

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**“UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA A PARTIR
DA RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS”¹**

CARLA SIMONE FACCHINELLO

**Dissertação realizada sob a orientação do
Prof. Marco Antonio Moreira, apresentada
ao Instituto de Física da UFRGS em
preenchimento parcial dos requisitos para
a obtenção do título de Mestre em Ensino
de Física.**

Porto Alegre, 2008.

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

Dedico este trabalho aos meus filhos, Bruna e João Victor, que não me deixam esquecer o quanto é valioso perguntar e divertido aprender.

SUMÁRIO

Resumo.....	05
Abstract.....	06
Capítulo I – Introdução.....	07
1.1 - Estudos Relacionados.....	12
1.2 - Referencial Teórico.....	16
1.3 – Metodologia.....	27
Capítulo II – A Física na 1ª série do Ensino Médio e a detecção do problema.....	30
Capítulo III – A proposta e a aplicação no ano letivo de 2004.....	43
3.1 – A proposta do uso da linguagem verbal para os alunos	43
3.2 – Atividades realizadas em aula que evidenciam o uso da linguagem verbal nas resoluções de situações-problema.....	51
3.3 – Avaliação da resolução da situação-problema através da linguagem verbal.	57
3.4 – O uso do mapa conceitual e a avaliação dos resultados.....	62
Capítulo IV – Aplicação da proposta no ano letivo de 2005.....	71
4.1 – As formas de apresentação de uma situação-problema e suas implicações.....	73
4.2 – A leitura de gráficos como atividade de avaliação.....	87
4.3 – Estimular a falar mais para avaliar melhor.....	93
4.4 – O uso de situações do cotidiano para aumentar o repertório de esquemas.....	100
4.5 – O uso da linguagem verbal como instrumento de resolução de situações- problema em 2005	105
Capítulo V – Conclusão.....	112
Referências Bibliográficas.....	115

Anexo A.....	118
Anexo B.....	122
Anexo C.....	124
Apêndice A.....	126
Apêndice B.....	128
Apêndice C.....	129

RESUMO

Este trabalho é um estudo sobre o processo do desenvolvimento cognitivo, através da resolução qualitativa de problemas, à luz da teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. É proposto o uso da linguagem verbal como instrumento de detecção e explicitação de invariantes operatórios que, inicialmente, poderão não ser verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas, através da intervenção do professor, poderão evoluir para tal. A proposta é fundamentada em diversos trabalhos sobre a resolução de problemas e pela teoria dos campos conceituais, avaliada como instrumento no processo de aprendizagem sendo validada a partir dos resultados da intervenção didática com alunos da 1ª série do Ensino Médio em aulas de Física e seus resultados são apresentados.

Palavras-chave: resolução qualitativa de problemas, campos conceituais, linguagem verbal.

ABSTRACT

This work is a study about the cognitive development process through qualitative problem solving, under the light of Gérard Vergnaud's conceptual fields theory. It proposes the use of verbal language as an instrument for detection and explicitation of operational invariants that, initially, may not be scientifically accepted but that through the teacher's mediation might evolve to scientific concepts and theorems. The proposal is based on previous studies on problem solving and the conceptual fields theory, which was taken as theoretical framework for the learning process and validated by the research findings of a didactical intervention with first year high school students in physics classes.

Key-words: qualitative problems solving, conceptual fields, verbal language.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

De acordo com a atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996), que estabelece uma base nacional curricular comum, o conhecimento escolar é dividido em três áreas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias. A disciplina de Física faz parte da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias assim como as disciplinas de Biologia, Matemática e Química.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1999) estabelecem os objetivos educacionais em relação à base nacional comum nas três áreas, às habilidades básicas e às competências específicas, objetivos a serem alcançados, pelo aluno, na aprendizagem em cada área. O Ensino Médio deve oferecer uma formação geral, não apenas profissionalizante, mas que faça do indivíduo um cidadão atuante e crítico, em contínua aprendizagem e capaz de compreender e fazer uso das tecnologias.

No entanto, o que a Lei prevê não é exatamente o que acontece nas salas de aula. A realidade da maioria das escolas não oferece condições para que os objetivos da Lei sejam atingidos. Os problemas e dificuldades são diversos como a baixa carga horária por disciplina, falta de projetos comuns dentro da área e com as outras áreas, poucos recursos didáticos e acesso as novas tecnologias, formas tradicionais de avaliação e promoção de série, conteúdos muitas vezes predeterminados pelas universidades através dos vestibulares, a formação do docente e, até mesmo, a sua remuneração que o leva a trabalhar, em sala de aula, muitas horas semanais dificultando uma maior dedicação e planejamento de suas aulas.

A disciplina de Física faz parte da grade curricular do Ensino Médio, tanto na rede pública quanto na privada. O número de horas/aula oferecido varia de escola para escola, não configurando um padrão e tendo por mínimo uma (01) hora/aula semanal.

Os conteúdos desenvolvidos na disciplina de Física ao longo do Ensino Médio, na maior parte das escolas, constituem a Física Clássica. Apenas algumas poucas escolas contemplam, além da Física Clássica, a Física Moderna e Contemporânea. Poucos professores produzem o próprio material didático a ser utilizado, geralmente é adotado um livro de texto que acaba, muitas vezes, sendo o eixo orientador das aulas.

A maioria dos livros de texto de Física trazem seus conteúdos organizados de acordo com os vestibulares – objetivo final de muitas escolas que, por questão de sobrevivência financeira, precisam vencer todos os conteúdos previstos para o concurso. É um ciclo vicioso: os pais querem da escola a aprovação dos seus filhos no vestibular, a escola quer dos livros uma forma prática e organizada dos conteúdos necessários para tal fim, os autores e editoras, de acordo com o mercado, produzem livros/manuais do candidato onde não podem faltar as tradicionais “questões de vestibular”, formulários, resumos e macetes.

Mesmo assim, o mercado nacional oferece alguns bons livros didáticos que trazem, além dos conteúdos tradicionais, conteúdos contemporâneos, que possibilitam ao aluno fazer conexões entre o tópico que está trabalhando na disciplina com outras disciplinas, seu cotidiano e as tecnologias envolvidas, que instigam o aluno a pesquisar, experimentar, que trazem exercícios e problemas diversos que possibilitam o desenvolvimento cognitivo e não apenas aplicação mecânica do que foi aprendido.

A intervenção didática, da qual resultou esta dissertação e também um texto de apoio aos professores de Física, foi realizada nos anos de 2004 e 2005 nas turmas da primeira série do Ensino Médio do Instituto Sinodal da Paz localizado na cidade de Santa Rosa, na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Esta escola conta atualmente com 485 alunos entre Educação Infantil, Educação Fundamental e Ensino Médio e oferece na sua grade curricular três (03) aulas semanais de Física na primeira série do Ensino Médio.

O Instituto Sinodal da Paz é uma escola de referência tanto na cidade quanto na região. Assim como outras escolas particulares, o Instituto passou por uma grave crise financeira da qual se recupera aos poucos. Nos últimos anos foram investidos poucos recursos em material e em manutenção dos seus laboratórios. A carga horária dos professores foi reduzida ao mínimo previsto na grade curricular e horas específicas para projetos e laboratório, que faziam um diferencial importante no ensino, foram cortadas. Para reduzir custos, o número de alunos por série passou a ser o máximo permitido resultando em poucas turmas e, conseqüentemente, redução das horas/aula para o professor.

É observada com freqüência pelos professores de Física do Ensino Médio uma grande dificuldade por parte dos alunos na compreensão dos conceitos envolvidos na aprendizagem dos diversos conteúdos da Física e de relacioná-los a novas situações. Este fato foi verificado pela professora agente desta intervenção didática que, além de trabalhar com a primeira série do Ensino Médio, trabalha também com a segunda e a terceira séries, e, ao tratar de assuntos novos ou aprofundamentos, que envolvam conhecimentos prévios supostamente dominados,

observou a dificuldade dos alunos em relacionar os conceitos a novas situações parecendo ser um assunto diferente e independente dos anteriores (inclusive aos trabalhados em anos anteriores).

Na forma como normalmente os conteúdos de Física, trabalhados no Ensino Médio, são distribuídos ao longo das três séries, a Mecânica é vista na 1ª série. No entanto é muito fácil encontrar professores de Física que nas suas práticas em sala de aula verificam grande dificuldade em começar pela Mecânica que, apesar de, ou, talvez por, estar presente no cotidiano do aluno, vem carregada de conceitos intuitivos com os quais ele (o aluno) procura resolver seus problemas diários.

A evolução conceitual do conceito intuitivo para o conceito cientificamente aceito é um processo lento e gradativo que poderá levar muito mais tempo do que o suposto, considerando a distribuição de conteúdos, ao longo de um ano. O aluno não esquece ou simplesmente substitui seus conceitos intuitivos e, por diversas vezes, mesmo tendo trabalhado os conceitos científicos, recorre aqueles para resolver suas situações-problema nas aulas de Física e no seu cotidiano fora da sala de aula.

Diferentemente do uso no dia-a-dia, por parte do aluno, de conceitos intuitivos, em sala de aula a Física traz conceitos científicos e requer uma linguagem própria, formalizada, cientificamente aceita, que faz uso de símbolos para comunicar significados e que muitas vezes não está ao alcance da compreensão do aluno – os símbolos e significados não apresentam sentido para o aluno. A representação matemática (fórmulas) utilizada na Física não raramente é entendida pelo aluno como algo independente dos conceitos envolvidos, é fácil verificar esta situação em conversas com os alunos principalmente quando se referem à sua necessidade de decorar muitas fórmulas para resolver situações-problema propostas em avaliações.

Uma das justificativas utilizadas por alunos, pais e professores, para a não aprendizagem da Física é a chamada “falta de base” que se refere ao Ensino Fundamental, mais precisamente à matemática e ao ensino de ciências da 8ª série onde, na maioria das escolas, são trabalhadas noções gerais (e superficiais) da Física e da Química. No entanto, existem propostas de introduzir o ensino de Física desde a Educação Infantil até o final do Ensino Fundamental que, aplicadas, obtiveram resultados bastante animadores levando a uma expectativa otimista com relação ao ensino de Física e a construção ou reconstrução de conceitos menos alternativos e mais científicos por parte do aluno, como o proposto por Schroeder (2005).

Com relação à falta de base devido à matemática do Ensino Fundamental, os alunos se referem as suas dificuldades em relação às operações básicas da Matemática como as quatro operações, transformações de unidades, potenciação, radiciação, funções do primeiro e segundo grau e representação gráfica, assuntos normalmente trabalhados ao longo do Ensino Fundamental, mas que talvez não tenham apresentado significado ao aluno no momento em que eram apresentados, ou seja, uma aprendizagem mecânica incapaz de possibilitar identificação e interpretação em outras situações-problema propostas como, por exemplo, na Física.

O aluno apresenta dificuldade em expressar-se, pois seus conceitos intuitivos não são válidos cientificamente e, mesmo sendo considerados como um possível ponto de partida para a aprendizagem, deverão ser revistos de acordo com sua validade ou não, implicando uma mudança conceitual que pode estar ainda muito distante de ocorrer. O aluno também possui dificuldade em expressar-se na linguagem formal, pois ainda não relaciona conceitos, símbolos e significados não conseguindo resolver as situações-problema propostas. Esta condição causa frustração por parte do aluno que se sente incapaz de aprender Física pois ela é muito “difícil”, isto é, não compreendida.

O problema parece estar, portanto, na comunicação entre professor e aluno. Se o professor quer ensinar, precisa falar a mesma linguagem que seu aluno, se o aluno ainda não dispõe de condições para fazer uso desta linguagem em comum, científica dentro do contexto de uma sala de aula, então o professor deverá conduzi-lo com este objetivo. **A dificuldade em fazer uso da linguagem formal não deve ser um empecilho ao aprendizado da Física, este é o ponto de partida do tema desta dissertação.**

A Física é uma ciência formal, comunicada em linguagem formal onde os conceitos são elaborados, transcritos e os significados são comunicados através do uso de símbolos numa representação algébrica formal.

Toda atividade humana tem a sua própria linguagem.(...) Na linguagem da física, as idéias básicas podem ser enquadradas em diferentes categorias: conceitos, princípios, leis, modelos e teorias. (...) princípios ou leis em física são enunciados ou relações matemáticas que procuram descrever o comportamento da natureza. (Gaspar, 2001, p. 12-13)

No entanto, para ser comunicada, ela deve ser compreendida pelos seus pares, no caso, professora e alunos. A professora, responsável por esta intervenção didática, vivenciou por diversas vezes em sala de aula, situações em que alunos apresentavam grande dificuldade em expressar-se em linguagem formal e que, solicitados a responder verbalmente sobre a

situação-problema proposta, eram capazes de apresentar corretamente a resolução do problema. Expressões do tipo “*eu sei como, fiz de cabeça, mas não sei colocar em cálculos*” são muito comuns por parte destes alunos e a professora lhes propôs que falassem, explicitassem verbalmente, a respeito deste “*como*” e esta tarefa passou a fazer parte do processo de resolução de problemas nas aulas de Física.

A *resolução de problemas* tem aqui, como ponto de partida, o conhecimento implícito do aluno. O aluno é inicialmente instigado a fazer o uso da linguagem verbal explicitando seu conhecimento e estratégias de resolução e evoluindo, gradativamente, de acordo com o seu desenvolvimento cognitivo e através do progressivo domínio de um campo conceitual complexo, para um conhecimento operacional formal cientificamente aceito e explícito. A professora tem papel de mediadora da interação sujeito-situação e é provedora de situações-problema cada vez mais complexas que requeiram domínio progressivo de conceitos e “*máxima transformação do conhecimento adquirido*” (Moreira, 2000, p. 41) sendo possível, assim, evidenciar uma aprendizagem significativa e não meramente mecânica.

A opção pela Dinâmica se deve ao fato de que, não havendo possibilidade de mudanças na ordem dos conteúdos, dentro da realidade da escola em questão, que é preestabelecida, a Mecânica é a “porta de entrada” ao estudo da Física no Ensino Médio. A proposta, no entanto, além de ser acessível a qualquer contexto escolar, pode ser estendida a outros tópicos da Física.

O produto educacional previsto neste trabalho fará parte da série *Textos de Apoio ao Professor de Física*, publicada pelo Instituto de Física da UFRGS. O texto, apresentado no Apêndice 3, traz um resumo da problemática abordada e dá ênfase aos procedimentos práticos adotados durante a intervenção didática. No texto são apresentados exemplos, situações-problema resolvidas por alunos de acordo com a proposta, tanto em aula quanto em avaliações, resultados e sugestões de procedimentos.

Nas seções que seguem serão tratados os estudos relacionados ao tema “resolução de problemas”, o referencial teórico que alicerça este trabalho, a metodologia empregada, elaboração do material, implementação e avaliação do mesmo, os resultados obtidos e a discussão destes à luz do referencial teórico adotado e dentro do contexto no qual foi desenvolvido.

1.1 - Estudos relacionados

Existe uma grande fartura de pesquisas e publicações sobre os temas “resolução de problemas”, “linguagens utilizadas no ensino de ciências” e “propostas para o ensino de Física” o que não faz deles assuntos esgotados, visto que os resultados obtidos não respondem a todas as dúvidas e necessidades. É feita aqui a referência a alguns destes trabalhos que, de uma forma ou outra, ajudaram na condução desta dissertação.

O ensino de Física se dá no laboratório e em sala de aula, isto é, deve-se considerar a experimentação e a teoria como suas componentes. A avaliação da componente teórica é usualmente verificada nas situações-problema propostas aos alunos onde a resolução de problemas é um dos instrumentos utilizados para evidenciar a aprendizagem desse. Assim sendo, a investigação da resolução de problemas tem especial importância no contexto do ensino de Física.

Moreira e Costa (1999) publicaram quatro trabalhos a partir do estudo de diversos artigos de pesquisa, 149 ao todo, nacionais e internacionais, sobre a resolução de problemas, seus enfoques, base teórica e visão atual da pesquisa sobre o assunto. No primeiro, o enfoque é para as *diferenças entre novatos e especialistas*, o segundo analisa as *propostas de metodologias didáticas para trabalhar problemas em sala de aula*, o terceiro trata sobre os *fatores que influenciam na resolução de problemas* e o último aborda as *estratégias para facilitar a atividade de resolver problemas*.

