguns alunos pedem o auxílio da professora para entender e responder as questões. A professora dá dicas em relação ao entendimento do texto e avisa a sala que se há alguma palavra que eles não entendem, que procurem responder a partir do que sabem. Apesar desse aviso resolve explicar o significado da expressão "dispersão da luz branca" e da frase "É a teoria que decide o que deve ser observado".

(5) A professora passa a maior parte da aula com os grupos, mas a aula termina sem que eles tenham respondido a todas as questões. A professora recolhe a *tarefa final 1* parra que eles terminem na aula seguinte.

Atividade 1C- Diário de aula 3

Os alunos ainda participam bastante animados, mesmo em grupos. Participei da discussão em vários grupos durante a aula e observei os alunos expondo e defendendo suas opiniões. Tiveram dificuldades com a palavra dispersão, e com a citação de Einstein; vários alunos pediram explicações adicionais.

Tive problemas com dois grupos que não se conheciam e não se formaram espontaneamente. Os alunos mostravam-se tímidos, não conversavam. Tentei

incentivar a discussão das questões, pois haviam feito uma divisão entre as questões, com cada um respondendo isoladamente apenas uma delas.

Os grupos não conseguiram terminar a tarefa até o final da aula.

Atividade 1D- Sexta aula

(1) A professora pede aos alunos que se dividam nos grupos e terminem a *tarefa final 1*.

(2) Conforme os grupos acabam a tarefa, a professora entrega o *diário de aprendizagem a*os alunos *1* para que façam individualmente.

(3) A aula termina sem maiores destaques. Alguns grupos ainda não respondem a todas as questões.

Atividade 1D- Diário de aula 4

Os alunos superaram minhas expectativas quanto à realização das atividades. Discutiram, perguntaram uns aos outros; alguns grupos foram além do tempo previsto. Quanto ao diário de aprendizagem, tiveram dificuldade para a questão 8, muitos vieram me perguntar do que tratava aquela questão. Achei que a discussão dessa questão pode ter sido um passo muito grande para eles naquele momento, por isso dei mais detalhes para vários deles.

Atividade 1- Destaques sobre respostas na tarefa final 1 e diário de aprendizagem 1

As respostas da *tarefa final 1* indicam que os alunos sentiram grande dificuldade em escrever sobre as diferenças entre previsão científica e profecias.

Dos cinco grupos da sala, dois deram respostas razoavelmente bem fundamentadas, um deu as respostas corretas, mas muito semelhantes ao conteúdo e às frases do livro e dois apresentaram respostas muito sucintas, o que até dificultou maiores interpretações da resposta.

Quatorze dos vinte alunos presentes responderam e devolveram *diário de aprendizagem 1.* Desses, doze se conheciam de outra escola, e onze formaram grupos com quem se conheciam, apenas dois relatam não conhecerem previamente nenhum dos outros alunos, mas ninguém afirma estar insatisfeito no grupo em que trabalha. Treze alunos afirmam que aprenderam mais com a discussão em sala de aula, com todos os alunos participando. Em linhas gerais os alunos gostaram mais da atividade sem a divisão em grupos, com a sala toda, mas também gostaram da atividade em grupo. Muitos destacaram a validade dessa atividade para eles se conhecerem e trocarem idéias.

Atividade 2: *Leitura e discussão de textos de divulgação científica*

Atividade 2A- Primeira e segunda aula

(1) A professora pede que cada grupo meça o comprimento da sala com os pés.

(2) Os grupos querem saber qual pé usar, de que aluno, e questionam a validade das medidas, pois elas seriam diferentes. Feitas as medidas, a professora escreve na lousa a medida encontrada em cada grupo e discute o porquê dos valores diferentes. Professora e alunos concordam que a diferença dos valores se deve à falta de uniformidade na forma de medir o comprimento da sala (alguns

alunos tiraram o sapato, outros não, uns mediram a sala com a extensão maior do pé, outros com a menor) e, claro, porque os pés têm comprimentos diferentes.

(3) Ao final da atividade, a professora conta aos alunos que utilizar partes do corpo como unidade de medida é uma prática antiga, cuja história eles iriam ler naquela aula.

(4) Os alunos, ainda em grupos, recebem o texto da professora que pede para que o leiam em silêncio. A leitura transcorre sem maiores tumultos ou diálogos paralelos. Alguns grupos chamam a professora para perguntar sobre o significado de palavras do texto. Comentários dos alunos durante a leitura mostram um interesse acentuado pelos desenhos e figuras do texto.

(5) Após a leitura a professora pergunta aos alunos o que eles entenderam; muitos querem expor sua opinião e então, ela divide o texto em pequenos trechos e pede que alguns alunos, escolhidos aleatoriamente, façam um resumo verbal de cada uma dessas partes, o que foi feito por oito alunos.

(6) A professora quer saber se há dúvidas em relação ao texto. Os alunos perguntam se aquelas informações eram verdadeiras. A professora responde afirmativamente. Um aluno pergunta sobre quanto valia um acre. A professora diz não saber, mas que iria procurar a resposta para outra aula.

(7) A professora pergunta o que os alunos mais gostaram do texto. Os alunos indicam, rindo, as curiosidades apresentadas no texto, como a medida padrão feita pelo pé do rei, e a idéia "simples: medir a distância do equador ao pólo norte, através do meridiano que passa por Paris" para encontrar o metro padrão. Alguns acharam interessantes as figuras sobre as medidas do palmo e da jarda.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

(8) A professora fala da importância do Sistema Internacional de Unidades, adotado oficialmente no Brasil e promete ensinar aos alunos na próxima aula regras de conversão para o Sistema Internacional de Unidades.

Atividade 2A- Diário de aula 5

Todos os alunos participaram do "medir a sala com os pés", foi muito interessante observar a discussão entre eles sobre como fazer essa medida (alguns mediram a sala com os pés lado a lado, nunca teria pensado nisso). A leitura também ocorreu bem, depois de conseguir sossegar a classe, pois estavam muito agitados com a atividade inicial. Mas, acho que o interesse pela história de medidas com o corpo humano valeu o esforço: leram em silêncio e apresentaram suas idéias após a leitura!

Atividade 2B- Terceira aula

(1) A professora inicia a aula escrevendo na lousa uma tabela com as sete unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidade. Pede para que os alunos copiem e explica cada uma delas. A professora expõe as regras para obtenção de múltiplos e submúltiplos das unidades de comprimento, área, volume, massa e tempo utilizando prefixos e potências. Após a explicação a professora faz um exercício-exemplo de cada regra. Os alunos não participam muito, permanecem em silêncio.

(2) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 2B- Diário de aula 6

A aula foi um tanto cansativa. O uso da potência de dez para explicar a conversão das unidades parece ser bastante difícil para os alunos, mas é necessário

falar disso agora, para evitar problemas futuros. Talvez seja necessária uma revisão prévia...

Atividade 2C- Quarta e quinta aula

(1) A professora entrega aos grupos a *tarefa final 2*. O material para responder a terceira questão da tarefa está na mesa do professor.

(2) Os alunos começam a responder a *tarefa final 2*. Questionam a segunda pergunta, pois não haviam discutido o assunto em aula. A professora diz para responderem a partir do que entenderam do texto. A atividade para encontrar as medidas características dos produtos (seus valores nominais) gerou algumas dúvidas, que eram dirimidas pela professora nos grupos. Os alunos parecem ter dificuldade também na solução da quarta questão, e priorizam essa discussão entre grupos.

(3) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 2C- Diário de aula 7

Os alunos movimentaram-se bastante durante a aula, seja para realizar a atividade sobre as medidas características dos produtos, seja para perguntar acerca da questão dois, que não entenderam. Alguns alunos reclamaram o fato das medidas características dos produtos serem sempre as mesmas.

Interessante, os alunos preferiram perguntar entre si sobre as conversões e potências de dez, da quarta questão. Definitivamente eles não gostaram da minha aula anterior!

Atividade 2D- Sexta aula

(1) A professora entrega o *diário de aprendizagem 2*, para ser respondido individualmente. Os alunos reclamam da dificuldade em responder a questão da

transformação de unidades. A professora faz uma revisão de potência de dez e prefixos. Durante a revisão, alguns alunos se mostram muito atentos, outros ficam dispersivos e alguns outros terminam o diário sem prestar atenção na explicação.

(2) Em seguida os alunos retomam ao *diário de aprendizagem 2*, fazendo ainda algumas perguntas esporádicas para a professora.

(3) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 2D- Diário de aula 8

A dificuldade de trabalhar com prefixos e potência de dez continua. Decidi parar tudo e fazer uma revisão específica, a turma do fundo da sala parece não ter gostado muito, terminou o diário de aprendizagem de qualquer jeito e entregou sem a resolução da questão sete, mas muitos prestaram atenção e não tiveram tempo de terminar o questionário.

Atividade 2- Destaques sobre respostas na tarefa final 2 e diário de aprendizagem 2

Os cinco grupos responderam a *tarefa final 1* coerentes quanto às dificuldades para a medida da sala com os pés, apenas dois acertaram a resposta da segunda questão. Os outros três grupos não deram respostas coerentes para a pergunta feita. A terceira e a quarta questão foram respondidas por todos os grupos, na quarta questão, de transformação de unidades, apareceram erros semelhantes nos diferentes grupos.

As respostas dos quatorze diários *aprendizagem* informam que:

- Doze alunos já haviam estudado alguma unidade do Sistema Internacional, seus múltiplos e submúltiplos.

- Todos acharam a história lida interessante.
- Cinco alunos não haviam estudado prefixos e apenas um afirmou que, apesar de já ter aprendido potência de dez, nunca havia estudado notação científica.
- Quatro alunos erraram pelo menos, cinqüenta por cento da questão sete, só três questionários estavam completamente corretos.
- Seis alunos, entre eles os quatro que erraram pelo menos cinqüenta por cento das questões, afirmaram ter sido mais difícil responder ao questionário sozinho, sem os colegas para ajudar.
- Três alunos, entre eles, dois dos que acertaram todas as questões, disseram que foi mais fácil responder ao questionário sozinho, sem os colegas para atrapalhar.
- Os alunos consideraram a discussão da importância do Sistema Internacional de Unidades com a sala toda, o momento em que eles aprenderam mais.
- Doze alunos disseram ter aprendido melhor a transformação de unidades durante a explicação da professora.

Atividade 3: *Representação matemática de grandezas vetoriais*

Atividade 3A- Primeira e segunda aula

(1) A professora explica que a atividade será desenvolvida a partir de um questionário, respondido primeiro individualmente, depois nos grupos e, então, discutido com a professora. Distribui o questionário e pede para que os alunos resolvam individualmente, sem comentar suas respostas com os colegas.