Gangoso (1999) faz um estudo bibliográfico de trabalhos sobre a resolução de problemas do ponto de vista de teorias psicológicas, fatores explicativos, metodologia de investigação e desenvolvimento de instrumentos e sobre o sujeito que resolve os processos psicológicos envolvidos. Entre suas conclusões, faz referência à necessidade de se pesquisar a influência do docente no processo de resolução de problemas de seus alunos.

A importância da atividade do docente no processo da resolução de problemas sugere um consenso nas pesquisas investigadas por Moreira e Costa (1999) no sentido em que sua prática deve ser conduzida para uma participação mais ativa do aluno ao longo de todo o processo, desde a proposição até a solução do problema, dando enfoque para o uso dos conhecimentos conceitual e procedimental.

Outro trabalho de Gangoso, desta vez em conjunto com Buteler (2001), faz uma análise sobre diferentes formas de apresentação dos enunciados dos problemas e as estratégias

usadas pelos alunos para resolvê-los. Com diferentes enunciados para um mesmo problema, observaram que os alunos entendiam como sendo problemas distintos. No terceiro artigo de Moreira e Costa (1999), o enunciado do problema é verificado como um dos fatores que influenciam a resolução de problemas em sala de aula.

À luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, Sousa e Fávero (2002) fazem uma análise de uma situação de resolução de problemas em situação de interlocução entre um novato (aluno) e um especialista (professor). O resultado do trabalho mostra que o papel mediador do professor é indispensável no processo de resolução de problemas e superação de dificuldades e sugere que, de fato, a aprendizagem significativa de um campo conceitual é progressiva e necessita de tempo, em alguns casos até anos para ocorrer. Fazem ainda referência à necessidade do domínio do campo conceitual por parte do professor para que este possa agir adequadamente como mediador.

Escudero e Flores (1996) analisam a importância do discurso como ferramenta metodológica para a resolução de problemas e para o ensino e aprendizagem. Segundo a pesquisa, entre outras conclusões, a forma como se dá a interação entre o professor e o aluno e o encaminhamento do discurso por parte do professor, mediador, são fundamentais para o ensino e a aprendizagem a partir da resolução de problemas.

A “*linguagem da física*” é um dos aspectos abordados por Klajn (2002) na sua investigação a respeito de como os alunos do Ensino Médio, reprovados ou dependentes em Física, vêem o ensino desta. Nos depoimentos analisados e interpretados surge como um dos motivos da dificuldade em aprender Física o fato dela possuir uma linguagem própria - os alunos demonstram dificuldade na interpretação e compreensão dos significados físicos e de relacionar os modelos à linguagem formal. Para estes alunos, não há comunicação entre o que o professor quer ensinar e o que eles conseguem dar significado; apresentam dificuldade em compreender os símbolos da Física não conseguindo resolver as situações-problema propostas. Este fator acarreta em desmotivação do aluno que se sente também excluído do processo ensino-aprendizagem, participa pouco das aulas e raramente pergunta.

De acordo com a análise dos artigos a respeito da resolução de problemas, Moreira e Costa (1999) verificam que:

A principal metodologia usada pelos pesquisadores em resolução de problemas em Física tem sido a análise de protocolos verbais, a qual consiste na verbalização, de parte do sujeito que resolve o problema, do processo de resolução. Esta verbalização que é gravada, permite ao pesquisador obter informações sobre as estratégias e conteúdos empregados. (p.45)

Utilizando-se da análise de protocolos verbais, Rosa et al. (1992) fazem o uso da técnica de entrevista “*pensar alto*” e de questionário, para caracterizar o que venha a ser um bom ou um mau solucionador de problemas de Física a partir da análise das estratégias e conteúdos utilizados pelo aluno durante a resolução.

Os problemas, no âmbito da Física, podem ser classificados como abertos ou fechados. O problema aberto não corresponde a uma única e imediata solução, caracteriza-se “*por uma situação física para a qual (...) há diversas soluções possíveis dependendo de como forem definidas as condições de contorno do problema*” (Moreira e Costa, 1999). Os problemas ditos fechados “*seriam aqueles para os quais há, em princípio, uma solução ‘quase típica’, obtida a partir da aplicação do conhecimento prévio do sujeito e de procedimentos ‘quase típicos’*” (p.40).

Neste sentido, Echeverría e Pozo (1998) trazem a solução de problemas como um meio para uma aprendizagem não-mecânica, sistematizada. A solução de problemas é tomada como ponto de partida para aprender a aprender, isto é, o aluno não somente aprende a utilizar estratégias para resolver problemas escolares, ele também estende essa capacidade para problemas fora do contexto escolar. É feita a diferenciação entre os exercícios e problemas sendo que, no entanto, essa diferenciação pode não ser a mesma para sujeitos distintos: o que para um sujeito é um problema novo para o qual precisa elaborar estratégias para resolvê-lo, para outro sujeito este problema é similar a outros já resolvidos o que o caracteriza como um exercício que não estimulará novas estratégias mas possibilitará fixar habilidades.

Gil et al. (1992) questionam a didática habitual de resolução de problemas que costuma estimular o operativismo mecânico e abstrato e propõem uma postura investigativa para “*verdadeiros problemas*”. Questionam a forma como normalmente são apresentados os enunciados dos problemas, ricos em dados numéricos precisos, prontos para serem substituídos em fórmulas desfavorecendo o exercício da investigação e emissão de hipóteses sobre a situação proposta.

Peduzzi (1987) trata sobre as idéias intuitivas do aluno na resolução de problemas como fatores que podem interferir de forma negativa. Apresenta algumas situações-problema em que os alunos são questionados quanto às soluções e depois reproduz as situações em forma de atividades práticas onde os alunos confrontam resultados propiciando, assim, uma possível mudança conceitual.

Através de entrevistas clínicas onde crianças e adolescentes, de seis a quatorze anos, vivenciaram situações experimentais, Carvalho (1989) procurou entender como se dá o desenvolvimento do pensamento destes e, especificamente, *“como a noção de quantidade de movimento se forma no pensamento da criança e do adolescente, procurando salientar as relações lógicas que a organizam”* (p. 49). Carvalho propõe um ensino que tenha *“por meta a construção de um conhecimento pelos alunos – a Dinâmica – a partir de seus esquemas conceituais. Esses esquemas conceituais vão permitir interpretar dados prévios e novos dados, receber informações e transformá-las em conhecimento”* (p. 59).

Na pesquisa (Carvalho, 1989) verifica-se que apesar de a criança não usar a expressão “conservação da quantidade de movimento” a compreensão e aplicação desta parece bastante natural para ela assim como os demais conceitos implicados, mesmo não relacionando-os de forma cientificamente aceita. Carvalho salienta o papel do professor em ajudar a criança a reestruturar e aprimorar seus conceitos e suas relações *“a partir de discussões de novas experiências, de sistematizações, a fim de que eles sejam diferenciados entre si”* (p. 62). O professor deverá ainda *“ajudá-las a matematizar, isto é, estabelecer numa linguagem matemática o que eles conseguem transmitir numa linguagem coloquial”* (p. 60).

O funcionamento das linguagens comum e matemática no ensino da ciência física é um dos temas abordados por Almeida (2004) que assume o dispositivo teórico-analítico da análise de discurso de linha francesa destacando o papel da ideologia na construção do discurso e do sujeito. Almeida reporta-se a um de seus estudos anteriores (1987) em que, a partir de diversos autores, conclui que *“...a interpretação de uma fórmula é uma questão de leitura, e que toda disciplina tem a sua linguagem, acarretando ao professor, quer ele queira ou não, iniciar seus alunos em algumas formas dessa linguagem.”* (p. 116)

A linguagem formal utilizada pelos físicos teóricos aos seus pares na comunicação científica distingue-se da linguagem utilizada por leigos, de fácil compreensão por parte destes, a chamada linguagem comum. Os alunos, em seu processo de aprendizagem, apresentam dificuldade na compreensão e uso da linguagem formal, matemática, cujos símbolos lhes são muito abstratos. Sua leitura inicial é a leitura de um leigo, o aluno vai gradativamente incorporando conceitos, símbolos e significados a sua linguagem e somente então é capaz de comunicar-se utilizando a linguagem formal.

Com relação a esta suposta hierarquia de linguagens, Almeida argumenta (op. cit. p. 117):

Conversas informais e respostas a questões de entrevistas semi-estruturadas, fornecidas por estudantes e professores, fizeram-me configurar um quadro no qual é grande a expectativa, tanto de uns quanto de outros, de que quem vai aprender física saiba matemática, esta considerada um requisito prévio para o aprendizado da outra, e não algo cujo saber também estará se processando à medida que conteúdos considerados relevantes justifiquem a dedicação ao seu ensino e ao seu aprendizado.

A dificuldade no uso da linguagem matemática, própria da Física, não pode ser um empecilho no aprendizado desta. Almeida dá um exemplo em que um texto escrito por um físico, Maxwell, é apresentado sem formalismos, em entrevistas aos alunos juntamente com um conjunto de questões relacionadas ao texto e ao uso de textos similares em aula, e vê nos resultados que a aplicação deste recurso, propicia ao aluno conhecimento científico de forma, como alguns se manifestaram, mais agradável, sem a obrigatoriedade do uso da linguagem formal de imediato.

Em síntese, estes trabalhos enfocam a resolução de problemas na sala de aula como um recurso para o ensino de Física considerando implicações relevantes como a construção conceitual por parte do aluno; a linguagem utilizada por este e a linguagem própria da Física (que a princípio pode se apresentar como um fator de dificuldade para o aluno); o problema propriamente dito com relação ao seu enunciado e apresentação (que podem comprometer a interpretação por parte do aluno e a resolução do problema); o papel fundamental do professor durante todo o processo de ensino sob vários aspectos (desde os afetivos, sensível às dificuldades e condições de seu aluno, na reestruturação e construção de conceitos e na elaboração e transcrição da linguagem verbal para a linguagem matemática, formal); e apresentam algumas propostas para o ensino de Física de acordo com estas perspectivas.

A seguir, é apresentado o referencial teórico que fundamenta este trabalho.

1.2 - Referencial Teórico

Fundamentam este trabalho a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget (1989), a psicologia educacional de David Ausubel (1980), o interacionismo social de Lev Vygotsky (1987) e a teoria psicológica dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1993; 1996).

Jean Piaget (1978; 1989) é o primeiro e o mais conhecido teórico construtivista do século XX. De acordo com a teoria construtivista de Piaget, “*o conhecimento da realidade*

deve ser descoberto e construído através da atividade da criança” (Moreira; Ostermann, 1999, p. 12). Piaget traz na sua teoria os períodos de desenvolvimento mental e os conceitos de equilíbrio, acomodação, assimilação, adaptação e organização.

Piaget organiza em quatro períodos o desenvolvimento cognitivo: sensório-motor (de zero a dois anos), pré-operacional (de 2 até 7 anos), operacional concreto (de 7 a 11 anos) e o operacional formal (a partir dos 11 anos). Estas idades são aproximadas. A ordem dos períodos é invariável. No entanto, indivíduos que pertençam a uma determinada faixa etária, poderão não apresentar plenamente o comportamento relativo ao período de desenvolvimento cognitivo correspondente a esta faixa, mas manter o comportamento correspondente ao período anterior ou, raramente, ao período posterior.

De acordo com essa classificação, o adolescente, se encontraria no período operacional formal, sendo capaz de empregar as operações formais, fazer combinações e propor hipóteses sobre um determinado problema.

O adolescente torna-se capaz de fazer raciocínios hipotético-dedutivos. A dedução lógica é um de seus novos instrumentos, ele passa a buscar hipóteses gerais que possam explicar fatos observáveis que tenham ocorrido. Portanto, a característica básica desse período é a capacidade de manipular construtos mentais e reconhecer relações entre esses construtos. (Moreira, 1999, p. 98-99)

No entanto, nem todos os adolescentes fazem uso de operações formais ou sequer são capazes de utilizá-las. Piaget considera que as faixas etárias previstas para cada estágio são flexíveis dentro de uma mesma cultura ou entre culturas distintas e que o processo de desenvolvimento e transição de um estágio para outro é gradual e contínuo.

Dentro de uma mesma turma de 1ª série do Ensino Médio, é possível encontrar alunos em diferentes períodos, operacional concreto e operacional formal. Trabalhar conceitos com este grupo heterogêneo requer uma adequação dos procedimentos utilizados, por parte do professor, aos períodos em que se encontram os alunos. O professor deverá ser capaz de identificar os diferentes períodos e dar a assistência necessária para facilitar a transição de um conhecimento intuitivo não formal para um conhecimento explícito e formal.

Segundo Piaget, o funcionamento cognitivo tem dois princípios, a organização e a adaptação. A organização é a integração de *estruturas, físicas ou psicológicas, em sistemas ou estruturas mais ordenados* (Moreira; Ostermann, 1999, p. 12). Todo organismo tende a se adaptar ao meio, à realidade, em que está inserido. A adaptação à situação se dá no equilíbrio entre dois processos: a acomodação e a assimilação.

No processo da assimilação o indivíduo utiliza esquemas de assimilação – estruturas já construídas e organizadas de comportamento. “Quando um organismo (a mente) assimila, ele incorpora a realidade a seus esquemas de ação, impondo-se ao meio.” (Moreira, 1999, p. 100). No processo da assimilação de situações conhecidas não ocorre mudança do conhecimento que se tem da realidade, não ocorrem mudanças nos esquemas de assimilação – o organismo (mente) não se modifica.

Se os esquemas de ação do indivíduo não são capazes de assimilar a situação proposta (por exemplo, “o peso é uma força”), ele terá que modificar ou construir novos esquemas. Ao se deparar com uma situação em que os esquemas de assimilação do indivíduo são insuficientes para dar conta, ocorre o desequilíbrio cognitivo. O equilíbrio é re-estabelecido quando o indivíduo, ao construir ou reestruturar um esquema, assimila a nova situação, ou quando a abandona.

Quando o indivíduo constrói novos esquemas de assimilação ou reestrutura seus esquemas de assimilação existentes, ocorre o processo da acomodação que, diferente da assimilação, produz mudanças no organismo (mente). “*É através das acomodações (que, por sua vez, levam à construção de novos esquemas de assimilação) que se dá o desenvolvimento cognitivo.*” (Moreira, 1999, p. 100).

Situações moderadamente novas, gradativamente mais complexas, produzem desequilíbrio cognitivo no organismo (mente) e o reequilíbrio decorre da reestruturação cognitiva, da construção ou reestruturação de esquemas de assimilação com sucessivas melhoras – é o que Piaget chama de *equilibração majorante*.

A aprendizagem da criança se dá nas situações novas apresentadas, onde ela vai reestruturar seus esquemas de assimilação. Situações já assimiladas não produzem desenvolvimento cognitivo. Piaget destaca a importância de que as situações apresentadas ao aluno sejam moderadamente novas para que não produzam um desequilíbrio muito grande que impossibilite a *equilibração majorante*.

A escola deve apresentar situações que sejam coerentes com o período de desenvolvimento mental da criança.

Outro erro muito comum, principalmente nos últimos anos da escola secundária e mesmo nos primeiros da universidade, é ensinar em um nível puramente formal (supondo, portanto, que esse nível tenha já sido plenamente atingido) para alunos que estão ainda, em muitas áreas, em uma fase de raciocínio operacional-concreto. (Moreira, op.cit. p.103)

O ensino de Física na primeira série do Ensino Médio apresenta muitas situações novas. Para alguns alunos estas situações poderão apresentar-se moderadamente novas, para outros serão completamente novas, isto é, são tópicos que invocam esquemas de assimilação supostamente desenvolvidos em séries anteriores, supostamente pois os alunos de uma mesma classe poderão não apresentar os mesmos esquemas de assimilação e nem aprender da mesma forma. O desequilíbrio requer modificação do organismo (mente) em busca do reequilíbrio — equilíbrio majorante. Mas se o desequilíbrio for grande demais o aluno pode acabar desistindo. Piaget argumenta que

... é perfeitamente possível que o insucesso escolar em um ou outro tópico decorra, por exemplo de uma passagem demasiado rápida da estrutura qualitativa dos problemas (raciocínios lógicos sem a introdução de formalismo matemático) para a esquematização quantitativa ou matemática (no sentido de equações já elaboradas). Esta passagem demasiadamente rápida provoca um desequilíbrio tão grande que, para muitos alunos, não leva à equilíbrio majorante. (Piaget, apud Moreira, op.cit, pp. 105-106).

Piaget considera a atividade, física ou mental, como ferramenta imprescindível no processo de desenvolvimento cognitivo, assim como a interação social. A atividade deve ser utilizada como meio para descoberta e reconstrução de fatos e relações propiciando a reinvenção da teoria por parte do sujeito. Na interação social o aluno deve argumentar, compartilhar idéias e experiências com seus colegas.

Lev Vygotsky (1987) considera a interação social instrumento essencial no desenvolvimento do conhecimento – é na conversão das relações sociais em funções mentais que se dá o desenvolvimento cognitivo (Driscoll, 1995; apud Moreira, 1999). Esta conversão não ocorre diretamente, é mediada e faz uso de instrumentos e signos.

Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa... As palavras por exemplo, são signos lingüísticos, os números são signos matemáticos; a linguagem, falada e escrita, e a matemática são sistemas de signos. (Moreira, 1999 p. 111)

São as sociedades ao longo do seu desenvolvimento histórico, social e cultural que criam instrumentos e signos. Os significados dos signos são construídos socialmente e compartilhados pelo grupo. No entanto, grupos distintos poderão construir signos e significados distintos — uma palavra ou um gesto pode ter um significado para um grupo e diferente ou nenhum significado para outro grupo, o significado é contextual.

Por exemplo, a criança ao interagir com outras crianças ou com adultos aprende a palavra “lápiz” (signo). O adulto ou outra criança mostra o lápis e utiliza-o para escrever, a

criança que assiste capta o significado do signo e, se confirmado ao verificar que este significado é compartilhado com os demais, ela internaliza o signo.

Para internalizar signos, o ser humano tem que captar os significados já compartilhados socialmente, ou seja, tem que passar a compartilhar significados já aceitos no contexto social em que se encontra, ou já construídos social, histórica e culturalmente. Percebe-se aí o papel fundamental da interação social, pois é por meio dela que a pessoa pode captar significados e certificar-se de que os significados que captou são aqueles compartilhados socialmente para os signos em questão. (Moreira, op. cit. p. 113)

Na teoria de Vygostky o sistema de signos mais importante para o desenvolvimento cognitivo é a linguagem. A inteligência prática (uso de instrumentos) e a inteligência abstrata (uso de sistemas de signos e significados) se desenvolvem separadamente nas primeiras fases da vida da criança e convergem quando a criança utiliza a fala durante a resolução de um problema prático – *“embora a inteligência prática e o uso de signos possam operar independentemente em crianças pequenas, a unidade dialética desses sistemas no adulto humano constitui a verdadeira essência no comportamento humano complexo”* (Vygostky, 1998, apud Moreira, 1999).

A linguagem tem papel fundamental na formação e aprendizagem de conceitos. Vygotsky e seus colaboradores realizaram um estudo experimental sobre a formação dos conceitos, em suas várias fases evolutivas, com mais de 300 pessoas – crianças, adolescentes e adultos. O resultado deste estudo mostra que:

Os processos que levam à formação dos conceitos evoluem ao longo de duas linhas principais. A primeira é a formação dos complexos: a criança agrupa diversos objetos sob um ‘nome de família’ comum; esse processo passa por vários estágios. A segunda linha de desenvolvimento é a formação de ‘conceitos potenciais’, baseados no isolamento de certos atributos comuns. Em ambos os casos, o emprego da palavra é parte integrante dos processos de desenvolvimento, e a palavra conserva a sua função diretiva na formação dos conceitos verdadeiros, aos quais esses processos conduzem. (Vygostky, 1987, p. 70)

Na teoria de Vygotsky são propostos dois níveis de desenvolvimento: nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal. No nível de desenvolvimento real o sujeito pode realizar as tarefas sozinho, sem ajuda, pois já dispõe de funções mentais resultantes de ciclos de desenvolvimento completados. A aprendizagem ocorre dentro da zona de desenvolvimento proximal que:

...define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É uma medida do potencial de aprendizagem; representa a

região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre; é dinâmica, está constantemente mudando. (Moreira, 1999, p. 116)

Na zona de desenvolvimento proximal o indivíduo, para realizar as tarefas propostas, precisa receber ajuda de outros, colegas ou adultos. A aprendizagem resulta da interação social que ocorre dentro da zona de desenvolvimento proximal — o sujeito vai se apropriando de significados a partir da interação com as pessoas do seu grupo ou ambiente e, gradativamente, completa um novo ciclo de desenvolvimento.

Segundo Vygostky, não há sentido em se oferecer situações no nível de desenvolvimento já alcançado pelo aluno (desenvolvimento real), visto que não produz desenvolvimento cognitivo. Assim, a aprendizagem ocorre a partir de novas situações apresentadas ao aluno dentro da sua zona de desenvolvimento proximal. Na teoria de Vygostky é a aprendizagem, na zona de desenvolvimento proximal, que possibilita o processo de desenvolvimento cognitivo do sujeito.

Neste aspecto, propor situações-problema repetitivas ao aluno, fará com que ele faça uso de um estágio de desenvolvimento já alcançado, de relações, instrumentos e signos já conhecidos, sem que novos significados sejam apresentados a ele. Há um reforço no que ele já sabe e não uma evolução em seu desenvolvimento cognitivo. Vygostky propõe utilizar obstáculos gradativamente mais complexos, dentro da zona de desenvolvimento proximal, em situações-problema fazendo com que a aprendizagem esteja à frente do nível de desenvolvimento cognitivo e o oriente.

O professor, no processo de ensino, deve apresentar novos significados dentro da zona de desenvolvimento proximal do aluno e, para uma aprendizagem efetiva, deverão, aluno e professor, compartilhar tais significados. Para que este processo seja eficaz e o desenvolvimento cognitivo ocorra, se faz necessário a interação, através da linguagem, entre todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem.

David Ausubel (2000) considera como fator principal para a aprendizagem o que o aluno já sabe, isto é, a sua estrutura cognitiva preexistente e deve-se ensiná-lo de acordo com ela. Não é uma tarefa fácil averiguar “*os conceitos, idéias, proposições disponíveis na mente do indivíduo e suas inter-relações, sua organização*” (Moreira; Ostermann, 1999, p. 45), tampouco é fácil ensiná-lo de acordo.

Um conceito relevante, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, constitui aquilo que Ausubel denomina de *subsunçor*. O *subsunçor* possibilita a

incorporação de novos conceitos, idéias e proposições à estrutura cognitiva caracterizando o que Ausubel chama de aprendizagem significativa.

Ocorre a aprendizagem significativa subordinada quando o novo conhecimento relaciona-se de maneira não-literal e não-arbitrária com subsunçores existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Nesta interação, o novo conhecimento é assimilado, incorporado pelo conceito *subsunçor*, podendo também modificá-lo. Ou seja, para que ocorra a aprendizagem significativa, deve ser possível incorporar o novo conhecimento à estrutura cognitiva do sujeito de forma a fazer com que ele adquira significado ao interagir com os conceitos e proposições relevantes já existentes na estrutura cognitiva deste (o aprendiz). Outra condição para que ocorra a aprendizagem significativa “*é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva*” (Moreira, 1999, p. 156).

A aprendizagem mecânica é diferenciada da aprendizagem significativa por ocorrer praticamente sem interação com a estrutura cognitiva já existente. O conhecimento é internalizado de forma literal e arbitrária. No entanto, Ausubel não considera uma dicotomia entre a aprendizagem mecânica e a significativa, mas um contínuo. A aprendizagem mecânica, quando se tratar de um assunto completamente novo ao indivíduo, pode fornecer *subsunçores* mesmo pouco elaborados a princípio, mas “*à medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações*” (Moreira, op. cit., p. 155).

Ausubel compara a aprendizagem por descoberta com a aprendizagem por recepção. Na aprendizagem por recepção o indivíduo recebe o conhecimento na sua forma final e na aprendizagem por descoberta o conhecimento deverá ser descoberto pelo aluno. Contudo, tanto na aprendizagem por recepção quanto na aprendizagem por descoberta, só haverá significado para o sujeito que aprende se houver incorporação do novo conteúdo à estrutura cognitiva preexistente de forma não-literal e não-arbitrária.

A aprendizagem por descoberta não é necessariamente significativa assim como a aprendizagem por recepção não é necessariamente mecânica. Ausubel considera que o indivíduo, ao atingir um determinado nível de maturidade cognitiva, poderá fazer relações entre o que está sendo aprendido e a sua estrutura cognitiva, sem a necessidade de experiência empírico-concreta (Moreira; Ostermann, 1999, p. 49).

Avaliações, testes e provas, são os recursos mais utilizados em sala de aula para averiguar a aprendizagem. No entanto, desta forma, a aprendizagem significativa poderá ser simulada, isto é, o indivíduo poderá fazer uso apenas de aprendizagem mecânica em suas respostas. Ausubel

Propõe, então, que ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a ‘simulação da aprendizagem significativa’ é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. (Moreira, 1999, p. 156)

A linguagem, na teoria de Ausubel, tem papel fundamental no processo da aprendizagem significativa. “*A manipulação de conceitos e proposições é aumentada pelas propriedades representacionais das palavras. A linguagem clarifica os significados, tornando-os mais precisos e transferíveis*” (Moreira, op. cit., p. 163).

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1996) é uma teoria psicológica cognitivista neopiagetiana que tem como núcleo do desenvolvimento cognitivo a conceitualização do real e que difere da teoria de Piaget

(...) ao tomar como referência o próprio conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do progressivo domínio desse conhecimento, bem como ao ocupar-se do estudo do desenvolvimento cognitivo do sujeito-em-situação ao invés de operações lógicas gerais, de estruturas gerais do pensamento. (Moreira, 2004, p. 29)

Vergnaud argumenta que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio ocorre progressivamente. Campo conceitual é, para Vergnaud, “*um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição*” (Vergnaud, 1982, apud Moreira, 2004, p. 8).

Os campos conceituais são constituídos por situações (tarefas) que necessitam, para seu domínio, o domínio de conceitos diversos. O campo conceitual da Dinâmica, por exemplo, faz parte do campo conceitual da Física Clássica e os campos conceituais de Força e Movimento fazem parte, por sua vez, do campo conceitual da Dinâmica. Vários conceitos são envolvidos nas situações que constituem os campos conceituais de Força e Movimento como, por exemplo, interação, velocidade, aceleração e massa, entre outros.

Para conceituar campo conceitual, Vergnaud faz uso de três argumentos principais: uma situação não pode ser analisada a partir de um único conceito; um conceito não pode ser formado a partir de uma única situação e

a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou de todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se desenrola ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes (Vergnaud, 1983, apud Moreira, 2004, p. 10).

O conceito, na teoria de Vergnaud, é um triplete S – I – R, onde S é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito (referente), I é o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito (significado) e R é o conjunto de representações simbólicas que permitem representar o conceito (significante).

Na teoria dos campos conceituais, a essência do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização e são as situações que dão sentido ao conceito. Portanto, são as situações e não os conceitos que constituem a principal entrada de um campo conceitual. O conceito de situação empregado por Vergnaud é o de tarefa e não o de situação didática (op. cit., pp. 10-11).

Piaget introduz o conceito de esquema que na teoria de Vergnaud tem um alcance mais amplo, sendo tratado como o que há de invariante na conduta do sujeito frente a uma dada classe de situações e que deve relacionar-se com as características das situações às quais se aplica (Moreira, op. cit., p. 12-13). Decorre daí, na teoria de Vergnaud, a interação esquema-situação. Em situações familiares ao sujeito, não novas, ele recorre a um único esquema, de eficácia já conhecida por ele na resolução desta classe de situação. No entanto, quando uma situação nova é apresentada ao sujeito, ele recorre a vários esquemas que deverão ser acomodados, descombinados e recombinaos. “(...) o desenvolvimento cognitivo consiste sobretudo, e principalmente, no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas” (Moreira, op. cit., p. 12).

Os ingredientes dos esquemas, como define Vergnaud, são as metas e antecipações, regras de ação do tipo “se... então”, invariantes operatórios — conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, que são a parte conceitual dos esquemas — e possibilidades de inferência.

Os invariantes operatórios (...) dirigem o reconhecimento, de parte do sujeito, dos elementos pertinentes à situação e à categoria da informação sobre tal situação (Sousa e Fávero, 2002, p. 64).

É preciso definir aqui o que são teorema-em-ação e conceito-em-ação. Teorema-em-ação e conceito-em-ação são invariantes operatórios, conhecimentos contidos nos esquemas que articulam teoria e prática. “*Teorema-em-ação é uma proposição considerada como*

verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é um objeto, um predicado, ou uma categoria de pensamento tida como pertinente” (Vergnaud, 1996, apud Moreira, 2004, p. 15).

Teorema-em-ação é uma proposição e não há proposição sem conceito. No entanto, proposições podem ser verdadeiras ou falsas, já os conceitos podem ser apenas relevantes ou não. *“Há uma relação dialética entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, uma vez que conceitos são ingredientes de teoremas e teoremas são propriedades que dão aos conceitos seus conteúdos. Mas seria um erro confundir-los”* (Vergnaud, 1998, apud Moreira, 2004, p. 16). Ainda,

(...) os conceitos-em-ação que possuímos permitem-nos identificar elementos conhecidos nas situações que enfrentamos e os teoremas-em-ação fornecem-nos as regras que vinculam esses elementos e que nos permitem resolver uma dada situação e agir em consequência. (Greca; Moreira, 2004, p. 3).

Os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação são, na maioria das vezes, implícitos, não-científicos, com grande dificuldade de comunicação e argumentação, mas podem tornar-se explícitos, considerados como conhecimento conceitual e aceitos cientificamente. Os alunos têm, na sua maioria, uma grande dificuldade de explicitar seus teoremas-em-ação, colocar em palavras seu conhecimento, e sua forma de expressar-se está muito distante do formalismo que muitos professores esperam desde o início do processo. O aluno progressivamente domina o campo conceitual e, em decorrência, seu conhecimento evolui de implícito para um conhecimento formalizado explícito. Segundo Vergnaud:

(...) é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para os alunos podem estar, pelo menos inicialmente, muito distantes do formalismo apresentado pelo professor. Mas, apesar disso, tais situações são essenciais para o desenvolvimento de conceitos. Quer dizer, ao mesmo tempo que as situações formais são necessárias é preciso levar em consideração que o aluno pode estar ainda muito longe delas (Vergnaud, 1983, apud Moreira, 2004, p. 25)

A influência de Vygotsky na teoria dos campos conceituais está nas suas idéias sobre o papel que o professor representa nesta transição do conhecimento implícito para o conhecimento explícito, no progressivo domínio de um campo conceitual. O professor é mediador, faz uso da linguagem e de símbolos e, principalmente, oferece situações diversas, cuidadosamente escolhidas e oportunas dentro da zona do desenvolvimento proximal do aluno.

Verifica-se na teoria de Vergnaud uma constatação ausubeliana quando se refere à resolução de problemas – situações-problema – progressivamente mais complexos, não-familiares e que requeiram a máxima transformação do conhecimento adquirido, o que evidencia, segundo Ausubel, a aprendizagem significativa. A resolução de problemas similares não propicia o desenvolvimento de novos esquemas, mas a utilização de um único esquema já organizado e eficiente na resolução desta classe de situações pelo aluno.

A partir da teoria dos campos conceituais é possível realizar estudos sobre as dificuldades dos alunos em situações-problema analisando os conhecimentos-em-ação e teoremas-em-ação invocados por eles durante o processo, a forma como eles expressam suas resoluções, o quanto são explícitas, formais e cientificamente aceitas e o como pode se dar, a partir da resolução de problemas, o progressivo domínio de um campo conceitual.

O mapa conceitual da Figura 1 relaciona os teóricos de aprendizagem mencionados no trabalho e o mapa conceitual da Figura 2 esquematiza o referencial teórico adotado, as teorias de aprendizagem mencionadas e a proposta do trabalho.