(2) A maioria dos alunos demonstra muitas dúvidas, dizem nunca ter estudado nada daquilo. Perguntam para a professora, mas ela diz que só vai responder depois. Eles querem discutir com os colegas, mas a professora não deixa. Depois que todos terminam, a professora manda que formem os grupos e distribui outro questionário, igual ao anterior, pedindo agora para que eles discutam e entreguem um único questionário, do grupo.

(3) Os grupos começam a responder as questões, mas em alguns o trabalho é realizado por um ou dois membros, não pelo coletivo. A professora pede para que todos discutam, mas o trabalho coletivo dura pouco tempo. Em alguns grupos a discussão é intensa, quase não conseguem terminar a tarefa até o final da aula. Observam-se ainda discussões paralelas, entre alunos de grupos diferentes. Durante toda atividade os alunos fazem várias perguntas à professora, que, em geral, não as responde.

(4) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 3A- Diário de aula 9

De início os alunos não queriam responder o questionário. Depois, devido à minha insistência, começaram a responder, de qualquer jeito. Eles tinham mesmo muita dificuldade com aquelas questões, pois eram poucos os que já haviam estudado vetores. Em alguns grupos, os alunos que conheciam um pouco mais da matéria acabaram fazendo as questões sozinhos, pois os que tinham dúvidas, não queriam nem discutir. Em dois grupos, acho que por haver mais de um aluno que sabia a matéria, a discussão foi intensa e eles quase nem conseguiram terminar o questionário.

Atividade 3B- Terceira aula

(1) A professora pede aos alunos que formem os grupos. Devolve os questionários respondidos individualmente e em grupo. Comenta que as respostas dadas pelos alunos indicam que eles têm pouco conhecimento de grandezas vetoriais e que essa matéria seria discutida na próxima semana. Explica o objetivo do questionário – mostrar que algumas grandezas físicas necessitam mais do que um número e uma unidade para serem definidas. Durante a aula seriam dadas as respostas corretas do questionário para que os alunos pudessem refletir sobre o que responderam.

(2) A professora responde cada uma das questões, a partir da terceira; depois da explicação sempre pergunta se os alunos têm alguma dúvida.

(3) Os alunos não entendem a resposta da questão oito, acham que a velocidade dos dois carros é a mesma. A professora explica que elas têm o mesmo módulo, mas a direção e sentido são diferentes e as representam na lousa, resposta da questão nove. A questão quatorze também apresentou dificuldades. A professora explicou que somar massas e forças é diferente, lembrou da questão treze, em que *somar* significa *determinar a resultante* daquelas forças e na questão catorze as duas forças se anulam, pois atuam na mesma direção, mas em sentidos contrários.

(4) A aula terminou sem maiores destaques.

Atividade 3B- Diário de aula 10

Não foi a maioria, mas muitos alunos participaram bem da aula, questionando as resoluções, as respostas e até as perguntas! Alguns não participam, a minha impressão é que são os alunos que acham que não sabem nada

da matéria, e como a atividade se desenvolveu a partir do questionário, isso deve ter causado alguma desmotivação.

Atividade 3C- Quarta e quinta aula

(1) A professora apresenta a teoria relacionada à resolução dos questionários.

(2) Apresenta os conceitos de grandezas escalares e vetoriais, representação de vetores, vetor oposto, soma e subtração de vetores. Associa os exemplos dados às questões respondidas anteriormente. Os alunos, em geral, pareceram interessados, mas intervieram pouco, formularam algumas questões sobre a expressão matemática de vetores, a sua representação gráfica na subtração e sobre a determinação do módulo do vetor pela regra do polígono. A professora respondeu detalhadamente, com vários desenhos na lousa.

(3) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 3C- Diário de aula 11

Explicar vetores foi tranqüilo. Para mim é imprescindível que os alunos prestem atenção na construção gráfica e na diferença entre os vetores, na regra do polígono e do paralelogramo, mas eles geralmente não percebem qualquer diferença no início. Chamei várias vezes a atenção deles para isso, mas acho que poucos atentaram para a importância das regras vetoriais. A resolução do exercício 7 ajudou bastante. A resolução da questão 14, na qual comparamos a soma de grandezas escalares e vetoriais, parece ter cumprido seu objetivo de fazer o aluno perceber a diferença entre grandezas escalares e vetoriais.

Quanto à participação, pareceu-me uma aula equilibrada, isto é, alguns alunos prestando bastante atenção, outros nenhuma e ainda uma turma que se fixa à aula quando convocada, isto é, quando a professora - eu-, insisto que aquele exercício é muito importante.

Atividade 3D- Sexta aula

(1) A professora explica uma terceira maneira de se determinar a soma ou a subtração de vetores, por meio de eixos cartesianos. Ela define e desenha os versores representativos dos eixos cartesianos e mostra exemplos de como escrever qualquer vetor como expressão desses versores.

(2) Os alunos participam expondo sua resposta para a expressão de cada um dos vetores apresentados pela professora num gráfico quadriculado na lousa.

(3) A aula termina com a professora distribuindo o *diário de aprendizagem 3* para que os alunos entreguem na próxima aula.

Atividade 3D - Diário de aula 12

A aula desenvolveu-se bem. Todos os alunos, em geral, participaram e responderam aos exercícios propostos. Quando o exercício é fácil todos participam!

Atividade 3- Destaques sobre respostas na tarefa final 3 e diário de aprendizagem 3

Quanto à *tarefa final 3* individual, dos vinte e um questionários respondidos:

- Onze alunos afirmaram já terem estudado vetores e grandezas vetoriais, mas nenhum sabe quais características definem uma grandeza vetorial, nem sabem qual das grandezas indicadas na questão 4 são vetoriais.

- Três dos onze alunos que já haviam estudado as grandezas vetoriais e quatro dos que não haviam estudado conseguem representar corretamente o deslocamento na questão 7.

- Das questões 8, 9, 10 e 11 sobre representação de vetores, nenhum aluno responde corretamente a 8 oito e a 9. Apenas um aluno responde corretamente às questões 10 e 11.

- Todos respondem corretamente questão 12 – soma de grandezas escalares – e apenas nove acertam a questão 13, sobre a soma de grandezas vetoriais.

- Apenas dois alunos conseguem explicar a diferença entre somar grandezas escalares e vetoriais.

Quanto à *tarefa final 3* em grupo, dos cinco grupos formados:

- Todos conseguem representar corretamente o deslocamento do turista na questão 7.

- Nenhum grupo responde corretamente às questões 8 e 9, sobre representação de vetores. Apenas dois grupos respondem corretamente às questões 10 e 11.

- Todos respondem corretamente as questões 12 e 13, sobre a soma de grandezas escalares e vetoriais.

- Três grupos explicaram corretamente a diferença entre somar grandezas escalares e vetoriais.

Quanto ao *diário de aprendizagem 3*, dos quinze questionários respondidos:

- Nove são de alunos que haviam estudado vetores e grandezas vetoriais antes das atividades desenvolvidas.



- Dos alunos que já haviam estudado vetores, apenas dois conseguem apresentar corretamente as diferenças entre grandezas escalares e vetoriais. Dos seis alunos que não haviam estudado vetores, todos conseguem, ao menos, entender que as grandezas vetoriais têm direção e sentido.

- Quanto às questões 6, 7 e 8, sobre soma de grandezas vetoriais, apenas um dos alunos erram à questão 7, e outro aluno erra a questão 8, desconsiderando a definição discutida em sala de aula.

- Quatro alunos ainda têm alguma dificuldade para responder a questão nove, sobre representação de vetores.

- Oito alunos disseram que a resolução ficou mais fácil após a explicação da professora. Um disse que foi mais fácil a resolução porque teve mais tempo e menos gente dificultando a atenção. Para seis alunos ficou mais difícil por não ter os colegas ajudando.

- Treze questionários indicam que os alunos acharam que a aprendizagem, nessa atividade, foi mais fácil depois da explicação da professora – itens III e IV, da questão 11 – enquanto um questionário aponta para a atividade em grupo e outro para a individual.



Atividade 4: ***Resolução de problemas envolvendo grandezas vetoriais***

Atividade 4A- Primeira e segunda aula

(1) A professora leva um mapa da cidade para a sala e gruda na lousa. Diz aos alunos que eles deveriam olhar o mapa e localizar a sua casa, no mapa.

(2) Pergunta quem gostaria de participar. Vários alunos levantam a mão e a professora escolhe um.

(3) O aluno acha seu endereço no mapa com a ajuda da professora. Um colega é convidado a descobrir esse endereço no mapa a partir das orientações do primeiro. Os dois não conseguem se entender; o aluno mostra para o colega o seu endereço no mapa.

(4) A professora pede para os dois se sentarem e discute com a sala a dificuldade de comunicação que eles tiveram. Apresenta então um código para a leitura do mapa: faz um ponto para ser o zero, os quadrados do mapa seriam unidades e haveria a direção horizontal e vertical para encontrar os pontos.

(5) Chama outro aluno para que encontre seu endereço no mapa e dê as referências correspondentes para toda a sala. Foi mais facilmente compreendido.

(6) A professora discute a importância do referencial para a expressão de grandezas vetoriais, como a posição, que havia sido discutida com o mapa. Apresenta os eixos cartesianos e explica a conveniência do seu uso como referencial para a resolução de problemas com grandezas vetoriais.

(7) Pede para que se formem os grupos e distribui a *tarefa final 4*, que os alunos começam a fazer com muitas dúvidas.

unesp

(8) Na resolução da *tarefa final 4*, a professora percebe que alunos estão com muita dificuldade para terminar a atividade e decide recolher as tarefas e explicar a resolução de problemas com vetores.

(9) A professora promete aos alunos ensinar um procedimento auxiliar para a resolução daquelas questões; depois eles teriam de volta a atividade e a oportunidade de refazê-la.

Atividade 4A- Diário de aula 13

Os alunos começam muito bem a atividade. Muitos queriam participar da leitura do mapa e tentar encontrar o seu endereço. No entanto, a tarefa final 4 estava muito além do conhecimento deles. Dei-me conta disso durante a aula. Tive de parar, explicar e depois recomeçar!

Atividade 4(B,C e D)- Terceira, quarta, quinta e sexta aula

(1) Na terceira e na quarta aula a professora explicou as regras de decomposição de vetores por meio dos versores dos eixos das abscissas e das ordenadas e resolveu com os alunos questões semelhantes às da *tarefa final 4.*

(2) Os alunos participaram pouco da explicação da decomposição de vetores, fizeram poucas perguntas e reclamaram ser a matéria muito difícil.

(3) Na quinta e na sexta aula os alunos receberam a *tarefa final 4* e tiveram a oportunidade de resolvê-la novamente. A participação foi significativamente maior. Eles discutiram bastante e perguntavam também para a professora, mas houve grupos em que o trabalho coletivo não se efetivou, em que um respondeu pelo resto do grupo.