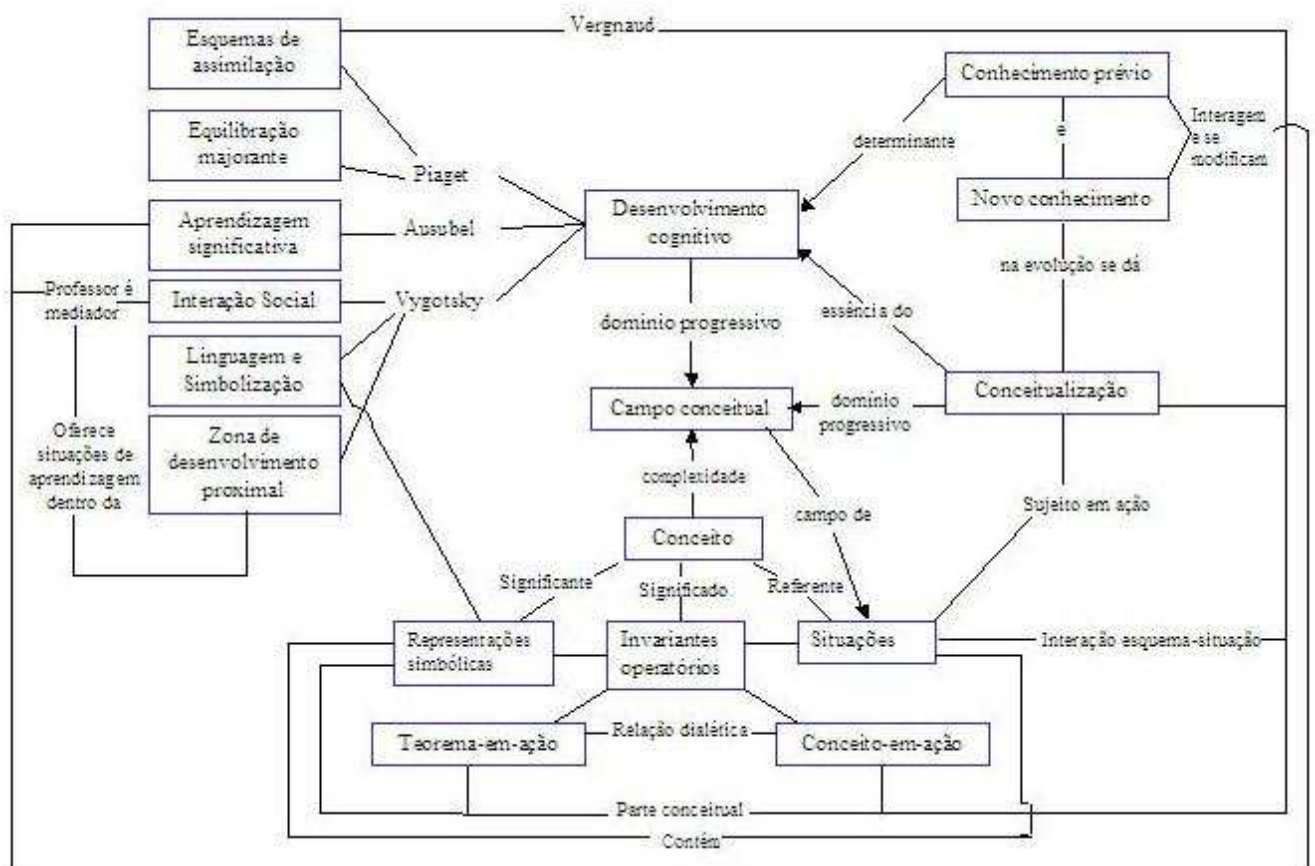


Figura 1: Mapa conceitual dos teóricos de aprendizagem apresentados.

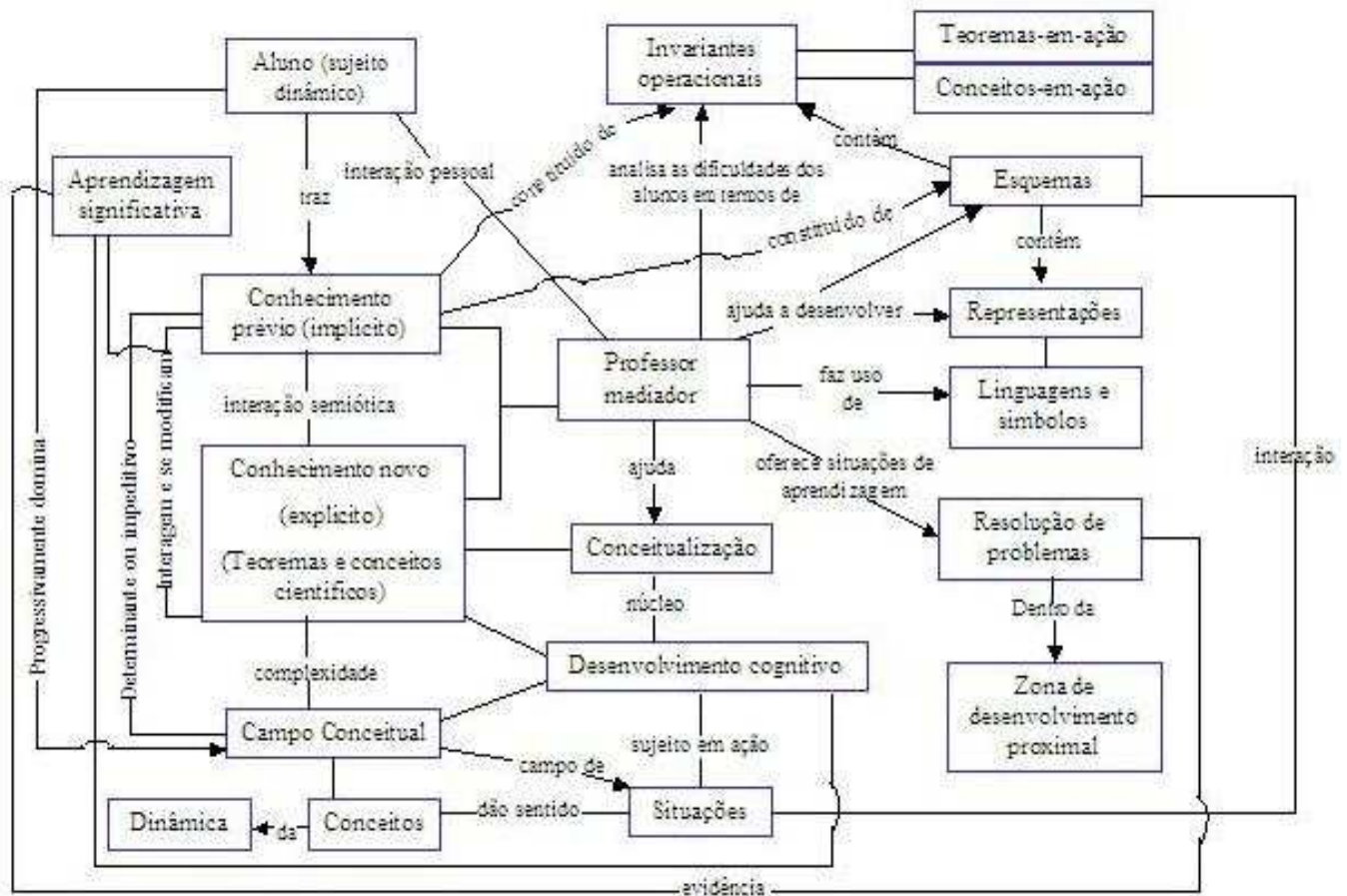


Figura 2: Mapa conceitual do referencial teórico adotado e da proposta de trabalho.

1.3 - Metodologia

Neste trabalho não são aplicados grandes recursos tecnológicos, nem são produzidas simulações computacionais; tampouco, infelizmente, se faz uso de um laboratório de Física digno deste título. Os recursos são parcos, os computadores são lentos e já não comportam programas mais atuais, o laboratório de Física se restringe ao material produzido pela professora com baixo custo. Não é uma situação exclusiva da escola onde foi aplicada a proposta, mas que pode ser verificada em diversas outras escolas, tanto da rede pública quanto da privada.

No entanto, as dificuldades do ensino e aprendizagem não se limitam aos recursos materiais, há fatores mais relevantes neste processo, os sujeitos envolvidos — professor e aluno — e as suas relações. Neste sentido, a busca por uma solução para as dificuldades

verificadas, não depende necessariamente de recursos materiais ou financeiros, mas passa pela sensibilidade e conduta do professor enquanto profissional. O que é feito aqui é uma proposta direta ao professor – ao mediador.

Não é difícil encontrar professores que se consideram bons professores quando o índice de reprovação na sua disciplina é alto. Felizmente existem professores que, no entanto, fazem uma avaliação crítica sobre seu trabalho tentando ver o que está errado, os motivos pelos quais seus alunos não conseguem aprender e que buscam traçar estratégias para um melhor resultado.

Há professores de Física que não admitem respostas em linguagem verbal em suas provas, considerando correta apenas a resposta baseada em linguagem formal, geralmente quantitativa onde o aluno substitui símbolos por valores numéricos nem sempre compreendendo as relações e sendo pouco ou nada significativa para ele. Se o aluno esquecer a fórmula ou efetuar erros matemáticos, a avaliação quanto ao seu conhecimento sobre o conteúdo da Física será refletida por esta situação e não pelo o que ele possa vir a saber.

A linguagem verbal é uma forma de expressão sobre como o problema foi pensado, que estratégias foram utilizadas e que conceitos foram relacionados sem fazer o uso, de início, das operações formais. Os alunos da primeira série do Ensino Médio, na sua grande maioria, têm dificuldade em relacionar seus conceitos quase intuitivos da Física com a formalização exigida em sala de aula. Existe uma grande barreira que deve ser transposta de forma mais suave do que vem sendo normalmente feita. É preciso partir daquilo que o aluno já sabe, mesmo que sejam conceitos inicialmente equivocados, não aceitos cientificamente, e o professor deverá orientá-lo de forma que evolua, gradativamente, para o conhecimento científico.

A comunicação entre professor e aluno deve ser dentro de uma linguagem que possa ser compreensível a ambos, é claro que o professor deverá corrigir, com o seu aluno, possíveis falhas desta comunicação – conceitos que não são compreendidos da mesma forma por ambos, por exemplo. A linguagem verbal vai sendo aprimorada, corrigida, compreendida, comunicada e aceita pelo professor e pelo o aluno até que o entendimento seja mútuo e ela possa ser elevada a condição de linguagem formal incluindo a transcrição para a linguagem matemática dos conceitos. A linguagem verbal e a linguagem formal, portanto, se complementam e não competem como se poderia pensar, e é nesta complementação que se dá a apreensão do conhecimento por parte do aluno.

O trabalho foi realizado nos anos letivos de 2004 e 2005 durante as aulas normais de Física, na primeira série do Ensino Médio. No ano de 2004 foram 58 alunos envolvidos e no ano de 2005 um total de 45 alunos. As atividades relacionadas a este trabalho foram aplicadas na totalidade do grupo e, com a finalidade de análise, foram feitas amostragens respeitando a proporção original (total) de resultados que evidenciam a proposta do trabalho e de resultados que contrariam esta proposta.

Este capítulo foi uma ampla introdução. O próximo apresenta como a Física é trabalhada na primeira série do Ensino Médio na escola em que foi aplicada a proposta do trabalho e como a professora detectou o problema que deu origem a esta proposta. No terceiro capítulo, a proposta aplicada na primeira série do Ensino Médio no ano letivo de 2004, as atividades realizadas em aula, os depoimentos dos alunos com relação à proposta e os resultados são apresentados. A proposta foi aplicada novamente no ano letivo de 2005. O quarto capítulo trata sobre como se deu a aplicação da proposta no ano de 2005 e complementa a mesma com uma avaliação sobre o como as situações-problema são apresentadas aos alunos. O quinto, e último, consta de uma síntese de todo o trabalho desenvolvido.

CAPÍTULO II - A FÍSICA NA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO E A DETECÇÃO DO PROBLEMA

O livro de texto utilizado é “Física”, volume único, do autor Alberto Gaspar (Editora Ática). Tem bons textos, a linguagem utilizada pelo autor, apesar de os alunos manifestarem dificuldade na compreensão, é correta conceitualmente; os exemplos e as situações-problema propostas são variados e possuem níveis de dificuldade diferenciados. O livro de texto não é entendido como um roteiro a ser seguido, trata-se de um facilitador do processo de ensinar. O aluno pode rever a aula em casa lendo os textos ou resolvendo os exercícios propostos no livro.

Enquanto muitos professores de Física consideram inviável começar o estudo da Física por vetores e alguns, até mesmo, deixam de mencioná-lo (o tópico), a professora agente desta intervenção, desde muitos anos, tem preferência em dar início pelo estudo das grandezas e vetores – é uma “porta” importante para a “nova linguagem”. No campo conceitual da Dinâmica e nos demais tópicos da Física, as grandezas escalares e vetoriais estão presentes.

O conceito de vetor como uma representação de grandezas vetoriais que indica o módulo, a direção e o sentido através de um segmento de reta orientado não encontra grande dificuldade em ser compreendido, reconhecido e utilizado pelo aluno. Transcrever e representar conceitos de módulo, direção e sentido através de vetores é uma das primeiras atividades propostas onde o aluno pode evidenciar a linguagem formal (representação vetorial, determinação do vetor resultante e cálculo com vetores) como tradução da linguagem verbal (velocidade horizontal, para a esquerda, de módulo 15 m/s, por exemplo).

Os significados dos sinais que acompanham os módulos de grandezas como a velocidade, deslocamento, força e aceleração, após o estudo dos vetores, ficam facilitados, o aluno tem condições de dar um significado científico a estes sinais e é capaz de relacioná-lo à situação que foi proposta. Não é difícil encontrar alunos que, sem compreender a linguagem vetorial, ao solucionar matematicamente uma situação-problema e encontrar para a velocidade, por exemplo, uma resposta igual a -10 m/s (menos dez metros por segundo), digam que é uma velocidade de intensidade inferior a zero!

No entanto, o aluno que compreende o conceito de vetor sabe que, neste caso, o sinal negativo se refere ao sentido do movimento do corpo em relação à trajetória adotada, ele é capaz de relacionar o sinal a alguma informação pertinente e compreender o resultado que, na maior parte das vezes, já é previsto. O aluno compreende os sinais não apenas como símbolos matemáticos mas também como significados da Física que são explícitos na medida em que ele faz relações.

Até mesmo o sinal negativo para o tempo que aparece muitas vezes na resolução de situações-problema dos movimentos uniformemente variados merece uma discussão. Muitos professores simplesmente dizem que tempo negativo não existe e, portanto, deve-se aceitar apenas a raiz positiva da equação do segundo grau. Os alunos (a maioria), mesmo não compreendendo o motivo, aceitam e reproduzem o esquema na resolução de outras situações-problema similares.

Para o professor é bastante cômodo apesar de não lhe custar mais do que alguns minutos, um “parêntese” em sua aula, para explicar o significado do sinal negativo para o tempo e o motivo pelo qual não usamos o valor encontrado com este sinal e poderia ajudar a evitar a idéia de que a solução matemática pode apresentar resultados “errados” transformando a Física em algo ainda mais inacessível ao aluno – até a Matemática que lhe parece tão exata não é capaz de lhe dar respostas seguras sobre uma situação-problema da Física.

A linguagem formal é uma transcrição matemática de um fenômeno que envolve conceitos e seus resultados também devem ser interpretados em forma de conceitos – uma coisa não é independente mas interligada a outra.

A construção de funções matemáticas para os movimentos só tem significado para o aluno se tiver como base as relações entre os conceitos envolvidos. As representações simbólicas, como fórmulas, por exemplo, têm função altamente relevante no processo de conceitualização. O aluno deve compreender que estas funções são capazes de descrever os movimentos matematicamente através de suas relações. *“Pero las formulas no son el punto final de la conceptualización, pues es necesario hacer una lectura adecuada, y esto también demanda operaciones de pensamiento”* (Vergnaud, 2007).

Como cada função matemática pode ser descrita por um gráfico, os movimentos também poderão ser descritos através de gráficos. Para muitos professores, o trabalho com gráficos se traduz numa tarefa ingrata – “perde-se” muito tempo e mesmo assim o aluno não

demonstra capacidade de construir ou interpretar gráficos. O erro talvez esteja em pensar que a função matemática que traduz uma situação da Física seja apenas uma função matemática, como aquelas que os alunos estão habituados a resolver em suas aulas de Matemática.

Na Física cada número tem significado próprio, os eixos do plano cartesiano não se relacionam de maneira arbitrária mas obedecem regras, leis; se for uma função de primeiro grau se obtém uma reta cuja inclinação tem um determinado significado, se for uma função de segundo grau a concavidade da parábola, seu vértice e origem referem-se ao fenômeno, trazem informações e significados – o gráfico apresenta-se como uma linguagem visual que é capaz de expressar conceitos e relacioná-los e a sua leitura e compreensão são fundamentais. A construção de um gráfico, nas aulas de Física, não deve ser feita simplesmente como um exercício matemático mas como forma de transcrever em linguagem visual uma situação-problema.

Boas aulas sobre a construção e leitura de gráficos não são “perda de tempo”. Pelo contrário, são extremamente gratificantes na medida em que o aluno não apenas consegue construí-los a partir de uma função matemática, mas também se torna capaz de interpretar, quantificar e relacionar os conceitos na leitura do gráfico.

A Cinemática é tida, por muitos professores e pela maioria dos alunos, como uma das vilãs do ensino da Física. Mas, deixando de lado o seu caráter bastante abstrato e direcionando o seu estudo de maneira mais adequada, o estudo da Cinemática pode vir a ser de utilidade como introdução a conceitos relevantes a outros tópicos como, por exemplo, os conceitos de velocidade, aceleração, tempo e espaço, e ao uso de funções e gráficos para descrever os movimentos.

Talvez um dos motivos para tal dificuldade por parte do aluno quanto à Cinemática, esteja relacionado a um pressuposto, por parte do professor de que os conceitos e teoremas científicos, que constituem o campo conceitual da Cinemática, já façam parte do repertório do aluno tendo em vista que, na maioria das escolas, estes conceitos e teoremas são trabalhados na oitava série do Ensino Fundamental. No entanto, este pressuposto pode ser um equívoco fácil de ser averiguado nas resoluções de situações-problema que envolvam estes conceitos e teoremas – o aluno, algumas vezes, não compreende o que é solicitado na situação-problema, não é capaz de identificar dados e relacioná-los a conceitos, confunde velocidade com aceleração, por exemplo, ou utiliza unidades incompatíveis como 10 s (dez segundos) para indicar um deslocamento ou 1 m/s (um metro por segundo) para indicar uma aceleração – são

conceitos e teoremas científicos que se apresentam ainda de forma muito abstrata para este aluno.

O aluno deve ser capaz de explicitar seus conceitos e teoremas-em-ação e, para tanto, deve ser incentivado a esta prática seja durante as aulas ou em avaliações. As situações-problema não devem ter caráter mecanicista que levem apenas à repetição de um mesmo esquema por parte do aluno. Ao contrário, devem ser variadas, com níveis de dificuldade também variados, que façam o aluno rever constantemente seus esquemas. As situações-problema devem ser discutidas com seus pares (colegas) e também com o professor que, como mediador, deve incentivar nos alunos a comunicação verbal de suas concepções, levar à discussão dos prós e contras das possíveis concepções divergentes (criar um conflito cognitivo) e orientar na busca de soluções.

Para o aluno, os conceitos e teoremas-em-ação inicialmente são implícitos e gradativamente vão se tornando explícitos e, espera-se, cientificamente aceitos. O uso consciente e não meramente mecânico da linguagem formal é uma evidência da capacidade de explicitar os conceitos e teoremas-em-ação. Segundo Vergnaud,

(...) os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação não são nem verdadeiros conceitos nem verdadeiros teoremas pois, na ciência, conceitos e teoremas são explícitos e podem-se discutir suas pertinência e veracidade, o que não é necessariamente o caso dos invariantes operatórios” (Vergnaud, 1990; apud Greca e Moreira, 2004)

A “queda livre” é trabalhada ainda como parte integrante do campo conceitual da Cinemática. Neste tópico, a resistência do ar é desprezada e surgem novos conceitos que darão introdução ao estudo da Dinâmica – massa e força peso.

Trabalhar o conceito da força peso parece, para alguém desavisado, muito simples. No entanto, o aluno vem com sua própria bagagem de concepções prévias a respeito da força peso, muitas vezes equivocada e extremamente resistente a mudanças. As concepções prévias, que podem ser alternativas, são precursoras de novos conhecimentos, que podem ser científicos e o professor, em sua ação mediadora, deverá identificar em quais conhecimentos prévios o aluno poderá apoiar-se para aprender significativamente.

As concepções prévias dos alunos não são necessariamente alternativas. *“Concepções alternativas são aquelas que o aluno constrói à medida que vai se situando no mundo em que vive. São representações, conceitos, modelos, teorias, que o ser humano vai construindo para explicar objetos, e eventos que observa em seu mundo”*. (Moreira, 1999, p. 173). Tais concepções, decorrentes de aprendizagens significativas, constituintes da estrutura cognitiva

do aluno, comumente estão em desacordo com os conhecimentos científicos no contexto de sala de aula. Mas esta mudança conceitual evolutiva, de concepções alternativas para o conhecimento científico aceito e compartilhado pelos seus pares, requer tempo e, por mais que o professor pense que já é o suficiente, que os alunos já trabalharam situações-problema variadas o bastante para ampliar seu repertório de esquemas e tornar seus conceitos e teoremas-em-ação explícitos e cientificamente aceitos, verá que sempre poderão haver situações-problema em que o aluno retornará a fazer uso das suas concepções prévias e alternativas evidenciando o quão resistentes são elas. Essas concepções alternativas contêm, e em alguns casos, são, os teoremas-em-ação de Vergnaud, ou seja, proposições que o aprendiz crê que são verdadeiras sobre a realidade.

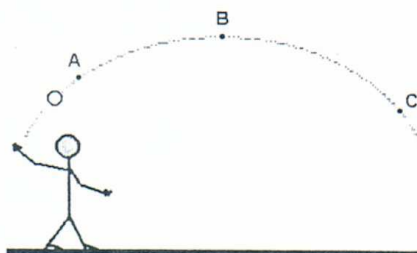
Situações-problema que envolvam lançamento horizontal ou oblíquo são bons instrumentos quando o que se quer é testar o uso das concepções alternativas por parte dos alunos. Para muitos alunos, se existe movimento deve existir uma força com o mesmo sentido e direção deste movimento — o movimento horizontal descrito por um corpo em lançamento horizontal ou oblíquo é justificado como sendo o resultado de uma força também horizontal que impulsiona o corpo para frente.

No ano letivo de 2004, após trabalhar os movimentos sob a ação da força peso e de introduzir os principais conceitos que compõem o campo conceitual da Dinâmica, os alunos foram submetidos a um pequeno teste composto por três questões que fazem parte de um teste elaborado por Silveira, Moreira e Axt (1992) do Instituto de Física da UFRGS. O gabarito foi modificado para um esquema mais dissertativo – os alunos foram questionados quanto as suas opções devendo apresentar justificativas para as suas respostas. A numeração das questões está de acordo com o teste original.

Tabela 1 – Enunciado geral, questão 17 e respostas.

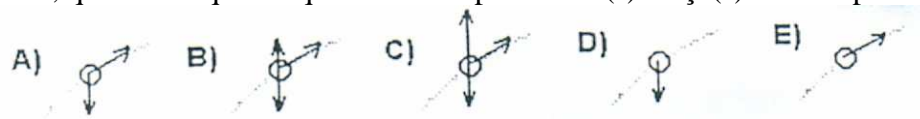
As questões 17, 18 e 19 referem-se ao enunciado abaixo:

Um menino lança uma pequena pedra que descreve uma trajetória como a representada na figura (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.



As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a pedra.

17. No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



Alternativa correta: D

Justificativa: Sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que atuará na bola será a força peso.

	Nº de alunos que optaram pela alternativa	Diga que força(s) é(são) representada(s) pelo(s) vetor(es) na resposta que você optou em cada uma das questões. Redesene a sua opção. Justificativas apresentadas:
A	22	“força de lançamento e peso” “tração e peso” “velocidade e peso” “peso e normal” “vx e vy”
B	11	“v, px e peso” “peso, normal e velocidade” “peso, normal e movimento”
C	18	“força para cima, força para baixo e força resultante” “altura, trajetória e gravidade” “normal, peso e tração” “movimento, direção e peso”
D	5	“peso”
E	2	“peso” “força e peso”

Nas justificativas fica evidente que as concepções alternativas estão fortemente presentes. A maioria dos alunos recorre a “forças” inexistentes que justifiquem o movimento do corpo, que sejam aplicadas no mesmo sentido e direção deste. O solicitado na questão é bastante claro, indicar as forças, o que leva a ver que muitos alunos não conseguem fazer distinção entre as diferentes forças, velocidade, componentes vetoriais, representação vetorial e outros.

A força peso, apesar de aparecer em quase todas as justificativas, por não ter a mesma direção e sentido do movimento, precisa ser “complementada” e, neste sentido, muitos alunos (53 alunos!) fazem uso de conceitos diversos. Os termos utilizados nas aulas de Física parecem ser ainda muito novos e sem significados para os alunos. Novos em relação aos

significados atribuídos na Física, pois vários termos têm outros significados no seu dia-a-dia o que pode causar confusão.

A maioria dos alunos recorre ao teorema-em-ação, contido em suas concepções alternativas, de que “força gera movimento e, portanto, deve ter a mesma direção e sentido deste”. Os alunos relacionam força com a velocidade e não força com a aceleração.

O invariante operatório “sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que nele atuará será a força peso”, parece estar presente para apenas 5 alunos e não é observado em relação aos demais.

Tabela 2 – questão 18 e respostas

18. No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?		
Alternativa correta: A		
Justificativa: Sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que atuará na bola será a força peso.		
	Nº de alunos que optaram pela alternativa	Diga que força(s) é(são) representada(s) pelo(s) vetor(es) na resposta que você optou em cada uma das questões. Redesenhe a sua opção. Justificativas apresentadas:
A	8	“peso”
B	13	“normal, tração e peso” “força constante” “velocidade, peso e px” “normal, peso e força resultante”
C	8	“força” “vx” “velocidade”
D	24	“velocidade e peso” “normal e peso” “força e peso” “tração e peso” “peso e direção”
E	5	“peso, normal e vx”

O número de acertos, em relação à questão anterior, teve uma pequena melhora. Mas não vamos nos enganar, a situação também mudou. Como o corpo parou de subir, na

concepção de alguns alunos, que optaram pela alternativa A, parou de existir uma força para cima. Mesmo assim, o número de alunos que erraram a questão é gritante e suas justificativas reforçam a evidência de que, para o aluno, há a necessidade de uma força com o mesmo sentido do movimento – o corpo continua indo para frente.

O invariante operatório “*sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que nele atuará, será a força peso*” para este tipo de movimento, parece estar presente para apenas 8 alunos. É fácil evidenciar que mesmo depois de várias aulas sobre o tópico e outros anteriores, vários alunos não sabem distinguir as grandezas envolvidas, fazem uso de termos sem ter o domínio do seu significado tanto para diferentes tipos de força quanto para a velocidade – “*É uma ilusão pensar que algumas aulas de ciências bem dadas poderão levar a uma mudança conceitual, no sentido de abandono definitivo dos significados alternativos e adoção dos significados científicos*” (Moreira, 1999, p. 175).

O uso da velocidade como sendo uma força parece estar relacionado a um teorema-em-ação equivocado em que “se existe movimento existe uma força com a mesma direção e sentido deste movimento”. Esta proposição considerada pelo aluno como verdadeira sobre o real, é classificada na literatura como concepção alternativa, é corroborada no cotidiano do aluno – ele sabe que se deixar de aplicar uma força (não perpendicular) sobre uma caixa apoiada em um plano horizontal, a caixa terá sua velocidade reduzida até parar.

O aluno não associa o efeito da força de atrito na desaceleração da caixa. A associação feita pelo aluno é entre a força e a velocidade – se uma deixar de existir a outra cessa. O cotidiano do aluno lhe oferece condições de uma aprendizagem significativa que, no entanto, é constituída por concepções alternativas, errôneas, muito resistentes à mudanças.

Este equívoco pode ter sido reforçado, ainda, sem intenção, em aula quando a velocidade de lançamento (do movimento em questão) é decomposta em uma componente vertical (v_{0y}) e outra horizontal (v_x). A componente vertical tem o seu valor reduzido conforme a aceleração da gravidade e a componente horizontal mantém-se constante.

Ao representar as componentes da velocidade do corpo ao longo da sua trajetória, no ponto de maior altura, onde v_y é zero, é desenhado apenas o vetor v_x de forma idêntica à apresentada na alternativa C deste teste – os alunos lembraram do desenho do vetor mas não foram capazes de relacioná-lo à grandeza correspondente de forma correta.

Mais uma vez, e agora em sala de aula, a concepção prévia, que pode também ser considerada um teorema-em-ação, de que “se tem força, tem velocidade” foi corroborada – no

desenho, o vetor horizontal foi associado à velocidade consequente da aplicação da força. Neste caso, foi possível averiguar uma falha na abordagem do campo conceitual em questão e a professora pode rever o seu trabalho.

Tabela 3 – questão 19 e respostas

19. No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?		
Alternativa correta: E		
Justificativa: Sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que atuará na bola será a força peso.		
	Nº de alunos que optaram pela alternativa	Diga que força(s) é(são) representada(s) pelo(s) vetor(es) na resposta que você optou em cada uma das questões. Redesene a sua opção. Justificativas apresentadas:
A	4	“peso”
B	2	“peso e normal”
C	8	“peso e normal” “peso, px, e velocidade” “força resultante” “peso, normal e tração” “peso, velocidade e normal”
D	35	“força e peso” “força resultante e peso” “normal e peso” “vx e vy” “velocidade e gravidade” “tração e peso” “peso e velocidade” “peso e vx”
E	9	“peso”

A “força” proveniente de concepções prévias e, para muitos alunos, alternativas, é evidenciada novamente. Apesar de quatro alunos usarem como justificativa a força peso na letra “A”, vê-se que essa, no desenho correspondente, tem a mesma direção e sentido do movimento. A alternativa D, opção da maioria dos alunos, evidencia, outra vez, o teorema-

em-ação equivocado de que “*se há movimento, deve existir uma força com a mesma direção e sentido deste*”.

Os resultados foram discutidos individualmente com cada aluno – surgiram muitas justificativas diferentes para alternativas também diferentes e não seria adequado tratar com o grupo todo como se fosse homogêneo na maneira de entender e resolver as situações-problema propostas.

É preciso destacar que diversas situações-problema envolvendo os tópicos lançamento horizontal e oblíquo foram apresentadas aos alunos em momentos anteriores ao teste. E, nestas situações-problema, os alunos não apresentaram a mesma proporção de dificuldade vista no teste. Esta situação levou a professora a concluir que, por mais diversificadas e gradativamente mais complexas que fossem as situações-problema oferecidas, haviam aplicações mecânicas de esquemas “eficazes” e conhecidos pelos alunos.

Os esquemas eram moderadamente alterados, de acordo com o solicitado, e baseados na linguagem formal – aplicação de fórmulas que conforme o avaliado, pareceram ter sido aplicadas quase que apenas mecanicamente na resolução das situações-problema. A professora verificou que, apesar do seu trabalho não ter este direcionamento, o que a maioria dos alunos aprendeu foram “regras” de solução para as situações-problema oferecidas, baseadas em linguagem matemática com pouco ou nenhum significado para eles.

A professora ao comparar os resultados do teste com os obtidos durante as aulas que o antecederam, concluiu que, até então, a aprendizagem, para a grande maioria dos alunos, havia sido mecânica — os alunos resolviam mecanicamente situações-problema, aplicando esquemas conhecidos, reproduzindo com pequenas modificações suas resoluções de acordo com o que foi solicitado mas sem ter claro o fenômeno envolvido e suas relações — os conceitos e teoremas científicos não apresentavam significado para estes alunos. Fez-se necessário rever a forma de trabalho. Se a conceitualização, conforme Vergnaud, é o âmago do desenvolvimento cognitivo, então deverá ser tratada com mais atenção sem correr o risco de parecer desvinculada do restante do processo de ensino da Física.