(4) O *diário de aprendizagem 4* foi respondido depois da aula.



Atividade 4(B, C e D)- Diários de aula 14, 15 e 16

Diário 14 *(aula 4B): Novamente a matemática é a vilã da minha aula! Os alunos odeiam o uso dos senos e os cossenos para determinar as componentes dos vetores. A turma participou pouco.*

Diário 15 *(aula 4C): Dei uma explicação detalhada, mas ainda assim a turma participou pouco, mas acho que deu para cumprir os meus objetivos, pois trabalharam com afinco para a realização da tarefa final, ainda com dificuldades... Mas já conseguiam discutir entre eles e entre os grupos. Ainda assim, auxiliei os grupos várias vezes. Tivemos de deixar parte da tarefa para a próxima aula.*

Diário 16 *(aula 4D): Terminaram a tarefa, com reclamação. Acharam alguns exercícios muito difíceis.*

Atividade 4- Destaques sobre respostas na tarefa final 4 e diário de aprendizagem 4

Quanto à *tarefa final 4*:

- Somente um dos grupos respondeu a primeira questão referindo-se à velocidade inicial de lançamento da pedra.
- Todos os grupos acertaram a segunda questão, sobre decomposição de vetores nos eixos cartesianos.
- Todos os grupos acertaram a terceira questão, sobre decomposição e soma de vetores nos eixos cartesianos, utilizando versores.

- Três grupos fizeram a decomposição correta para a resolução da quarta questão, mas nenhum deles somou adequadamente.

Quanto ao *diário de aprendizagem 4*, de certa forma repetiu-se o resultado da *tarefa final 4* pois, dos onze diários respondidos:

- Na primeira questão os alunos representaram corretamente a trajetória do projétil, mas não o vetor velocidade.

- Todos os alunos acertaram a decomposição de vetores da questão 2.

- Na questão 3 todos os alunos acertaram a representação dos vetores, mas dois alunos não souberam somar os vetores corretamente.

- Oito alunos acertaram representação dos vetores inclinados na questão 4, mas só dois alunos souberam somar os vetores corretamente, os outros erraram na determinação das componentes horizontais e verticais.

- Sete alunos disseram sentir falta da ajuda dos colegas na resolução do diário. Três acharam mais fácil a resolução porque já haviam aprendido durante a aula.

- Na última questão, sete alunos acharam difícil responder os exercícios 3 e 4.



Atividade 5: Atividades experimentais de demonstração e exposição de conceitos científicos fundamentais

Atividade 5A: Primeira e segunda aula

(1) A professora pede para os alunos se sentarem em círculo. Explica que vai apresentar alguns experimentos e pede para que prestem atenção porque o princípio do funcionamento deles tem a ver com o assunto daquele bimestre.

(2) Alguns alunos quiseram mexer em alguns experimentos, mas a professora não deixou.

(3) A professora mostra dois brinquedos: o *joão-teimoso* e a *tartaruga cambalhota* e pergunta se algum aluno conhecia um dos brinquedos. Muitos dizem conhecer o *joão-teimoso*.

(4) A professora pergunta aos alunos se seria possível virar o *joão-teimoso* de cabeça para baixo. A maioria diz que não e ela pede para que eles justifiquem a resposta.

(5) Em geral, os alunos dizem que o brinquedo foi feito com o objetivo de não tombar. Um dos alunos afirma que ele não tomba porque é mais pesado embaixo.

(6) A professora concorda com essa hipótese do aluno, abre o *joão-teimoso* e mostra aos alunos o contrapeso de chumbo que faz a parte de baixo do brinquedo mais pesada e passa o brinquedo para os alunos observarem.

(7) A professora afirma que a explicação da *tartaruga cambalhota* é parecida. Ela tem um contra-peso colocado em uma posição que, faz a tartaruga girar até uma posição de maior equilíbrio sempre que ela é colocada de cabeça para baixo.

(8) A professora apresenta outros dois experimentos, o *pássaro* e o *garfo equilibrista*. Pergunta se os alunos conheciam esses. Muitos alunos conheciam um

ou outro. Quando perguntados sobre o porquê para o equilíbrio, os alunos respondem como antes: é porque tem mais peso embaixo.

(9) A professora diz que essa resposta é aceitável, mas não está certa. Explica que o peso dos corpos – e desses brinquedos também – está localizado em um ponto chamado de centro de gravidade e que, neste caso esse ponto está fora do brinquedo. No passarinho, o centro de gravidade fica abaixo do ponto de apoio – o bico do passarinho – por causa dos contrapesos colocados na extremidade das asinhas. O mesmo acontece com o *garfo equilibrista,* mas nesse caso não houve necessidade de contrapeso, a forma como eles estão espetados na rolha possibilita a localização do centro de gravidade embaixo do ponto de apoio do brinquedo. Explica que, quando o centro de gravidade fica abaixo do ponto de sustentação de qualquer corpo apoiado, como esses brinquedos, a força peso e a reação normal do apoio criam um binário de forças que faz o conjunto girar sempre no sentido de manter o equilíbrio inicial. A professora vai à lousa e faz alguns desenhos no quadro, indicando as forças das quais havia falado.

(10) A professora apresenta outro experimento, a *roda que não roda.* Segura a roda sobre uma rampa inclinada e pergunta se ela vai descer e rodar se for solta. Os alunos parecem concordar. A professora solta a roda que, ao contrário do previsto pelos alunos, não rola pela rampa.

(11) A professora quer saber por que isso acontece. Os alunos dão alguns palpites – a professora teria colado a roda na rampa com velcro, por exemplo.

(12) A professora mostra que não há qualquer tipo de cola ou velcro sob a roda. Explica que aquela roda é diferente porque é uma espécie de *joão teimoso.* Abre a roda e mostra o contra-peso que desloca o seu centro de gravidade do centro geométrico, o que não acontece com as rodas comuns. Ela coloca a roda em

diferentes posições e mostra que ela sempre tende a ficar em uma determinada posição, para cada inclinação da rampa. Mas há um limite para essa inclinação – ultrapassado a roda desce a rampa rodando ou escorregando.

(13) Depois de cada explicação a professora passa o brinquedo a todos os alunos. Depois que todos interagem com o brinquedo e ele é devolvido, ela sintetiza as explicações dadas adequando-as ao nível de conhecimento em física que eles têm e complementando o que foi possível.

(14) A professora começa a apresentação das leis de Newton, tendo como ponto de partida o significado de força resultante, força peso, força normal e centro de gravidade. É uma apresentação expositiva, quase sem participação dos alunos, no entanto eles parecem bastante atentos.

(15) A aula termina sem maiores destaques.

Atividade 5A- Diário de aula 17

As aulas com demonstrações sempre me deixam tensa, com medo de que algo não funcione. Nessa correu tudo bem, até a roda que não roda, não rodou. Os alunos adoraram, participaram, falaram, perguntaram, deram opiniões, a aula foi muito boa! Durante a explicação das leis de Newton eles estavam mais quietos, mas prestando atenção.

Atividade 5B: Terceira aula

(1) A professora forma os grupos e pergunta se eles estão lembrados da discussão sobre centro de gravidade da aula anterior. Alguns alunos lembram que centro de gravidade tinha relação com a posição da força peso. A professora

concorda com a resposta e diz que naquela aula os grupos iriam determinar o centro de gravidade de algumas figuras geométricas de papel cartão.

(2) A professora distribui o material: cola, tesoura, pedaço de barbante e diferentes figuras recortadas em papel cartão. Explica para os alunos como eles deveriam determinar o centro de gravidade das figuras: pendurando-as por pontos de sustentação diferentes e traçando a linha de ação da força peso, na direção vertical.

(3) Os alunos iniciam a atividade bastante agitados, com algumas dúvidas que a professora vai resolvendo nos grupos e, no final, parecem ter ficado bastante interessados na localização do centro de gravidade de algumas figuras, como o de um anel ou de um L. O fato de figuras de cada grupo serem diferentes estimulou a comparação das posições dos centros de gravidade obtidos.

(4) A professora deixa os brinquedos apresentados na aula anterior sobre a mesa e depois da atividade a maioria dos grupos vai conferir se a posição do centro de gravidade corresponde ao que foi dito na explicação dada naquela aula.

(5) No final, a professora apresenta para todos os alunos o resultado da determinação do centro de gravidade de cada grupo. Mostra também que se apoiarmos a figura horizontalmente no centro de gravidade ela fica em equilíbrio. Comenta também que algumas podem não ficar equilibradas exatamente na posição determinada por falta de precisão na determinação do centro de gravidade. E que muitas vezes essa verificação é impossível porque centro de gravidade está fora da figura.

(6) A aula termina sem maiores destaques.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Atividade 5B- Diário de aula 18

Aula agitada. Alguns alunos fazem a experiência, alguns com dúvidas sobre a montagem, outros querendo mostrar o resultado. Mas, no final, eles conseguiram obter e mostrar a posição do centro de gravidade das diferentes figuras geométricas; também puderam observar que é possível sustentar o peso do corpo apoiando-o inteiramente sobre o seu centro de gravidade. Na minha opinião, a aula foi muito proveitosa e mais, todos participaram.

Atividade 5C: Quarta e quinta aula

(1) A professora distribui a *tarefa final 5* para os grupos que a realizam com os experimentos de demonstração deixados sobre a mesa.

(2) A aula termina sem maiores detalhes perceptíveis.

Atividade 5C- Diário de aula 19

Os grupos fazem a tarefa 5 com muita atenção, pegam o equipamento, discutem, perguntam entre si e para mim. Quase não dá tempo de todos os grupos terminarem.

Atividade 5D: Sexta aula

(1) A professora pergunta se alguém tinha brincado ou visto alguém brincar em uma gangorra. Pede que imaginem uma gangorra com duas crianças.

(2) Pergunta o que acontece se uma das crianças for mais pesada que a outra. Os alunos respondem que a outra ficará sempre no alto.

(3) Pergunta se alguma coisa pode ser feita para que a gangorra, com essas crianças, fique em equilíbrio. Um aluno responde que a criança mais gordinha poderia ficar mais próxima do meio da gangorra.

(4) A professora pergunta se os outros concordam e pede que justifiquem a afirmação. Os alunos parecem concordar, mas não sabem justificar.