Os conceitos trabalhados até o momento do teste foram retomados individualmente com cada aluno em sala de aula. A retomada individual se mostrou bastante eficaz pois foi possível averiguar, através dos erros e acertos, as dificuldades de cada aluno no trato do campo conceitual dos movimentos sob ação da gravidade. Foi a partir destas dificuldades que a professora atuando como mediadora do conhecimento, buscou ajudar o seu aluno no

processo de aprendizagem, procurando superar tais dificuldades. Esta superação não se dá em apenas alguns minutos de conversa, ela é lenta e progressiva e o professor deve estar atento para outras evidências desta superação ou não, seja em sala de aula em uma atividade dialogada ou em resoluções de problemas. É como mediador do conhecimento que o professor poderá ajudar o seu aluno a superar as dificuldades de aprendizagem.

A professora detectou, a partir da análise do andamento das aulas, da avaliação das atividades e de entrevistas com os alunos, que um dos problemas para a não aprendizagem dos campos conceituais da Física, abordados naquele momento, na 1ª série do Ensino Médio, era a discrepância entre a linguagem que era esperada, formal, organizada e cientificamente aceita e a linguagem que era possível ao aluno.

A linguagem formal apresentada aos alunos no estudo da Física, mostrou-se muito abstrata para estes. Os alunos da primeira série do Ensino Médio apresentam dificuldade em relacionar conceitos e transcrever o fenômeno físico em linguagem simbólica com domínio de significados. A professora fez uma avaliação do seu trabalho e verificou que, quanto ao papel de mediadora do processo de aprendizagem era preciso rever a sua prática e propor um caminho mais suave e eficiente para que seu aluno pudesse, a partir do seu conhecimento prévio (muitas vezes alternativo) evoluir para o conhecimento cientificamente aceito. Este caminho se dá através do uso mais intensificado do diálogo, da discussão orientada, da linguagem verbal e da resolução de situações-problema.

As justificativas do uso mais intensificado da linguagem verbal, inclusive na resolução de problemas, se dá pela necessidade da professora em avaliar a aprendizagem do seu aluno, através dos conhecimentos-em-ação que ele faz uso, as dificuldades deste que podem ser “mascaradas” com o uso apenas das fórmulas matemáticas que podem ser aplicadas de forma puramente mecânica. A linguagem verbal serve como um bom instrumento de verificação dos conhecimentos-em-ação que o aluno faz uso na resolução de problemas e a partir destes é possível averiguar suas dificuldades e ajudá-lo a superá-las.

Marcar um “x” em uma alternativa de um teste é uma coisa, saber o motivo pelo qual a alternativa foi escolhida pelo aluno é outra. O número de alunos que acertaram as questões do teste aumentou de 5 na questão 17, para 8 na questão 18, e para 9 na questão 19 e, apesar de eles utilizarem nas suas justificativas a força peso, foi nas conversas com a professora que esta pode constatar que, para 3 alunos dos 8 que obtiveram êxito na questão 18, o corpo parou de subir pois a força “para cima” deixou de existir, sobrando apenas o peso e que para todos os 9 alunos que optaram pela alternativa correta na questão 19, deve existir uma força “para

baixo” já que o corpo desloca-se para baixo e esta força é o peso – a concepção alternativa que vincula a força com o sentido do movimento e a velocidade esteve presente para estes alunos também.

A professora constatou que o aluno deve ser estimulado a explicitar ao máximo seus conceitos e teoremas-em-ação para que seja possível averiguar o quanto estes conceitos e teoremas-em-ação são compartilhados e considerados verdadeiros conceitos e teoremas aceitos cientificamente. Situações-problema diretas, marcar com um “x” a alternativa correta, ou fechadas, exemplares e de aplicação muito direta de equações matemáticas, podem trazer resultados equivocados quanto à aprendizagem do aluno, como pôde ser verificado nas situações do teste anterior.

Muitos alunos apresentam uma tendência natural em querer resolver problemas com o uso da linguagem verbal, através de texto, situação que é combatida pela maioria dos professores pelo caráter pouco científico que lhe é atribuído. É preciso compreender, no entanto, que alguns alunos fazem uso desta linguagem por ser uma forma (muitas vezes a única forma) que eles dispõem para resolver e explicitar suas resoluções. Se por um lado, a linguagem verbal tem caráter pouco científico, por outro lado é um importante aliado ao professor na detecção de conceitos e teoremas-em-ação.

Impor a linguagem formal logo nos primeiros contatos com o estudo da Física, como única forma de expressão pode acabar causando um grande desequilíbrio em boa parte dos alunos. A permissão do uso da linguagem verbal, mesmo que considerada pouco científica, foi considerada, pela professora, viável no sentido de incluir seu aluno, ainda não plenamente apto ao uso da linguagem formal, no contexto de sala de aula, possibilitando-o a discutir significados com seus pares além de ser eficiente na verificação de esquemas de ação.

A professora procura atuar como mediadora no processo de aprendizagem e na evolução do uso da linguagem verbal, que vai sendo aprimorada e transcrita, para o uso da linguagem formal visando uma aprendizagem significativa e não puramente mecânica.

Quer dizer, a formalização – o ensino direcionado à formalização – é necessária, porém é preciso levar em conta que as idéias científicas evoluem no aluno, durante um longo período de desenvolvimento cognitivo, através de uma variedade de situações e atividades e que qualquer conhecimento formal e axiomatizado que o aluno apresenta pode não ser mais do que a parte visível de um iceberg formado basicamente por conhecimentos implícitos. O ensino de ciências não pode deixar de lado a simbolização e a formalização, porque a ciência é simbólica, formal e explícita, mas é preciso ter sempre em mente que o conhecimento do aluno, como de qualquer outro sujeito, é, em grande parte, implícito. O ensino de ciências deve facilitar a

transformação do conhecimento implícito em explícito, sem nunca subestimá-lo ou desvalorizá-lo. (Moreira, 2004 p.24-25)

O campo conceitual da Dinâmica estava sendo trabalhado, as Leis de Newton foram apresentadas e relacionadas a situações-problema diversas. A forma como as Leis de Newton foram apresentadas aos alunos em 2004 e repetida em 2005, será abordada posteriormente quando tratar do ano letivo de 2005.

CAPÍTULO III - A PROPOSTA E A APLICAÇÃO NO ANO LETIVO DE 2004

A aplicação da proposta teve ênfase nas resoluções de situações-problema referentes às Leis de Newton e suas aplicações. Não foi exatamente uma escolha pois a ordem dos tópicos trabalhados na primeira série do Ensino Médio da escola em questão é Cinemática, Dinâmica e Estática que está de acordo com a maioria absoluta das outras escolas da região não dificultando, assim, possíveis transferências de alunos durante o ano letivo.

Blocos, polias, planos inclinados têm, mais atualmente do que em outros tempos, um tratamento quase que pejorativo por parte dos professores. No entanto, demonstraram-se eficazes dentro do que foi proposto. Vários alunos comentaram durante as aulas que achavam estimulante resolver problemas envolvendo blocos, polias, cordas, planos inclinados, atrito, molas – “*quanto ‘pior’, ‘melhor’ professora!*”. As situações-problema tomavam um caráter de desafio para os alunos. Conforme os alunos resolviam as situações-problema, novas situações-problema, gradativamente mais complexas, eram apresentadas.

Segundo Vergnaud:

Si no se desestabiliza a los alumnos, no tienen ninguna razón para aprender. Es verdad también que si se les desestabiliza demasiado, no aprendem más. El principio de adaptación de Piaget funciona muy bien aquí; por otra parte, la idea de desarrollo próximo de Vygotsky, incita a la prudencia. (Vergnaud, 2007, p.287)

3.1 - A proposta do uso da linguagem verbal para os alunos

Depois de algumas aulas sobre o tópico Leis de Newton e aplicações, trabalhadas de maneira convencional, com pequenas atividades práticas e relacionadas a eventos do cotidiano dos alunos, a professora apresentou o que pareceu uma novidade para seus alunos — a partir daquele momento, eles iriam trabalhar de uma forma diferente, não só por se tratar de um tópico novo e mais abrangente que a Cinemática, mas pela forma como eles poderiam se expressar - utilizar a linguagem verbal para resolver uma situação-problema, não é tão trivial quanto se pode pensar inicialmente.

Nesta proposta foram adotados os termos “linguagem formal” (LF) e “linguagem verbal” (LV) para definir formas de representação externa — linguagem formal é uma representação externa matemática e linguagem verbal é uma representação externa lingüística.

As reações, por parte dos alunos, foram diversas. No começo, eles acharam estranho esta abertura, as regras até aí pareciam muito bem definidas, resolviam-se problemas utilizando fórmulas e matemática, não utilizando linguagem verbal. A professora disse, então, que eles iriam trabalhar de uma forma diferente que antecederia a tradicional (formal) e que na hora de resolver os problemas cada aluno poderia escolher por qual maneira resolver. Desde o começo da aplicação da proposta ficou claro para os alunos que a linguagem verbal, apesar de permitir a resolução das situações-problema dando-lhes os valores numéricos solicitados, não era a linguagem pela qual deveriam expressar a ciência Física. Seria uma linguagem de transição enquanto não fossem capazes de expressar-se de maneira formal.

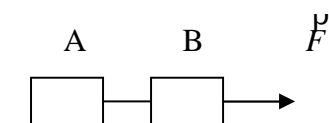
Os alunos passaram a entender melhor a proposta após a resolução de problemas exemplares utilizando inicialmente a linguagem verbal e posteriormente fazendo uso da linguagem matemática.

Algumas aulas foram gravadas em vídeo e alguns trechos são transcritos a seguir. Na leitura da transcrição entende-se “P” – professora, “As” – alunos (normalmente mais de um aluno respondia a mesma pergunta com a mesma resposta ou equivalente), “A1” - aluno 1, “A2” – aluno 2, “A3” – aluno 3, “A4” - aluno 4 e “A5” – aluno 5.

A professora propõe aos alunos algumas situações-problema no quadro usando, primeiramente, a linguagem verbal e só depois transcrevendo-as para a linguagem formal. A participação dos alunos é solicitada pela professora que faz diversas perguntas ao longo do processo de resolução.

O primeiro problema é exemplar, simples e sem força de atrito.

Dois blocos, A e B de 3 kg e 2 kg respectivamente, estão apoiados sobre um plano horizontal sem atrito, estão ligados através de um fio ideal e uma força horizontal de 20 N é aplicada sobre o corpo de 2 kg conforme a figura. (A professora reproduz a figura no quadro)



P.: Como a força F é aplicada ao conjunto, os dois corpos terão a mesma aceleração. Certo?

As.: Certo

P.: Nós já resolvemos problemas parecidos com este. A primeira coisa que fazemos é...

As.: Marcar as forças.

P.: Isso, marcar as forças.

Sobre o corpo “A”, quais são as forças que atuam sobre ele?

A1.: Peso, normal e tração.

P.: Como desenhamos o vetor da tração?

As: Para “dentro” da corda.

P.: É... do corpo para a corda. O que nós desenhamos são as forças que agem sobre o corpo, a normal e a reação da superfície sobre o corpo, o peso é a ação da Terra e a tração é a ação da corda sobre o corpo. E o corpo “B”?

As: Peso, normal e tração.

A1: E a força \vec{F} .

A2: A força \vec{F} tá sobre o conjunto... “dãããã”.

P.: A força \vec{F} também age sobre o “B”, então quem falou está correto. Tá pessoal, agora aquelas duas perguntinhas típicas deste tipo de problema: quanto vale a aceleração e quanto vale a tração, certo?

A3: A aceleração vale 4.

P.: Tá, vocês já sabem a resposta, mas como vocês chegaram a este resultado?

A3.: Faz 20 dividido pela massa do conjunto.

P.: Tá bom, mas eu também posso me fazer a pergunta assim: Se 20 N aceleram 5 kg (3 kg mais 2 kg) quantos newtons por quilograma para produzir a mesma aceleração?

As: 4

P.: 4 newtons por quilograma. N/kg também é unidade de aceleração.

A professora escreve no quadro:

$$a = 4 \text{ N/kg}$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

P.: Agora a força de tração, quanto vai dar isso aí?

A1.: 12 N

P.: 12 N? Vamos ver se fecha, gente?

Se temos 4 N para acelerar um quilograma, com o primeiro corpo (B) serão necessários para produzir a mesma aceleração 8 N (4 x 2). Dos 20 N que temos de força \vec{F} , quanto será a tração?

As.: 12 N

P.: Como a gente faz isso?

A1.: 20 – 8

P.: Isso. Tem outra maneira de fazer que, para a maioria de vocês poderá parecer mais simples. A tração não é a força que vai acelerar o corpo A?

As.: É.

P.: Se o corpo “A” tem 3 kg e para cada quilograma nós temos 4 N para acelerar, para o corpo “A” vamos precisar...

As.: 12 N.

P.: que serão transmitidos através da...

As.: corda... tração.

P.: Bom, vamos falar um pouco mais sobre as forças. A normal e o peso fazem um par de ação e reação. Certo?

As.: Não!

P.: Isso aí. São forças de naturezas diferentes que no plano horizontal se equilibram. Se a ação e a reação forem aplicadas no mesmo corpo o que acontece?

As.: Se anulam.

P.: É como o cara que tenta se salvar do afogamento puxando-se pelos cabelos, não dá certo

A5.: Professora, faz um problema com um corpo pendurado.

P.: Tá bom, mas antes vamos reescrever este que nós estamos fazendo usando a matemática tá?

A professora refaz a resolução utilizando as equações a partir das forças resultantes sobre cada corpo.

Para determinar o módulo da aceleração:

$$\begin{aligned}
 F_{RA} &= T \\
 F_{RB} &= F - T \\
 \hline
 (m_A + m_B)a &= F \\
 5a &= 20 \\
 a &= 4\text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

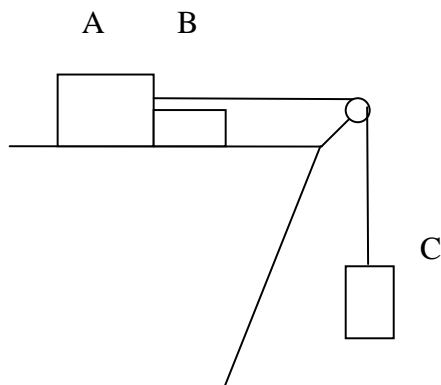
Para determinar o módulo da tração:

$$\begin{aligned}
 F_{RA} &= T \\
 m_A a &= T \\
 3 \cdot 4 &= T \\
 T &= 12\text{N}
 \end{aligned}$$

P.: Agora vamos fazer um problema do tipo que a Fê (A5) pediu. Fê, pode ser um problema com um plano horizontal com dois corpos em cima e um pendurado?

A5.: Os dois corpos em cima encostados um no outro.

P.: Assim então... (a professora desenha no quadro)



P.: Assim?

A5.: É.

P.: Tá. Gente, vamos denominar os blocos e considerar o plano horizontal lizo, sem atrito.

A primeira coisa que vamos marcar são as forças. Vamos começar pelo que está pendurado.

As.: Peso e tração.

P.: Desta vez, o peso é equilibrado?

As.: Não.

P.: Não. Para não haver confusão na hora da matemática vamos deixar claro que este aqui é o peso de “C”. Tem normal aqui gente?

As.: Não!

P.: Vamos para o corpo “A”. Quais são as forças que atuam sobre ele?

As.: Peso, normal e tração.

P.: Bom pessoal, vocês estão vendo que “A” empurra “B”, então...

A5.: “B” empurra “A”, é o \vec{F}_{AB} .

P.: Então tem mais uma força atuando em A é o \vec{F}_{BA} . O \vec{F}_{AB} e o \vec{F}_{BA} fazem um par de ação e reação. Quais são as características deste par?

As.: Mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos.

P.: Isso. As perguntas que eu vou fazer para vocês são três, não, vão ser quatro: qual a aceleração do conjunto? Quanto vale a tração? Quanto vale a \vec{F}_{BA} ? Quanto vale a \vec{F}_{AB} ?