(5) A professora apresenta, em linhas gerais, as condições de equilíbrio de um corpo extenso. Explica o momento de uma força, grandeza que associa força e distância da força a um ponto e tende a provocar rotação. Mostra que na gangorra, se as duas crianças tiverem o mesmo peso, elas devem estar à mesma distância do eixo de rotação da gangorra para que haja equilíbrio, pois o momento do peso de uma criança tende a provocar a rotação da gangorra no sentido horário enquanto o momento do peso da outra criança tende a provocar rotação no sentido anti-horário. Como as forças e as distâncias são iguais esses momentos se equilibram a gangorra se mantém em equilíbrio. Se as crianças têm pesos diferentes, a de maior peso deve estar a uma distância menor do eixo de rotação, assim o momento do peso dessa criança pode equivaler-se ao momento do peso da outra criança que pesa menos, mas está a distância maior do eixo de rotação. Enquanto explica, a professora representa as grandezas na lousa. Os alunos parecem atentos, completando frases ou perguntas da professora.

(6) A professora termina e avisa que vai continuar o assunto na próxima aula.

Atividade 5D- Diário de aula 20

A aula correu bem. Os alunos não participaram tanto quanto nas aulas experimentais, mas a maioria pareceu estar atenta.

Atividade 5E: *Sétima e oitava aula*

(1) A professora inicia a aula lembrando a anterior, das crianças na gangorra. Diz que nessa aula vai discutir momento de uma força, equilíbrio do ponto material e

do corpo extenso, para poder explicar o equilíbrio dos brinquedos, da gangorra e da roda que não rola.

(2) A aula é bastante formal. A professora diferencia ponto material de corpo extenso com exemplos do cotidiano: um carro, em uma viagem RJ-SP pode ser considerado um ponto material, pois o seu comprimento é desprezível para o cálculo de sua velocidade média nesse percurso, por exemplo. Mas se consideramos um carro tentando estacionar numa pequena vaga de um estacionamento, teremos que considerá-lo um corpo extenso. Os alunos estão atentos, respondem às perguntas da professora, mas não fazem nenhum questionamento a mais.

(3) A professora explica que o estudo do equilíbrio do corpo é extenso diferente do estudo do ponto material, pois um ponto material não tem movimento de rotação e um corpo extenso, sim. Ela faz um ponto e desenha um corpo extenso na lousa, indicando forças e possibilidade de rotação do corpo extenso. Expõe as condições de equilíbrio para o ponto material e para o corpo extenso.

(4) A professora discute com os alunos alguns exercícios simples de determinação de tração em fios, momento de uma força e força para o equilíbrio de um corpo extenso rígido. Nessa fase da aula primeiro é feito um exercício modelo com os alunos e depois os alunos têm um tempo para tentar resolver outro exercício parecido. Em linhas gerais, os alunos participam da resolução do exercício modelo, mas parecem ter muitas dúvidas na resolução dos outros.

Atividade 5E- Diário de aula 21

A aula iniciou com uma participação grande dos alunos, apesar de ser uma aula expositiva eles procuravam responder às questões sobre a diferença entre ponto material e corpo extenso, referencial, força necessária para o equilíbrio de um

ponto material etc. Mas, no final, quando iniciei os exercícios com os senos, cossenos e os desenhos para a determinação do momento, eles começaram a ter muita dificuldade e alguns pareciam desistir de aprender, deixando de prestar atenção.

Atividade 5F: *Nona aula*

(1) A professora apresenta novamente os brinquedos equilibristas: o joão-teimoso, a tartaruga cambalhota, o pássaro e o garfo equilibrista e a roda que não roda. Desenha-os na lousa e explica o funcionamento deles utilizando os conceitos de centro de gravidade, momento e equilíbrio de corpo extenso.

(2) Os alunos parecem atentos, perguntam sobre a possibilidade de outros brinquedos com o mesmo equilíbrio, como calcular, matematicamente a posição do centro de gravidade dos brinquedos e pedem para a professora explicar a gangorra. A professora responde às questões sem muitos detalhes, afirma que outros brinquedos desse tipo poderiam ser feitos e explica que para se calcular matematicamente o centro de gravidade é necessário conhecer mais sobre a distribuição da massa do brinquedo e desenha e explica novamente a gangorra.

(3) A aula termina com a distribuição do *diário de aprendizagem 5* para entrega na próxima aula.

Atividade 5F- Diário de aula 22

Os alunos parecem ter gostado de rever os brinquedos e discutir sobre eles agora, com o que tinham aprendido de novo. O ruim, para mim, como professora, foi ter de responder algumas perguntas agora mais específicas – um aluno, por exemplo, me perguntou sobre outros brinquedos que seguissem a mesma

propriedade. Eu não sabia, pode existir, mas eu não conheço, respondi. E também queriam saber como calcular matematicamente o centro de gravidade do passarinho equilibrista. Também não sabia, e respondi genericamente. Às vezes acho que isso decepciona os alunos, mas minha experiência docente tem demonstrado que ser franca, apesar de poder significar uma perda de saber científico para o aluno, ganha-se um amigo que sabe que você é humana, com falhas e defeitos, mas confiável. É verdade que quando possível tento responder as perguntas extras, mas nesse caso, achei que seria uma resposta muito trabalhosa, que ele não conseguiria entender e por isso, respondi apenas de forma geral.

Atividade 5- Destaques sobre respostas na tarefa final 5 e diário de aprendizagem 5

Quanto à *tarefa final 5*, dos cinco grupos formados:

- Quando questionados sobre quais os objetos que foram utilizados para determinação do centro de gravidade, todos os grupos desenharam o anel e o formato da letra L. Outros desenhos surgiram, com menor freqüência, como o quadrado, o círculo e figuras de forma aleatória. Todos indicaram, de maneira aproximada, a correta localização do centro de gravidade. Um grupo esquematizou o *pássaro equilibrista*, outro o *garfo equilibrista* e dois desenharam um *joão-teimoso*.

- Os grupos desenharam principalmente o *joão-teimoso* (cinco grupos) e o *pássaro equilibrista* (quatro), mas alguns desenharam também o *garfo equilibrista* (dois) e a *tartaruga cambalhota* (dois). Os desenhos indicam que os alunos compreenderam a idéia de

centro de gravidade, pois todos acertaram a representação da força peso no *joão-teimoso* e na *tartaruga cambalhota.* Mas no *pássaro* e no *garfo equilibrista,* em que o centro de gravidade fica fora do objeto, um dos grupos errou a sua localização. A força normal não foi representada em nenhum dos desenhos.

- As respostas da questão 4, sobre a explicação para o fenômeno do equilíbrio, foram superficiais em todos os grupos.

Quanto ao *diário de aprendizagem 5*, dos oito questionários respondidos:

- Quatro alunos desenharam o anel e cinco, o L. Outros desenhos também foram representados, mas com menor freqüência. Todos indicam, de maneira aproximada, a correta localização do centro de gravidade.

- Os alunos, assim como os grupos, também desenharam principalmente o *joão-teimoso* (oito alunos) e a *tartaruga cambalhota* (seis), mas se lembraram do *pássaro equilibrista* (quatro) e do *garfo equilibrista* (dois). Novamente os desenhos indicam que os alunos compreenderam a idéia de centro de gravidade, pois a maioria acertou a representação da força peso. A força normal foi representada em todos os desenhos.

- Para a questão 4, sobre a explicação para o fenômeno do equilíbrio, seis alunos a responderam genericamente, mas dois alunos apresentaram uma resposta completa, de acordo com o que foi discutido em sala de aula.

- Seis alunos consideraram mais fácil a resolução em grupo e dois acharam difícil responder sem o auxílio dos colegas.



- Cinco alunos consideraram mais fácil a aprendizagem mediante a demonstração dos objetos equilibristas e três alunos valorizaram mais a atividade experimental de determinação do centro de gravidade dos objetos.

ANEXO 3-

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS AOS ALUNOS

Atividade 1: Análise e discussão de textos didáticos

A) A Tarefa Final 1

a) Você acha que afirmar que o arco-íris se deve à dispersão da luz branca é uma explicação científica? Qual a diferença entre essa explicação e a afirmação de que ele é um sinal divino?

b) Dê pelo menos três diferenças entre uma previsão científica e uma profecia.

c) Você acha que só as previsões científicas merecem crédito? Por quê?

d) Que aspectos do trabalho de Gilbert, Kepler e Galileu contribuíram para tornar a física uma ciência?

e) Comente a frase de Einstein: "É a teoria que decide o que deve ser observado"

f) O que é uma comunidade científica?

g) A física pode afirmar que existem discos voadores? E vida extraterrestre?

h) O que é física?

B) Diário de Aprendizagem 1

1- Em relação aos outros integrantes do seu grupo, você já conhecia algum dos integrantes? Se a resposta for afirmativa, escreva o nome do integrante que você já conhecia e entre parênteses da onde você o conhecia (Ex.: Sim. Isabel (escola)):

_____

2- Você ficou satisfeito com o grupo no qual você está incluído? Justifique.

_____

3- E em relação a sua sala de aula do Ensino Médio? Você já conhecia algum(s) colega(s)? Da onde (escreva entre parênteses)?

_____

4- Liste, em ordem de prioridade, os momentos da A*tividade 1* que você achou que aprendeu mais:

( ) durante a leitura do texto sozinho

( ) durante a discussão em sala de aula, com todos os alunos participando

( ) durante a discussão com o grupo menor, respondendo às questões

( ) _____

5- Você se considera um aluno inibido para o trabalho em grupo, quando tem que expor suas idéias para os outros colegas?_____

6- Escreva o que você achou da atividade 1. Dê sugestões sobre o que você esperava e não aconteceu, critique, exponha se achou legal e o quê achou legal,...

7- Do ponto de vista de conhecimento da Física, escreva sucintamente qual (is) os principais objetivos desta aula e/ou deste capítulo do livro.



8- Um antigo livro de física francês - *Cours de Physique*, de A. Ganot, editado em 1887 pela Librairie Hachette, de Paris, apresenta na página 24 um trecho que foi assim traduzido[13]:

"*Éter - Os antigos filósofos atomistas completavam o seu sistema sobre a constituição da matéria supondo que os átomos estivessem em estado de contínuo movimento e que estivessem separados uns dos outros por espaços absolutamente vazios. os físicos atuais, embora adotem a primeira hipótese, rejeitam esta última.*

Os intervalos ou poros moleculares não são vazios: eles estão preenchidos por um meio sutil, infinitamente mais tênue que os gases mais leves, absolutamente inerte e perfeitamente elástico, que chamamos éter. Esse novo corpo, que constitui uma espécie de quarto estado físico da matéria, penetra intimamente, embebe de alguma forma todos os outros corpos, sólidos, líquidos ou gasosos. Eles não se encontra apenas na vizinhança da Terra, como a atmosfera presa pelo seu peso; ele preenche tanto os espaços intermoleculares e serve de intermédio universal entre todos os constituintes do universo. Não é possível tocá-lo, nem vê-lo, nem percebê-lo diretamente com o auxílio dos sentidos; mas é impossível, no estágio atual da ciência, deixar de admitir sua existência".