A3.: Profe, faltam os valores das massas.

P. Tá, então vamos dar. “A” = 3 kg, “B” = 1 kg e “C” = 4 kg.

Se a massa de “C” vale 4 kg, quanto vale o peso dele considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$.

As.: 40.

P.: Importante não confundir massa com peso. Então o peso de “C” é 40 N.

Qual é a força que vai acelerar este conjunto?

As.: Peso de C.

P.: Tá, se nós temos 40 N para acelerar 4... 5... 8 kg (a professora vai somando as massas), então nós temos quanto de força para acelerar um quilograma?

As.: 5.

P. Então a aceleração vai ser de 5 N/kg.

A4.: Ou 5 m/s^2 .

P.: Isso, ou 5 m/s^2 . Vamos continuar então. Se nós temos 5 N para acelerar 1 quilograma, com o corpo C...

A4.: Vão ser 20 N.

P.: E a tração?

A4.: Dos 40 N de peso vão sobrar 20 N de tração.

O aluno fez $40 - 20 = 20$

P.: Tá bom e agora nós temos uma tração de 20 N que vai ser aplicada sobre este conjunto (blocos no plano horizontal) que tem massa total de 4 kg. 20 N aplicam uma aceleração de quanto sobre um corpo de 4 kg?

As.: 5

P.: Vejam que fecha lá com o começo do problema.

Agora, pensem comigo... se este corpinho (a professora aponta para o corpo “B”) tem 1 kg de massa, quantos newtons serão necessários para acelerar ele em 5 m/s^2 ?

As.: 5

P.: Isso... que serão transmitidos através de qual interação?

As.: \vec{F}_{AB}

P.: Então \vec{F}_{AB} vale...

As.: 5 N

P.: E \vec{F}_{BA} ?

A5.: Também vale 5 N.

P.: Por que?

A5.: Porque fazem um par de ação e reação.

P.: Isso mesmo, fazem um par de ação e reação.

P.: Pessoal, agora vamos refazer o problema utilizando as equações. Vou colocar aqui no lado (no quadro) para que possamos comparar.

A professora constrói com os alunos as relações de forças resultantes sobre cada corpo resolvendo o que é solicitado.

Para determinar o módulo da aceleração:

$$\begin{aligned}
 F_{RC} &= P_C - T \\
 F_{RA} &= T - F_{BA} \\
 F_{RB} &= F_{AB} \\
 \hline
 (m_C + m_A + m_B)a &= P_C \\
 8a &= 40 \\
 a &= 5\text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

Para determinar o módulo da tração:

$$\begin{aligned}
 F_{RC} &= P_C - T \\
 4a &= 40 - T \\
 T &= 20\text{N}
 \end{aligned}$$

Para determinar o módulo de F_{AB} :

$$\begin{aligned}
 F_{RB} &= F_{AB} \\
 5 \cdot 1 &= F_{AB} \\
 F_{AB} &= 5\text{N}
 \end{aligned}$$

A resolução de todas as situações-problema inicia com a resolução verbal, dialogada, orientada pela professora que reforça os conceitos e a correção na sua utilização e relações, e segue com a resolução matemática. Nenhuma situação-problema é resolvida apenas utilizando a linguagem verbal, em todos os casos as duas formas são aplicadas. A professora ressalta a importância de saber expressar-se de maneira formal e que todos devem se esforçar para resolver pelas duas formas e não apenas pela linguagem verbal. As aulas se tornam bastante dialogadas e todos os alunos são motivados a participar com perguntas, comentários, resoluções verbais, comparações entre resultados e soluções-problema.

Uma consequência, quase imediata, da proposta observada pela professora, foi a participação expressiva de um número maior de alunos nas aulas. Toda vez que eram solicitados a responder sobre uma situação-problema proposta, a maioria dos alunos participava, não somente aqueles que já se caracterizavam por participar mais ativamente, mas também o restante do grupo de menor participação anterior. A turma passou a ter um comportamento de grupo, isto é, de um todo, participando ativamente, através do trabalho em grupo, do diálogo e da resolução de situações-problema.

A interação entre professora e alunos e alunos e seus pares propicia discussões durante a resolução de situações-problema. Estas discussões são orientadas pela professora que, geralmente, dá início a elas seja através de perguntas ou de observações referentes às condições oferecidas nas situações-problema.

Vygotsky nos ajuda a entender que quando as crianças interagem com seus mundos, podem fazer mais do que parecem ser capazes, e extrair muito mais de uma atividade se há um adulto ou um participante com mais experiência para mediar a experiência. (...) Há indícios crescentes de que uma aprendizagem colaborativa entre parceiros, independentemente das habilidades envolvidas, ativa a zona de desenvolvimento proximal. (Moll, 1996, p. 224)

A interação social deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal e determina os limites desta zona. *“O limite inferior é, por definição, fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. O superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer no brincar, no ensino formal ou informal, no trabalho.”* (Moreira, 1999. p. 116).

Importante ressaltar que este aumento na participação se deu, principalmente, durante a resolução com a linguagem verbal evidenciando que alguns alunos se sentiam mais a vontade com esta forma de resolução. Moreira, ao se referir à teoria da mediação de Vygotsky, diz:

Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem ‘devam falar’ e tenham ‘oportunidade de falar’. (Moreira, op. cit., p 121)

Esta mudança de comportamento foi sentida até pelos pais dos alunos – alguns pais comentaram que seus filhos estavam mais empolgados com a disciplina de Física, não somente pelos comentários destes, seus filhos, mas também por ver que eles estavam mais interessados em leituras e empenhados nas tarefas de casa referentes à Física.

3.2 – Atividades realizadas em aula que evidenciam o uso da linguagem verbal nas resoluções de situações-problema

Dentre várias atividades realizadas ao longo da aplicação desta proposta, foram organizadas algumas avaliações escritas, textos e comentários dos alunos com a finalidade de evidenciar os seus resultados. Uma das avaliações escritas foi a prova trimestral, composta por vinte questões diversificadas que abordavam todos os tópicos trabalhados durante o trimestre.

Desta avaliação foram analisadas dez questões de um mesmo conjunto – o tópico contemplado era sobre as Leis de Newton e aplicações.

As dez questões avaliadas eram compostas por problemas tradicionais – ditos exemplares – e por problemas abertos. Os problemas tradicionais dispõem elementos que formam os invariantes operatórios. *“Estes invariantes tornar-se-ão elementos determinantes da percepção, na medida que, a partir deles, as diferentes situações serão visualizadas como semelhantes ou não”* (Greca; Moreira, 2003, p. 11).

Os problemas abertos permitem a elaboração de hipóteses e estratégias de resolução e permitem a explicitação dos invariantes operatórios. Problemas tradicionais e problemas abertos são estratégias complementares na conceitualização em Física. *“O ‘saber fazer’ proporcionado pelos problemas tradicionais, em suma, possibilita o ‘saber dizer’(ou seja, os conceitos como objeto de pensamento) que desejamos que os nossos estudantes adquiram em relação aos conceitos físicos”* (Greca; Moreira, op. cit., p. 13).

Os alunos, em todas as situações-problema propostas, poderiam optar pela forma de resolução – verbal ou matemática, através da aplicação de apenas fórmulas, de palavras, ou ambas. A professora não fez preferência sobre uma forma de resolução mais do que outra, deixando os alunos livres quanto a sua opção – as formas de resolução de sua opção seriam igualmente valorizadas e avaliadas.

Das 54 avaliações (total de alunos) foi feita uma amostragem com dezoito provas, nove de alunos que obtiveram resultados abaixo da média (tabela 4, menos que 50% de acertos) e nove acima da média (tabela 5, mais que 50% de acertos), a partir da qual se fez uma análise das resoluções das situações-problema propostas.

O objetivo era verificar o uso da linguagem verbal como meio de resolução de problemas. O critério utilizado na análise foi a linguagem utilizada pelo aluno e o êxito (acerto da questão).

Logo após cada tabela, estão transcritos comentários dos alunos cujas avaliações foram analisadas seguindo a mesma ordem da tabela. Alguns destes comentários estão em anexo (Anexo A).

Considerações para análise das tabelas nº 4 e nº 5: LV – linguagem verbal; LF – linguagem formal; LV/LF – linguagem verbal e linguagem formal.

Tabela 4 – Alunos com aproveitamento inferior a 50% do total da avaliação:

Aluno	Resolveu os problemas utilizando			Obteve êxito			Não obteve êxito			Questões em branco
	Somente Linguagem verbal	Somente Linguagem formal	Linguagem verbal e linguagem formal	LV	LF	LV/LF	LV	LF	LV/LF	
01			X	0	4	2	1	0	0	3
02			X	3	2	1	1	3	0	0
03			X	1	4	2	0	2	0	1
04			X	1	3	2	0	3	0	1
05			X	2	2	3	1	0	0	2
06			X	2	4	1	0	3	0	0
07			X	1	3	3	0	1	0	2
08			X	1	3	2	0	4	0	0
09			X	2	3	0	0	3	0	2
Total	0	0	9	13	28	16	3	19	0	11

Comentários, na íntegra, dos alunos em ordem respectiva à Tabela 4:

Aluno(a) 1: *“Prefiro a parte escrita, mas tem vezes que o cálculo simplifica o problema. E estou começando a entender melhor os conceitos.”*

Aluno(a) 2: *“Na minha opinião a maneira que a prof^a Carla nos ensinou (a maneira escrita) é mais simples, mais clara e mais objetiva. Como tenho mais afinidade com as palavras prefiro escrever, assim os conceitos ficam mais claros, mais fáceis de entender, o que não me impede de entender pela matemática, mas na minha opinião a parte escrita é melhor.”*

Aluno(a) 3: *“Bom, eu acho mais fácil responder explicando, pois tenho dificuldade em matemática. Em relação ao 1º trimestre, estou bem melhor. Aprendi conceitos e como explicar as fórmulas.”*

Aluno(a) 4: *“A maneira escrita para encontrar o atrito (mais fácil), mas para achar aceleração, força e massa é melhor fazer matematicamente. Consigo compreender ‘força’, só*

atrito e aceleração não muito bem, mas é legal essa matéria (Física), tinha dificuldade apenas no 1º trimestre mas espero ir melhor neste”.

Aluno(a) 5: *“Ao meu ver a melhor maneira de resolver os problemas de física depende do problema, às vezes acho melhor fazer as questões de forma escrita porém algumas vezes eu acho melhor aplicar a fórmula porque é muito simples. Mas, na minha opinião, eu prefiro na verdade a forma escrita de resolver os problemas.*

Aluno(a) 6: *“A melhor maneira de fazer as contas de física é mais prático responder em matemática, mas também ajuda a resposta escrevendo, para algumas é melhor matemática para outras é melhor a resposta escrevendo só depende do estudo.”*

Aluno(a) 7 : *“Primeira vez, que numa prova eu sei o que eu estou fazendo. Eu me sinto mais segura na parte escrita. Na parte matemática eu me confundo muito, aí, mais uma razão para escrever. Tenho muita dificuldade em matemática. Esse ‘método’ é melhor.”*

Aluno(a) 8: *“Para mim a melhor maneira de conseguir realizar um problema na prova é escrevendo, pois tenho muita dificuldade em matemática. Eu achei mais fácil esse conteúdo que o outro.”*

Aluno(a) 9: *“Para mim a melhor maneira é pela linguagem. E eu acho o conteúdo do 2º trimestre mais fácil que o do 1º, pois ele envolve mais linguagem que cálculos e não tem tantas fórmulas.”*

Os termos “linguagem” e “maneira escrita” utilizados pelos alunos nos comentários se referem à linguagem verbal. Ao analisar os comentários a professora observou que, praticamente todos os alunos, fazem referência a uma compreensão melhor dos conceitos estudados e das suas relações, consideram o conteúdo do trimestre mais fácil que o anterior mesmo que o tópico, aparentemente novo para eles, envolva todos os conceitos e relações já trabalhadas em situações-problema cada vez mais complexas.

Este grupo de alunos, nas dez questões avaliadas, obteve um rendimento superior a 63%. Comparando com o rendimento no total da avaliação (inferior a 50%) que envolvia outros tópicos onde não era estimulado o uso da linguagem verbal como ponto de partida para resoluções, vê-se que houve um acréscimo não desprezível quanto aos resultados.

É um grupo que manifesta maior dificuldade no uso da linguagem formal — *“tenho muita dificuldade em matemática”* — e a linguagem verbal não se apresenta como única

forma de resolução, mas como uma alternativa que vem ao encontro de suas dificuldades possibilitando expressar seu raciocínio.

Tabela 5 – Alunos com aproveitamento superior a 50% no total da avaliação:

Aluno	Resolveu os problemas utilizando			Obteve êxito			Não obteve êxito			Questões em branco
	Somente Linguagem verbal	Somente Linguagem formal	Linguagem verbal e operações formais	LV	LF	LV/LF	LV	LF	LV/LF	
01		X		0	10	0	0	0	0	0
02			X	3	3	3	0	1	0	0
03			X	2	4	2	0	1	0	1
04			X	1	4	2	0	3	0	0
05		X		0	10	0	0	0	0	0
06			X	1	6	3	0	0	0	0
07			X	1	5	1	0	2	1	0
08			X	1	5	3	0	1	0	0
09		X		0	10	0	0	0	0	0
Total	0	3	6	9	57	14	0	8	1	1

Comentários, na íntegra, dos alunos em ordem respectiva à da Tabela 5:

Aluno(a) 1: “*Para mim a maneira mais fácil de calcular é pela forma matemática, pois não tenho tanta facilidade em me expressar pela forma escrita. Eu consigo entender os conceitos.*”

Aluno(a) 2: “*O método que eu tenho mais facilidade é o de escrita. Estou entendendo bem o conteúdo.*”

Aluno(a) 3: “*A maneira que prefiro é a escrita, prefiro colocar o que entendi através da escrita explicando meu raciocínio. É mais fácil de entender os problemas. Estou aprendendo a ligar assuntos relativos.*”

Aluno(a) 4: “*Para resolver os problemas de Física, eu acho melhor desenvolver os cálculos, pois tenho mais certeza que está correto. Mas se eu olhar para o problema e ver que se resolver sem fazer cálculos não me incomoda. Eu tento desenvolver os dois lados, pois um dia posso precisar saber os dois.*”

Aluno(a) 5: *“Para mim, a maneira matemática é a mais prática. Também tenho facilidade na hora de resolver mentalmente, mas não consigo escrever o que eu penso. É mais fácil colocar os cálculos e resolver por eles. Eu assimilo os conceitos, para mim não mudou muita coisa.”*

Aluno(a) 6: *“Eu prefiro resolver os problemas escrevendo. Meu raciocínio evoluiu muito nesse último conteúdo por causa disso. Com relação aos conteúdos passados, eu senti muita dificuldade, não sei se porque eu não entendia ou o meu raciocínio estava ‘devagar’. Sobre as aulas de física, eu gosto da maneira que a professora ensina. Eu consigo entender, pois é diferente das outras professoras.”*

Aluno(a) 7: *“Esse método de ensino é muito bom pois consigo entender um pouco mais, porque quando eu escrevo tenho mais facilidade de gravar, isto também depende de cada um, mas também me dou bem com o método das fórmulas, pois gosto de cálculos (matemática).”*

Aluno(a) 8: *“Gostei bastante de poder expressar minhas idéias com palavras, pois tenho mais facilidade de escrever do que memorizar fórmulas matemáticas. Estou achando este conteúdo mais fácil do que os outros trabalhados até o momento.”*

Aluno(a) 9: *“Na minha opinião o conteúdo desse trimestre está mais fácil, porque mesmo eu tendo mais facilidade na parte matemática ou consegui entender melhor o conteúdo com a parte linguística.”*

Analisando a Tabela 5 e comparando com a Tabela 4, é possível observar que o uso da linguagem formal no segundo grupo é maior do que no primeiro. O segundo grupo de alunos demonstra maior facilidade com o uso da linguagem formal e expressam isso em seus comentários. Praticamente todos os alunos fazem referência a uma melhor compreensão do conteúdo considerado, pela maioria, mais fácil que o anterior – assim como o primeiro grupo de alunos. No último comentário (aluno 9 do segundo grupo), o aluno esclarece que acha mais fácil este conteúdo pois conseguiu *“entender melhor o conteúdo com a parte linguística”* (linguagem verbal).