Procure saber e responda:

a) Que fim levou o éter? Por que não se fala mais nesse extraordinário corpo?

_____

b) Do ponto de vista da física atual, quem estava certo: os antigos filósofos atomistas ou os físicos do final do século XIX - os "físicos atuais" a que se refere o autor?

_____

c) Você acha que a frase final do texto poderia ser aplicada hoje em dia para outros conceitos científicos? Justifique.

_____

[13] GASPAR, Alberto. Física Mecânica, editora Ática, vol 1, pp 21

Atividade 2: Leitura e Discussão de textos de divulgação científica

A) Tarefa Final 2

1- Qual foi a maior dificuldade para a medida da sala com os pés? E a facilidade?

2- Desde 1792, quanto a Academia Francesa de Ciências ressuscitou as idéias de Gabriel Mouton para a determinação de uma medida padrão para o metro, quantos anos foram decorridos até que isso fosse estabelecido? (atualmente o metro padrão é determinado por medidas mais precisas). Liste, na sua opinião, alguns motivos para a demora no estabelecimento deste padrão.

3- Sobre a mesa da professora existem vários produtos, com uma ou mais medidas informativas das suas características. Escolha 10 medidas, dentre esse conjunto, e transforme-as em unidades do SI. Descreva o procedimento adotado, anotando numa tabela o seguinte:

NOME DO PRODUTO

GRANDEZA ESCOLHIDA

UNIDADE CARACTERÍSTICA NA EMBALAGEM

UNIDADE DO SISTEMA INTERNACIONAL

4- Escreva as seguintes unidades, em notação científica e em unidades do SI:

a) 2×10^4km = _____

b) 3h = _____

c) 200mm= _____

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

d) 0,25min= _____

e) 400g = _____

f) 4 pm = _____

g) 50 Gm = _____

B) Diário de Aprendizagem 2

1- Você já havia estudado alguma unidade do S I? Cite qual (is).

_____

2- Você já conhecia a história sobre o SI e/ou sobre sistema de unidades? Achou interessante a história lida? O que mais te chamou a atenção?

_____

_____

3- Você já havia estudado transformação de unidades? Cite qual(is).

_____

4- Você já havia estudado os prefixos? Cite qual(is).

_____

5- Você já havia estudado potência de dez? E Notação Científica? Teve dificuldade na resolução dos problemas propostos na Tarefa Final?

_____

6- Escolha 10 medidas presentes em embalagens de produtos de supermercado, e transforme-as em unidades do SI, como feito em sala de aula Descreva o procedimento adotado, anotando numa tabela o seguinte:

NOME DO PRODUTO

GRANDEZA ESCOLHIDA

UNIDADE CARACTERÍSTICA NA EMBALAGEM

UNIDADE DO SISTEMA INTERNACIONAL

7- Escreva as seguintes unidades, em notação científica e em unidades do SI:

a) 2×10^{-4}km = _____

b) 0,3h = _____

c) 0,02mm= _____

d) 24min= _____

e) 100g = _____

f) 4 Gm = _____

g) 0,4 Gm = _____

8- Quanto ao exercício que acabou de responder sozinho:

( ) foi mais fácil que a resolução em grupo, porque já havia aprendido durante a atividade em sala de aula

( ) foi mais fácil, pois tive mais tempo para resolvê-lo e menos gente dificultando minha atenção

( ) foi mais difícil, pois não tive os colegas para me ajudar

9- A Atividade 2 poderia ter sido dividida em dois momentos:

I- A discussão sobre a importância do Sistema Internacional de Unidades

II- A discussão sobre as regras para transformar unidades em unidades do SI

Qual das atividades você considerou de mais fácil aprendizagem?_____

10- Quanto ao momento I (A discussão sobre a importância do Sistema Internacional de Unidades), liste, em ordem de prioridade, quando você considera que aprendeu mais:

( ) durante a leitura do texto sozinho

( ) durante a discussão em sala de aula, com todos os alunos participando

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

( ) durante a discussão com o grupo menor, respondendo às questões

11- Quanto ao momento II, liste, em ordem de prioridade, quando você considera que aprendeu mais:

( ) durante a explicação da professora

( ) durante a discussão com o grupo menor, respondendo às questões

( ) ao responder o Diário de Aprendizagem 2

( ) ao realizar a atividade com os produtos do supermercado

Atividade 3: Exposição sobre a Representação Matemática das Grandezas Vetoriais

A) Tarefa Final 3

O questionário respondido pelos alunos, primeiro individualmente e depois discutido e respondido nos grupos menores, teve as seguintes perguntas:

1- Vocês já estudaram vetores? Indique entre parênteses o número de alunos do grupo que responde : ( ) Afirmativamente ( ) Negativamente

2- E grandezas vetoriais, vocês já estudaram? Indique entre parênteses o número de alunos do grupo que responde : ( ) Afirmativamente ( ) Negativamente

3- Quais as características necessárias para a definição de uma grandeza vetorial?

_____

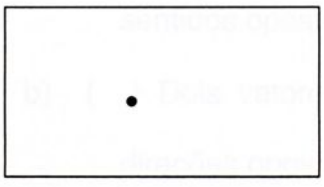
4- Dos itens a seguir assinale quais são grandezas vetoriais:

( ) força ( ) deslocamento ( ) velocidade ( ) aceleração

5- Das grandezas citadas, quais as que você já estudou?

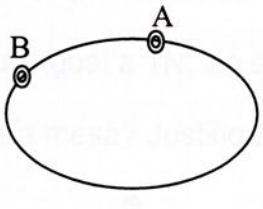
( ) força ( ) deslocamento ( ) velocidade ( ) aceleração

6- O desenho a seguir representa um barquinho navegando em um rio. É sabido que o barquinho irá percorrer 20 km. Desenhe o caminho percorrido pelo barquinho.



7- Um turista perdido andou 30 km para o leste e depois 40 km para o norte. Faça um esquema mostrando o deslocamento desse turista . Se ele tivesse se deslocado sempre numa mesma direção, quantos quilômetros teria percorrido? Justifique.

8-O esquema a seguir representa dois automóveis A e B, com velocidade de módulo constante igual a 20m/s, fazendo uma curva, sabendo que A está na frente de B. Depois de certo tempo de movimento, pode-se afirmar que (coloque verdadeiro V ou falso F):



( ) A velocidade de A e B são iguais
( ) A velocidade vetorial de A e B são iguais
( ) O módulo da velocidade de A e B são iguais
( ) Nada é possível afirmar sobre a velocidade de A e B

9- Represente a velocidade de A e B no esquema anterior.

10-Avalie as afirmações a seguir, indicando Verdadeiro (V) ou Falso (F)

a) ( ) Dois vetores podem ter a mesma direção, o mesmo módulo, mas sentidos opostos

b) ( ) Dois vetores podem ter o mesmo sentido, o mesmo módulo, mas direções opostas

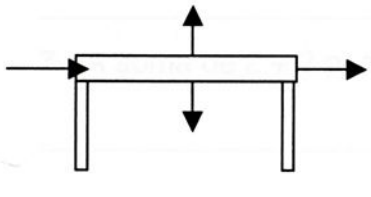
c) ( ) Dois vetores podem ter o mesmo sentido, a mesma direção, mas módulos opostos

11- Desenhe cada uma das afirmações propostas no exercício anterior

a) b) c)

12- Um estudante sustenta quatro cadernos, cada um com massa igual a 1kg. Qual a massa total de cadernos sustentada pelo estudante?

13- O esquema indica uma mesa sobre a qual atuam quatro forças, cada uma de módulo igual a 1N. Se somarmos todas as quatro forças, qual será a força resultante sobre a mesa? Justifique.



14- Cite semelhanças e diferenças entre a questão 12 e a questão 13, propostas anteriormente. A forma de resolução foi a mesma para as duas questões? Justifique.

B) Diário de Aprendizagem 3

1- Você já havia estudado vetores ou grandezas vetoriais?

( ) Sim ( ) Não

2- Quando respondeu o questionário individualmente, você teve dificuldades para respondê-lo?

( ) Sim ( ) Não

3- Você teve muitas divergências quanto a resposta certa, quando respondeu o questionário em grupo?

( ) Sim ( ) Não

4- Quando a professora expôs as respostas certas do questionário, você acha que teve muitos acertos?

( ) Sim ( ) Não

5- O que caracteriza a diferença entre grandezas vetoriais e escalares?

_____

6- Pode-se combinar dois vetores de módulos diferentes para que se tenha uma resultante nula? E três vetores?

_____

7- A soma de 2 + 2 pode não ser 4? Justifique.

_____

8- A soma de dois vetores pode ser menor que o valor de cada um dos vetores componentes? Explique.

_____

9- Um móvel desloca-se 120m no sentido oeste-leste e, em seguida, 50m no sentido norte-sul. Represente esquematicamente estes deslocamentos e determine o módulo do deslocamento resultante.

10-Quanto aos exercícios que acabou de responder sozinho:

( ) foi mais fácil que a resolução em grupo, porque já havia aprendido durante a atividade em sala de aula

( ) foi mais fácil, pois tive mais tempo para resolvê-lo e menos gente dificultando minha atenção

( ) foi mais difícil, pois não tive os colegas para me ajudar

11- A *Atividade 3* poderia ter sido dividida em quatro momentos:

f) Um questionário sobre grandezas vetoriais, respondido individualmente.

g) Um questionário sobre grandezas vetoriais, respondido em grupo.

h) A resolução pela professora sobre os conceitos que envolviam grandezas vetoriais.

i) A exposição das regras de soma de grandezas vetoriais.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Liste, em ordem crescente, os momentos que você considerou mais fácil para aprendizagem. Justifique:

Atividade 4: Resolução de Problemas envolvendo Vetores

A) A Tarefa Final 4

1- João está no topo de uma árvore de 2m de altura. A três metros da árvore está Antônio, que pretende acertar uma pedra em João. Considere que Antônio lançará a pedra a partir de uma altura de 1,5m, mirada exatamente em João, mas que este deixa-se cair no momento em que Antonio faz o lançamento.

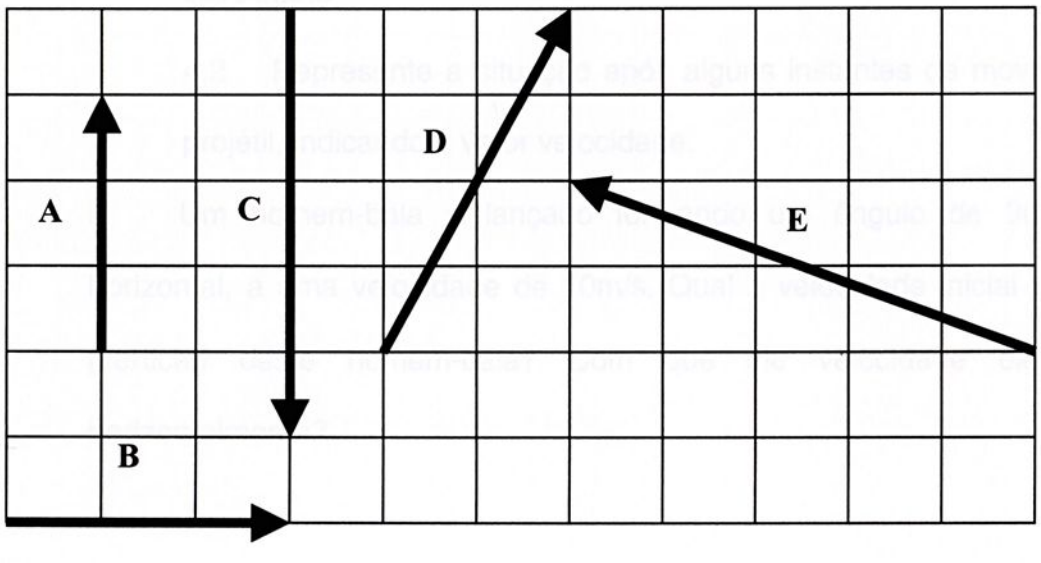
e) Esquematize a situação proposta no instante do lançamento.

f) Esquematize a situação após alguns instantes.

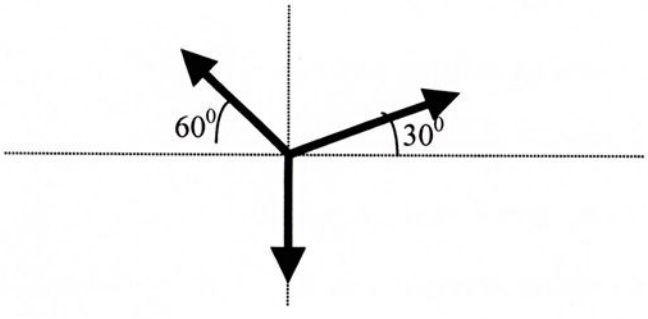
g) Será possível a pedra atingir João? Justifique

2- Um projétil é lançado do solo, com uma velocidade de 200m/s, segundo uma direção que forma 53^0 com a horizontal. Qual a velocidade inicial de subida (vertical) do projétil e em que velocidade avança na direção horizontal.

3- Considere os cinco deslocamentos representados na figura a seguir, em que cada quadrícula representa lado correspondente a 1m. Quantos metros deslocou-se na horizontal? E na vertical? E de quanto foi o deslocamento total resultante? Represente-o na figura.



4- Sobre um parafuso atuam as forças indicadas a seguir, todas de módulos iguais a 100N. Determine a força resultante sobre o parafuso.



B) Diário de Aprendizagem 4

4 Um canhão, do alto de uma torre de 10m de altura, dispara horizontalmente um projétil com velocidade de 100m/s.

4.1 Represente a situação proposta inicialmente, indicando o vetor velocidade.

4.2 Represente a situação após alguns instantes de movimento do projétil, indicando o vetor velocidade.

5 Um homem-bala é lançado formando um ângulo de 30^0 com a horizontal, a uma velocidade de 10m/s. Qual a velocidade inicial de subida (vertical) deste homem-bala? Com que ele velocidade ele avança horizontalmente?

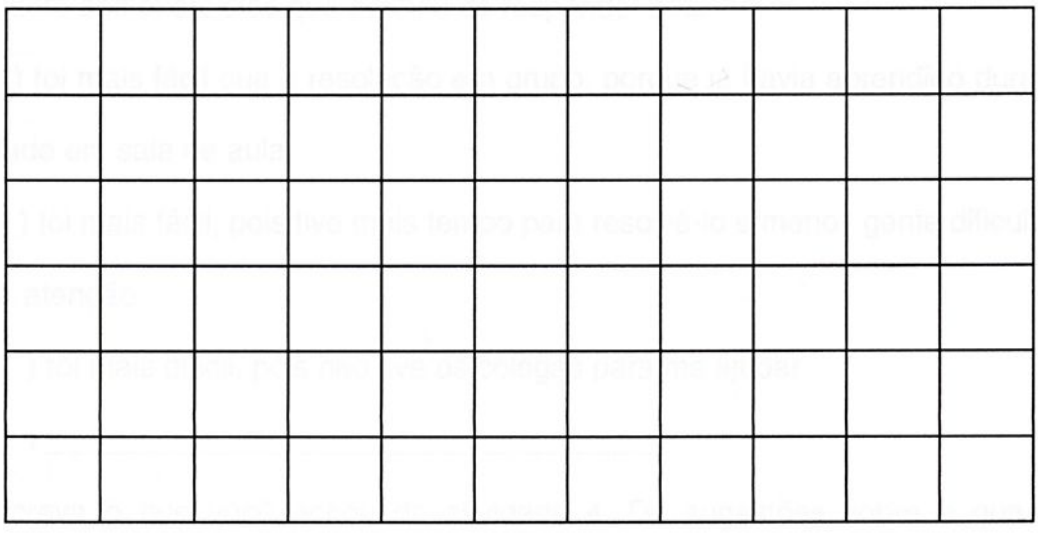
6 Um carro percorre uma distância de 50km, indo para o leste, depois, 30km, indo para o norte e em seguida, 60km, para o sul. Trace um diagrama vetorial no esquema a seguir, onde cada lado representa 10km e determine o deslocamento do carro na direção norte-sul, na direção leste-oeste e o deslocamento total, representando-o no esquema quadriculado a seguir.

Lembre-se:

Norte

Oeste **Leste**

Sul



7 Sobre uma caixa atuam 4 forças:

7.1.1 Uma força F_1, de módulo igual a 10N, atuando na direção horizontal, no sentido da esquerda para a direita.

7.1.2 Uma força F_2, de módulo igual a 20N, atuando na direção vertical, no sentido de baixo para cima.

7.1.3 Uma força F_3, de módulo igual a 30N, atuando numa direção que forma um ângulo de 30^0 com a horizontal, no sentido positivo do eixo das abscissas do sistema cartesiano.

7.1.4 Uma força F_4, de módulo igual a 40N, atuando numa direção que forma um ângulo de 60^0 com a horizontal, no sentido negativo do eixo das abscissas do sistema cartesiano.

Represente este sistema de forças num sistema cartesiano e determine a força resultante.

5- Quanto aos exercícios que acabou de responder sozinho:

( ) foi mais fácil que a resolução em grupo, porque já havia aprendido durante a atividade em sala de aula

( ) foi mais fácil, pois tive mais tempo para resolvê-lo e menos gente dificultando minha atenção

( ) foi mais difícil, pois não tive os colegas para me ajudar

( ) _____

6- Escreva o que você achou da atividade 4. Dê sugestões sobre o que você esperava e não aconteceu, critique, exponha se achou legal e o quê achou legal,...

Atividade 5: Atividades Experimentais de Demonstração e Exposição dos Conceitos Científicos Fundamentais sobre Estática

A) A Tarefa Final 5

1. Faça o desenho de todos os objetos que utilizamos para determinar a posição do centro de gravidade.
2. Nos desenhos elaborados, indique, aproximadamente, a posição do centro de gravidade.
3. Faça um desenho dos equipamentos equilibristas, indicando a posição da força peso e da força normal.
4. Qual seria a explicação do grupo para o equilíbrio destes equipamentos? Podem dar uma resposta para cada equipamento ou uma única resposta geral.

4.1.1. Diário de Aprendizagem 5

1. Faça o desenho de todos os objetos que utilizamos para determinar a posição do centro de gravidade.
2. Nos desenhos elaborados, indique, aproximadamente, a posição do centro de gravidade.
3. Faça um desenho dos equipamentos equilibristas, indicando a posição da força peso e da força normal.

4. Qual seria a sua explicação para o equilíbrio destes equipamentos? Pode dar uma resposta para cada brinquedo ou uma única resposta geral.
5. Quanto às perguntas que acabou de responder sozinho:

( ) foi mais fácil que a resolução em grupo, porque já havia aprendido durante a atividade em sala de aula

( ) foi mais fácil, pois tive mais tempo para respondê-las e menos gente dificultando minha atenção

( ) foi mais difícil, pois não tive os colegas para me ajudar

6. A Atividade *5* poderia ter sido dividida em quatro momentos:

I- A revisão sobre força, peso, força normal, força resultante e a definição sobre centro de gravidade;

II- A determinação do centro de gravidade dos objetos;

III- A demonstração dos objetos equilibristas e a discussão sobre a posição do centro de gravidade nestes objetos.

IV- A explicação da gangorra e a apresentação do conceito de momento.

Liste, em ordem crescente, os momentos que você considerou mais fácil para aprendizagem. Justifique:

_____

Anexo 4-

TEXTOS UTILIZADOS

Atividade1:

Primeiro texto[9]

Há muitos anos, uma tribo vivia no Colorado (EUA) e tinha sua economia baseada na caça de animais. Uma vez que esses animais são migratórios, os índios eram também nômades. Eles seguiam as migrações dos animais para o alto das montanhas e para os vales do Colorado. Eles preferiam preparar a carne da caça fervendo toda a carcaça num grande tacho. Contudo, eles tinham um problema: quando a carne era cozida nos vales, o processo tomava pouco tempo e a carne ficava macia, mas quando os animais eram abatidos e cozidos nas montanhas, a carne ficava rija e o cozimento levava várias horas. Um dia, enquanto esperava que a carne cozinhasse no alto de uma montanha, um grupo de guerreiros começou a pensar neste estranho fenômeno. Um dos bravos, então, anunciou que tinha tido uma idéia: "Acho que são os maus espíritos que fazem a carne ficar dura. Todos sabem que há mais maus espíritos nas montanhas que nas planícies". (Eles "sabiam" disso porque aconteciam mais acidentes nas montanhas; coisas tais como pernas e braços quebrados.) "Se são os maus espíritos que fazem a carne ficar dura, então vamos colocar uma tampa sobre o tacho. Isto afastará os maus espíritos e fará a carne ficar macia." Isto fazia sentido, e os índios tentaram. A carne cozinhou mais depressa e ficou mais macia, mas ainda não estava igual à carne preparada nos vales. Assim, concluíram que os espíritos deveriam ser delgados conseguiam entrar no tacho passado pelas frestas.Portanto, concluíram que deviam tampar

[9] Autor desconhecido. Disponível site<http://www.igc.usp.br/disciplinasweb/0440102/EXINDIOS.DOC>

qualquer fresta. Então, vedaram as frestas com barro e a carne ficou tão macia quanto quando cozida no vale.

Segundo texto

A Terra está envolvida por uma camada de ar, denominada atmosfera, constituída por uma mistura gasosa cujos principais componentes são o oxigênio e o nitrogênio. A espessura dessa camada não pode ser perfeitamente determinada, porque, à medida que aumenta a altitude, o ar se torna muito rarefeito, isto é, com pouca densidade. O ar, sendo composto por moléculas, é atraído pela força de gravidade da Terra e, portanto, tem peso. Devido ao seu peso, a atmosfera exerce uma pressão, chamada pressão atmosférica, sobre todos os objetos nela imersos. Em regiões altas, a pressão atmosférica é menor do que ao nível do mar; devido a diminuição da camada de ar sobre o dado local. Por isso, os líquidos entram em ebulição mais facilmente em grandes altitudes. Quanto maior a altitude, menor será a temperatura de ebulição e menor será a pressão reinante.

De modo geral, a cada quilômetro acima do nível do mar, a temperatura de ebulição diminui 3°C.

Assim, se ao nível do mar a água ferve a uma temperatura de 100 ° C, numa montanha com 8,5 km de altura (o Everest tem aproximadamente essa altura), a água ferverá a 74,5 ° C. Dessa forma, ao tentarmos cozinhar carne com a panela destampada numa altura muito acima da superfície do mar, teremos a ebulição da água acontecendo numa temperatura menor e, portanto, não sendo suficiente para amolecê-la. Para superar essa situação, deve-se utilizar uma panela de pressão, ou seja, uma panela perfeitamente fechada. Assim, o vapor d'água que se vai formando, no interior da panela, não pode dispersar e a pressão interna da panela

aumenta: torna-se maior que a pressão atmosférica. O aumento da pressão faz com que a água no interior da panela entre em ebulição, a uma temperatura acima de 100º C.

Atividade 2:

REVISTA SUPERINTERESSANTE, n^0 24 " AS DIMENSÕES DO METRO", Editora Abril, pp 60-64

T.1.653



HISTÓRIA

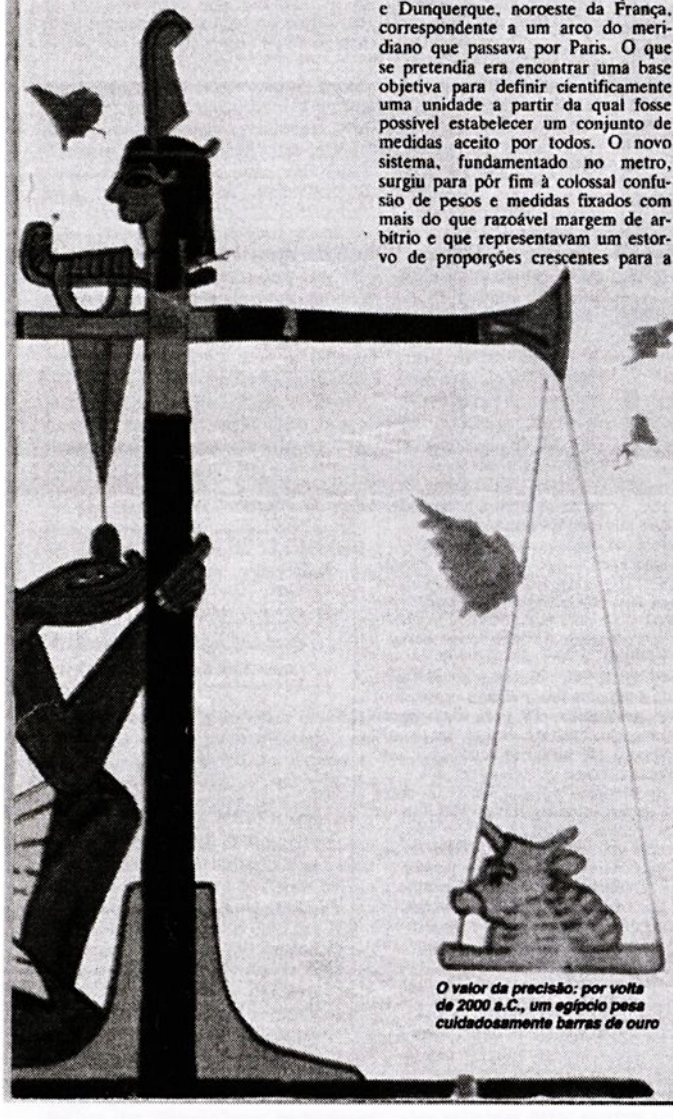
AS DIMENSÕES DO METRO

Uma das mais antigas criações humanas, os pesos e as medidas surgiram para facilitar o comércio primitivo. Depois, ajudaram a conhecer o mundo

REPRODUÇÃO ENCICLOPÉDIA ABRIL / RONALDO EDITORIO

Paris, 25 de junho de 1792. Por ordem da Academia Francesa de Ciências, uma equipe de respeitáveis físicos, astrônomos e agrimensores deu início a uma tarefa nascida do mesmo espírito racionalista que iluminara a Revolução de 1789. Naquela manhã de verão, eles se puseram em campo para medir a distância entre Barcelona, no nordeste da Espanha, e Dunquerque, noroeste da França, correspondente a um arco do meridiano que passava por Paris. O que se pretendia era encontrar uma base objetiva para definir cientificamente uma unidade a partir da qual fosse possível estabelecer um conjunto de medidas aceito por todos. O novo sistema, fundamentado no metro, surgiu para pôr fim à colossal confusão de pesos e medidas fixados com mais do que razoável margem de arbítrio e que representavam um estorvo de proporções crescentes para a vida de toda gente na Europa em expansão econômica.

Essa confusão vinha de muito longe e a História do Ocidente registra mais de uma tentativa de pôr ordem na casa das dimensões utilizadas pelo homem para funcionar no mundo. O imperador Carlos Magno, no século VIII, e o rei inglês João Sem Terra, no século XIII, foram duas cabeças coroadas que se preocuparam com o assunto, baixaram decretos e instituíram medidas, cuja imprecisão, vista pelos olhos atuais, chegava a ser cômica. De fato, de tal maneira o homem incorporou à vida diária as unidades (de comprimento, massa, volume, principalmente), como parâmetros constantes e portanto confiáveis, que parece impossível conceber a civilização, e quem sabe a própria existência humana, dissociada do ato de medir e pesar. Quando as primeiras comunidades começaram a dispor de excedentes alimentares, nasceu o comércio primitivo, o sistema de trocas. Este exigia que se fizessem comparações — a forma básica de avaliar grandezas.



O valor da precisão: por volta de 2000 a.C., um egípcio pesa cuidadosamente barras de ouro

A mão e o pé, primeiras unidades de comprimento

Ora, para realizar essas comparações, era necessário naturalmente um ponto de referência estabelecido de comum acordo. O homem primitivo logo deve ter-se dado conta de que dispunha de uma referência capaz de ser aceita sem resmungos por seus semelhantes — o próprio corpo. Assim, a mão e o pé foram adotados como as unidades inaugurais de comprimento. Há 25 séculos, um filósofo grego de nome Protágoras afirmou que "o homem é a medida de todas as coisas", querendo com isso coroar a importância absoluta que conferia aos humanos na ordem universal. A expressão, pelo visto, também ilustraria o antiqüíssimo costume humano de buscar em si mesmo os padrões para cotejar grandezas.

A criação do sistema métrico consistiu precisamente em atirar essa tradição à lata do lixo da História, não porque os cientistas e filósofos franceses dos séculos XVII e XVIII repudiassem o humanismo — muito ao contrário —, mas porque se deram conta de que o humanismo seria melhor servido por um sistema de pesos e medidas que pudesse ser aceito com naturalidade por todos os

Mudando o rei, a medida também mudava

homens, sem distinção.

Não só as primeiríssimas unidades de comprimento mas também as de peso fundamentaram-se no corpo humano. No caso do peso, supõe-se que o homem comparava o que ele mesmo conseguia carregar com a capacidade de carga de um animal. Como o sistema não primava exatamente pelo conforto, foi descartado no devido tempo em favor de uma referência mais racional — um recipiente. O desdobramento lógico foi a balança, cuja invenção, 5 mil anos antes de Cristo, parece ter antecedido em dois milênios a das unidades de peso, originárias do Egito e da Mesopotâmia (parte do atual Iraque). O mais antigo padrão de medida linear — que originou medidas de área e volume — também foi concebido no Egito, por volta de 3000 a.C. Era o côvado, baseado no comprimento do braço, desde o cotovelo até a ponta do dedo médio. O submúltiplo básico era o dígito, como o nome sugere, da largura de um dedo. O côvado que os egípcios usavam como padrão era um bloco de granito negro de 52,4 centímetros de comprimento, subdividido em 28 dígitos.

A libra de Carlos Magno vinha com uma estrela

Estes, por sua vez, eram divididos em até dezesseis partes — cada uma dedicada a uma divindade. Conforme hieróglifos da época, a padronização do côvado se deve ao faraó Anemenés I, que reinou entre 1991 e 1962 a.C. A precisão das barras de um côvado como unidade de medida pode ser atestada até hoje: após 4 500 anos de sua construção, os lados da pirâmide de Quéops variam apenas 0,05 por cento da largura média de 230 metros. Devido à inundação anual do rio Nilo, os agricultores egípcios desenvolveram métodos e instumentos específicos para medir suas terras, baseados nas cheias. Eram feitas marcas nas margens dos rios, provavelmente com pedras. Quando as águas recuavam, os limites das propriedades podiam ser prontamente restabelecidos. As medidas agrárias originaram também uma atividade curiosa: a dos esticadores de corda. Esses agrimensores primitivos mediam as plantações com cordas graduadas com nós, cada nó valendo 2 côvados. A Babilônia, que ficava no sul do atual Iraque, e cuja civilização alcançou o apogeu entre os séculos VI e VII a.C., também gerou um rol de medidas. A mais antiga unidade babilônica era a *mina*, padrão de peso, que variava entre 500 e 600 gramas.

Um milênio havia transcorrido quando Carlos Magno, além de unificar as terras cristãs da Europa Ocidental, tentou uniformizar as medidas. Instituiu, entre outras coisas, a libra esterlina (350 gramas) para distingui-la dos padrões não-oficiais. A palavra esterlina vem do inglês medieval *steorra*, estrela. Por isso, a libra padrão de Carlos Magno trazia a gravura de uma estrela em alto-relevo. Não consta, porém, que tais padrões gozassem de popularidade comparável a uma medida da Antiguidade, campeã absoluta a seu tempo — por motivos óbvios. Era o velho pé, *pous* em grego. O matemático Pitágoras, que viveu no século VI a.C., observou que os estádios de várias cidades da Grécia eram todos divididos em 600 pés. Daí surgiu outra medida — o estádio, equivalente a 600 pés, como se os brasileiros adotassem o maracanã, igual a 110 metros. Os romanos, que conquistaram a Grécia em 146 a.C., dividiram o pé grego em 12 onças *(unciae)* ou polegadas *(polex)*, usando a mesma subdivisão para o peso — cuja unidade era a libra (cerca de 325 gramas).

Depois dos ensaios unificadores de Carlos Magno com sua libra estelar, quatro séculos se passaram até que um monarca europeu fizesse algo para disciplinar a balbúrdia das dimensões utilizadas pelos mortais comuns. O rei inglês João Sem Terra, o mesmo que em 1215 assinou a Magna



Quilograma padrão brasileiro, no Inmetro



A base para o metro foi o meridiano de Paris

Metro, quilo e segundo, hoje

Os padrões de medidas criados no século XVIII não tinham a precisão exigida pela ciência atual. Por isso, uma convenção formulou, em 1960, o novo Sistema Internacional de Medidas, conhecido como SI. Suas unidades básicas são:

- **Comprimento:** metro. Definido como 1 650 763,73 comprimentos de onda, no vácuo, da faixa vermelho-alaranjada do espectro do criptônio-86.
- **Massa:** quilograma. O padrão é um cilindro de platina iridiada, depositado no Escritório Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, na França.

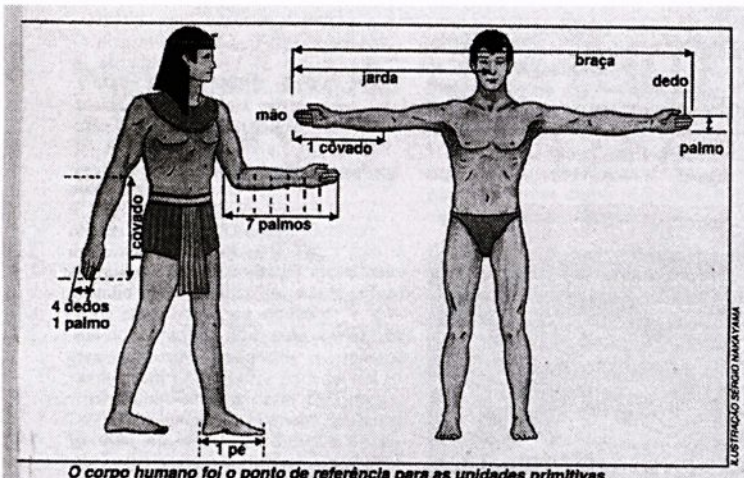


ILUSTRAÇÃO SÉRGIO NAKAYAMA

O corpo humano foi o ponto de referência para as unidades primitivas



Gravuras francesas do século XVIII com as primeiras unidades decimais

• **Tempo:** segundo. A duração de 9 192 631 770 ciclos de uma determinada radiação de transição (mudança de nível energético) do átomo de césio.

Quilograma padrão internacional



Carta — a primeira declaração de direitos e deveres surgida na Europa —, anos mais tarde baixou um decreto chamado Padrão de Pesos e Medidas. O decreto foi tão bem aceito que vigorou quase seiscentos anos; seu problema era a imprecisão das medidas. A jarda real, por exemplo, unidade de comprimento, media três pés, "nem mais nem menos", como dizia o decreto. Interpretar a lei devia ser uma dor de cabeça, pois, é óbvio, os pés variam de pessoa para pessoa. Naqueles tempos, o pé real era, evidentemente, o pé do rei. Assim, a cada novo soberano, mudava o pé padrão e, conseqüentemente, todas as outras unidades derivadas.

No século XVII, cientistas europeus tentaram desenvolver um sistema racional e uniforme de pesos e medidas, para acabar com a desordem medieval — que atrapalhava, entre outras coisas, a incipiente comunicaçao científica. Em 1670, Gabriel Mouton (1618-1694), matemático e vigário da paróquia de São Paulo, em Lyon, na França, propôs um sistema baseado num padrão universal e invariável: a própria Terra. Era a primeira vez que alguém deixava de lado o homem no mundo das medições. A idéia era simples: medir a distância do equador ao pólo norte, através do meridiano que passa por Paris; um décimo de milionésimo daquela distância seria o metro (do grego *metron*, medida), com múltiplos e submúltiplos decimais. Esses múltiplos seriam criados a partir dos prefixos numéricos gregos, como *kilo*, mil, e *centi*, cem.

A proposta de Mouton, embora revolucionária, serviu apenas para mais de um século de discussões acadêmicas, porque o absolutismo político reinante na Europa não acolhia de bom grado novas idéias. Somente a Revolução Francesa de 1789 possibilitaria o ambiente político propício para um modelo que rompesse com os padrões da Idade Média. Em 1790, o influente pensador Charles-Maurice de Talleyrand (1754-1838) recomendou que a Academia Francesa de Ciências reformulasse os padrões de medida vigentes no país.

Um padrão constante como o planeta que o inspirou

Para tanto, a Academia criou um comitê com as melhores cabeças da época, entre as quais o pai da Química moderna, Antoine-Laurent Lavoisier (SI n.º 8, ano 3). Ele foi incumbido de calcular o peso de um volume conhecido de água, para determinar a unidade de massa. Em 1792, a Academia ressuscitou as idéias de Gabriel Mouton e mandou medir o meridiano de Paris. Nesse mesmo ano, uma equipe de físicos, astrônomos e geodesistas iniciou os trabalhos. Eles mediram a distância entre Barcelona e Dunquerque. Isso porque, para medir o segmento de meridiano era preciso escolher um arco, ou seja, um pedaço do quadrante. O arco entre Dunquerque e Barcelona ocupa 9,5 graus do quadrante. Como um quarto de circunferência tem 90 graus, calcula-se por extrapolação astronômica o comprimento total (veja ilustração). Os pontos extremos desse arco básico não foram escolhidos ao acaso: Dunquerque e Barcelona ficam ao nível

Napoleão impôs à Europa o sistema métrico

do mar, o que facilitou a medição.

Além disso, como a Terra não é perfeitamente esférica, os meridianos têm forma de elipse. A maior curvatura encontra-se no equador; a menor, nos pólos. Por essa razão, os graus da subdivisão dos meridianos aumentam do equador para os pólos. Escolhendo-se uma parte da Europa, entre a França e a Espanha, próxima ao paralelo 45 — que indica a distância ao equador —, fica-se num meio-termo. Dessa forma, tornava-se mais fácil calcular o valor médio de um dos noventa graus que dividem o quadrante todo. Com esse método, os cientistas chegaram a 5 130 740 toesas, unidade dos tempos de Carlos Magno, ou aproximadamente 10 mil quilômetros — com uma margem de erro de 0,023 por cento, segundo medições recentes. Dividindo esse valor por 10 milhões, como sugerira o bom vigário Mouton, chegou-se ao metro, um padrão constante como o tamanho do planeta que lhe deu origem.



SILVIO VIEGAS / FIBRA

Interferômetro para calibrar o metro

Em junho de 1799, finalmente, o metro padrão, uma barra de platina, foi apresentado à Assembléia Nacional, que oficializou o chamado sistema métrico na França. Os outros padrões foram calculados a partir do metro. O grama, unidade básica de massa, era igual à massa de 1 decímetro cúbico de água pura, à temperatura de sua maior densidade (4°C). Depois, um cilindro de platina, conhecido como Quilograma dos Arquivos, foi declarado padrão para 1 000 gramas. O litro foi definido como o volume equivalente ao de um cubo com 10 centímetros de lado — um decímetro cúbico. Também foi definida a unidade de área, o are, igual a um quadrado com 10 metros de comprimento.

O sistema métrico acabou conquistando toda a Europa, não só por ser mais prático e lógico mas na esteira das vitórias militares de Napoleão Bonaparte. Napoleão ainda permitiu o uso do sistema antigo na França. Mas as vantagens do sistema métrico prevaleceram e, em 1840, ele foi declarado o único sistema legal do país — o que de novo ajudou a espalhar o metro pelo mundo. Trinta e cinco anos depois, tornou-se oficial também no Brasil (veja quadro). Os países anglo-saxões resistiram muito mais à inovação gaulesa. A Inglaterra só em 1963 decidiu abandonar legalmente o sistema antigo de polegadas, libras e galões — mas ainda hoje a libra-moeda, decimalizada, compra não 1 quilo de carne, mas 2,2 libras-peso.

A unificação da Europa, prevista para 1992, deverá apressar o fim dessa dualidade. Em conseqüência, até os renitentes americanos terão de aceitar a hegemonia do metro, em última análise, para não perder dinheiro. O engenheiro José Carlos de Castro Waeny, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, vai mais longe: "Todo progresso científico e tecnológico está amarrado ao progresso dos sistemas de medidas". ■

No Brasil, varas, onças e jeiras



RONALDO KOTSCHO

O certo seria medir em pascals

O Brasil, no tempo da colônia e mesmo no Império, tinha um sistema de medidas muito confuso e diversificado. O comprimento, por exemplo, era medido em palmos, côvados, varas, braças e léguas; o peso (ou a massa) em libras, onças e quintais; a área, em jeiras e alqueires. Em 1862, dom Pedro II determinou a adoção do sistema métrico decimal. Em 1875, o Brasil foi um dos vinte países que assinaram, em Paris, o Tratado do Metro, ratificando o uso oficial do novo sistema. Apesar do pioneirismo, o sistema métrico não é absoluto no país até hoje.

Tintas e solventes industriais, por exemplo, são geralmente vendidos não em litros, mas em latas de 1 galão (4,54 litros, padrão inglês, ou 3,78 litros, padrão americano); barras de ferro e tubulações para a construção civil são comercializados não em centímetros, mas em polegadas (2,54 cm); e, como todos sabem, os calibradores de pneus dos postos de gasolina expressam a pressão em libras-força por polegada quadrada — normalmente conhecida apenas por libras, quando a unidade oficial de pressão é o pascal. Se ela fosse usada, em vez de pedir ao frentista que deixasse os pneus com 26 libras, o motorista falaria em 169 quilopascals (kPa).

Sérgio Ballerini, diretor do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), nota que "o problema está na estrutura educacional brasileira, pois até mesmo nas faculdades se ensina a medir em polegadas". Embora o Inmetro possa aplicar pesadas multas aos que não usam o sistema métrico, Ballerini prefere, pessoalmente, investir na conscientização. Assim, diante de recentes anúncios de refrigerantes, que apregoavam as vantagens de seus "litrões" e "superlitros", o Inmetro limitou-se a mandar cartas de advertência aos fabricantes.

Para saber mais

Grandezas e unidades de medida — O Sistema Internacional de Unidades, Romeu C. Rocha Filho, Editora Ática, São Paulo, 1988.
Medindo comprimentos, Nilson José Machado, Editora Scipione, São Paulo, 1987

0810001653

unesp