Alguns dos alunos do segundo grupo apresentavam, desde o começo das atividades da disciplina de Física, antes da proposta ser apresentada, resoluções do tipo “de cabeça” – resolviam mentalmente e escreviam apenas a resposta final. A professora, no entanto, sempre insistiu que desenvolvessem as resoluções apresentando as suas etapas. Estes alunos relutavam bastante em passar para o papel, utilizando a linguagem formal, o que resolviam “mentalmente” – justificavam dizendo que sabiam resolver mas não sabiam colocar em

cálculos, no papel, como haviam feito. A professora propôs, então, um acordo: que escrevessem “com palavras” as suas resoluções, apresentando em etapas a sua resolução. Estes alunos, um pequeno grupo, resolviam situações-problema utilizando a linguagem verbal, escrita ou falada, antes da proposta ser apresentada a toda a turma.

Os conhecimentos-em-ação dos alunos do segundo grupo, apresentaram-se mais organizados e estruturados do que dos alunos do primeiro grupo. O domínio do campo conceitual começa a tomar forma – *“Estou aprendendo a ligar assuntos relativos”* (comentário 3 do segundo grupo).

É importante reiterar aqui que esta proposta não é a de abandonar o uso da linguagem formal em detrimento da linguagem verbal, de maneira alguma, mas propiciar ao aluno condições de expressar-se de acordo com as suas condições e do seu desenvolvimento cognitivo. A professora toma a postura de mediadora e, como tal, deve saber respeitar a condição inicial de seu aluno e fazê-lo progredir gradativamente a uma condição mais aceita cientificamente e esse processo ocorre de acordo com cada indivíduo e pode levar muito tempo.

Pelos valores obtidos nas duas tabelas, é fácil observar que o uso da linguagem verbal é utilizado como um recurso a mais para resolução do problema e não como a única forma de expressão. Nenhum aluno fez uso apenas da linguagem verbal nas resoluções.

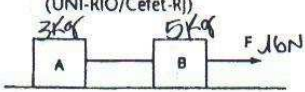
Como se pode verificar, não houve uma inversão de valores, apenas uma aceitação, temporária, por parte da professora de uma forma alternativa de expressão por parte do aluno. A professora percebeu em seus alunos, e isto pode ser verificado pelos comentários destes, uma melhora na aprendizagem, participação ativa nas aulas, entusiasmo com relação ao conteúdo e, até mesmo, o abandono da idéia de que a Física é algo complicado que só aprende quem tem facilidade com a Matemática.

3.3 – Avaliação da resolução da situação-problema através da linguagem verbal

A proposta também traz uma forma diferenciada de avaliar. Em cada situação-problema a professora precisa ter claro o que quer avaliar em seu aluno e quais serão os critérios dessa avaliação. Como o que foi proposto para o aluno era algo diferente ao que ele estava habituado, na sua forma de expressar surgem termos que causam estranheza, de início,

à professora. Estes termos foram investigados pela professora ao questionar os alunos. Alguns termos foram substituídos e outros passaram a ter significado compartilhado pela professora e alunos. Como exemplos, temos as situações-problema abaixo onde os alunos resolvem utilizando a linguagem verbal.

(UNI-RIO/Cefet-RJ)



Uma força \vec{F} de módulo igual a 16 N, paralela ao plano, está sendo aplicada em um sistema constituído por dois blocos, A e B, ligados por um fio extensível de massa desprezível, como representado na figura acima. A massa do bloco A é igual a 3 kg, a massa do bloco B é igual a 5 kg, e não há atrito entre os blocos e a superfície. Calculando-se a tensão no fio, obteremos:

a) 2 N. d) 10 N.
 b) 5 N. e) 16 N.
 c) 8 N.

Resolução:

$F = m \cdot a$
 $16 = 8a$
 $a = 2 \text{ m/s}^2$

*Se ocupo 2 N por Kg, para B preciso de 10 N (2*5), Restando 6 N (16-10) para A, que serão transmitidos através da tensão no fio.*

Correção: o fio é inextensível.

Figura 3: Exemplo de resolução de problema com o uso da linguagem verbal.

O primeiro exemplo (Figura 3), apresenta uma situação que se torna freqüente e fácil de ser verificada em outros exemplos que é o uso do pensamento dedutivo do tipo “se... então” - o aluno parte de um princípio do qual as conseqüências podem ser verificadas. Os princípios utilizados são conhecidos pelo aluno e testados anteriormente por isso tem segurança ao utilizá-los sem “correr o risco” de refutá-los caso não seja possível verificar suas conseqüências.

No primeiro exemplo o aluno faz uso do teorema-em-ação da Segunda Lei de Newton “ $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ ” (força é igual à massa vezes a aceleração) para determinar o valor da aceleração. O aluno relaciona a unidade m/s^2 da aceleração com a relação N/kg (Newton por quilograma): — no texto o aluno diz “se ocupo 2 N por quilograma...” e, novamente, faz uso do teorema-em-ação “ $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ ”, para determinar as forças resultantes nos corpos A e B. A idéia de interação entre os corpos aparece no termo “transmitidos” onde se poderia supor o uso do teorema-em-ação da Terceira Lei de Newton – “Ação e Reação” – “a toda ação resulta uma reação de mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos” — entre os elementos corpo B e corda e corpo A e corda (tensão no fio).

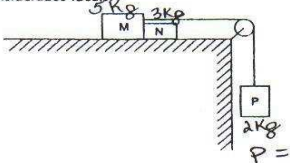
Termos estranhos e cientificamente questionáveis dentro do contexto em que são aplicados, surgem a cada resolução como: “consome”, “sobrando” e “restam”. A professora ao investigar, questionando os alunos sobre os motivos para o uso destes termos se depara com respostas do tipo “...é que eu fui resolvendo as contas na minha cabeça e na hora de escrever achei melhor assim” - o aluno transcreve as etapas da sua resolução substituindo a subtração por “consome” e o resultado desta por “sobrando” ou “restam”.

Interessante é constatar que estes termos não são usados pela professora em sala de aula e, no entanto, são utilizados por quase todos os alunos nas suas resoluções como se eles estivessem adaptando uma nova linguagem. O uso e aceitação destes termos foram negociados e, num acordo entre professora e alunos, ficou estabelecido que alguns deles deveriam ser substituídos por termos mais adequados e que outros poderiam ser incorporados, isto é, aceitos. Segundo Greca e Moreira (2004), *“saber dizer o que está fazendo, explicar qualitativamente o problema ou expressar o conceito de campo (referem-se ao campo magnético), que tanto trabalho custa aos estudantes, leva a efetuar uma passagem do conceito como instrumento ao conceito como objeto de pensamento.*

É necessário que haja comunicação entre a professora e seu grupo de alunos e, portanto, a linguagem deve ser comum a ambos - alunos e professora devem compartilhar significados. De acordo com a teoria de Gowin, *“o ensino se consoma quando aluno e professor compartilham significados”* (Moreira, 1999, p. 120), aceitos no contexto da matéria de ensino, assim, os significados são negociados pela professora e, de acordo com o desenvolvimento cognitivo do aluno, progressivamente substituídos por significados cientificamente compartilhados.

Na questão seguinte (Figura 4), aparecem novamente os termos “consome” e “sobrando”. Ao se analisar a resolução da questão por parte do aluno, não é difícil entender os motivos que levam, muitas vezes, o professor a resistir em aceitar respostas deste tipo. Estes termos parecem incoerentes e a falta de um formalismo mais organizado dá pouca credibilidade à resolução.

(Unifor-CE) Na montagem representada no esquema abaixo não há atrito nem resistência do ar e a polia e o fio são considerados ideais.



As massas dos corpos M, N e P valem, respectivamente, 5,0 kg, 3,0 kg e 2,0 kg e a aceleração da gravidade é de 10 m/s². Nessas condições, a intensidade da força que N exerce em M, em newtons, vale:

Se a aceleração é 2 m/s² para cada kg, e bloco P consome 4 N de força que serve o conjunto (2 x 2 = 4 e 20 - 4 = 16) restando 16 N que é exercido pela tração e chega ao corpo M que consome 10 N dos 16 N que sobraram (5 x 2 = 10 e 16 - 10 = 6) sobrando 6 N para o bloco N que exerce a sua força (6 N) em M

$F = m \cdot a$
 $20 = 10a$
 $a = \frac{20}{10}$
 $a = 2 \text{ m/s}^2$

$P = m \cdot g$
 $P = 2 \cdot 10$
 $P = 20 \text{ N}$

Figura 4: Exemplo (2) de resolução de problema com o uso da linguagem verbal.

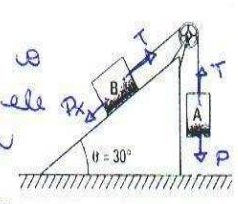
Mas vejamos com “outros olhos”: o aluno calculou a aceleração do conjunto e sabe qual é o significado desta, tanto que o aplica na sua resposta verbal, sabe qual é o papel do peso do corpo P sobre o conjunto, é capaz de determinar os valores da tração e da força de interação entre os corpos que estão sobre a superfície horizontal e compreende o significado da ação e reação entre estes corpos. O aluno compreendeu o que foi solicitado na situação-problema e, da sua maneira, resolveu a questão.

O aluno usou seus esquemas de ação para dar sentido à situação-problema proposta. Esses esquemas de ação contêm invariantes operatórios - conceitos-em-ação e teoremas-em-ação ainda não cientificamente aceitos, alternativos, que lhe são eficazes no domínio da situação proposta.

A Figura 5 apresenta um procedimento em que o aluno, na resolução da situação-problema, faz uso, entre outros, dos conceitos-em-ação *força resultante*, *decomposição de vetores*, *soma de vetores* e *grandezas vetoriais* demonstrando possuir invariantes operatórios do esquema referente ao plano inclinado.

A figura representa dois corpos de massas iguais a 10 kg cada um. O plano inclinado é perfeitamente liso. Considerando o fio e a polia ideais e sabendo que $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

a) a aceleração de cada corpo $a = 2,5 \text{ m/s}^2$ a tração no fio $T = 75 \text{ N}$



$P_{Bx} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ N (} P \cdot \sin \alpha)$
 $P_{By} = 50 \text{ N}$ movem 20 kg,
 2,5 N movem 1 kg,
 $100 - 50 = 50$ então $a = 2,5 \text{ m/s}^2$

Se $a = 2,5 \text{ N/kg}$ e se corpo A tem 10 kg, ele usa 25 N. Dos 100 N iniciais restam 75 para o corpo B, que são transmitidos pela tração

Figura 5: Exemplo (3) de resolução de problema com o uso da linguagem verbal.

Apesar de a professora fazer mais uso durante as aulas da linguagem matemática para a resolução de situações-problema envolvendo o plano inclinado, muitos alunos continuam utilizando a linguagem verbal na resolução. Decorre daí que, para o aluno, o plano inclinado ou qualquer outra questão, por mais complexa que possa parecer, é apenas mais uma situação-problema que é diferente pois envolve mais informações recorrendo a uma modificação moderada nos seus esquemas, mas semelhantes aos anteriores pois os invariantes operatórios a que ele recorre, lhe são bastante familiares.

Observa-se que o aluno, em situações familiares, recorre a um esquema de ação de eficácia já conhecida por ele na resolução desta classe de situação, por exemplo situações-problema que envolvam o plano horizontal. Modificando moderadamente a situação, tornando-a nova se comparada com anteriores, como, por exemplo, o plano inclinado, o aluno recorre a outros esquemas que são acomodados, descombinados e recombinados ampliando seu repertório de esquemas. Ela ou ele consegue resolver situações-problema cada vez mais complexas pois sua aprendizagem não foi mecânica mas significativa – o aluno vai desenvolvendo um repertório de esquemas que dão sentido às situações que constituem o campo conceitual da Dinâmica.

No exemplo da Figura 5, o aluno tendo em vista a situação-problema proposta, verifica que a força resultante sobre o conjunto é a diferença entre o peso do corpo pendurado e uma das componentes da força peso do corpo que está apoiado no plano e o aluno determina o valor desta componente antes de efetuar o restante da resolução.

A nova situação requer do aluno a análise da componente do vetor força peso que no plano horizontal não se fazia necessária. A resolução proposta pelo aluno apresenta um grau de formalismo maior do que no início do seu processo de aprendizagem, no entanto ele continua fazendo uso da linguagem verbal.

O processo de formalização da linguagem para alguns alunos ocorre de forma mais lenta do que para outros. Alguns alunos poderão concluir tópicos inteiros utilizando a linguagem verbal e não modificá-la para a formal e isto não os impede, necessariamente, de incorporar novos conceitos ao seu campo conceitual e utilizá-los em situações-problema.

Segundo Vergnaud (1983), o âmago do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização e são as situações que dão sentido ao conceito. Situações moderadamente novas que requerem modificações nos esquemas aplicados, não são obstáculos intransponíveis

ao aluno quando este compreende e dá significado aos conceitos que estão envolvidos nesta situação e compreende suas relações.

Uma consequência importante do maior uso da linguagem verbal na resolução de problemas, foi um maior domínio, por parte dos alunos, do campo conceitual a respeito dos tópicos trabalhados. Este aspecto foi verificado nas diversas atividades que ocorreram durante as aulas. Em uma atividade em especial, foram utilizados mapas conceituais, releituras destes e comparações com respostas em um teste posterior.

3.4 – O uso do mapa conceitual e avaliação dos resultados

A atividade foi realizada com o objetivo de revisar os conceitos e princípios trabalhados no ensino da Dinâmica (mais especificamente, as Leis de Newton e suas aplicações). Inicialmente, os alunos construíram em conjunto, no quadro branco, um mapa conceitual do assunto e a seguir, cada aluno produziu um texto a partir do mapa conceitual construído. Todos os alunos puderam dar suas opiniões, dirigindo a construção do mapa.

Este esforço progressivo para reestruturar o seu conhecimento e apresentá-lo numa forma visual serve vários propósitos.

Em primeiro lugar, ajuda-o a clarificar os pensamentos e a interagir as idéias a partir de uma série de fontes, por exemplo: leituras, discussões, observações diretas e experiências pessoais de ensino. Para a maioria de nós, as idéias ‘confusas’ que evocamos precisam ser formalizadas, e o próprio ato de o fazer força-nos a lutar com sutilezas e inconsistências potenciais que inevitavelmente se acumulam no nosso pensamento. As idéias confusas não são sinal de más idéias, são um aviso que diz: ‘Cuidado! Conhecimento em construção’. Os mapas conceituais e os diagramas em Vê podem ajudar-nos a separar as idéias boas das más, e a exercitar as ambigüidades no nosso pensamento.

Os mapas conceituais e os diagramas ainda nos ajudam de outro modo, permitindo-nos compartilhar as nossas idéias com as de outros, de modo resumido e oportuno. Uma boa investigação é, em geral, o produto de muitas mentes a trabalharem juntas, a negociarem significados e a chegarem a algum tipo de acordo que as aproxime de um consenso. (Mintzes; Wandersee; Novak, 2000, p. 86)

O mapa conceitual é uma estrutura de conceitos-chave sobre um determinado assunto apresentado em forma hierárquica. É um recurso útil para o ensino e avaliação da aprendizagem e pode ser construído para dar uma visão prévia do que será estudado ou como um organizador de conceitos já aprendidos.

As palavras que se encontram dentro dos retângulos são os conceitos-chave e as que aparecem conectando um conceito ao outro explicitam a relação entre eles. Quando nos conectores existirem setas estas indicarão um sentido privilegiado para a leitura.

A Figura 6 apresenta o mapa conceitual produzido em grupo pelos alunos. Todos os alunos contribuíram na construção do mapa seja indo até o quadro ou orientando o colega que estava escrevendo. É interessante observar o processo de construção de um mapa conceitual por um grupo grande de alunos - todos participam de alguma forma, trazem dados, fazem conexões, discutem uma estrutura melhor de apresentação, questionam a relevância de um conceito ou de um conector – a discussão, orientada pela professora, torna-se bastante frutífera. O mapa passou por diversas alterações até que todos concordassem com o resultado.

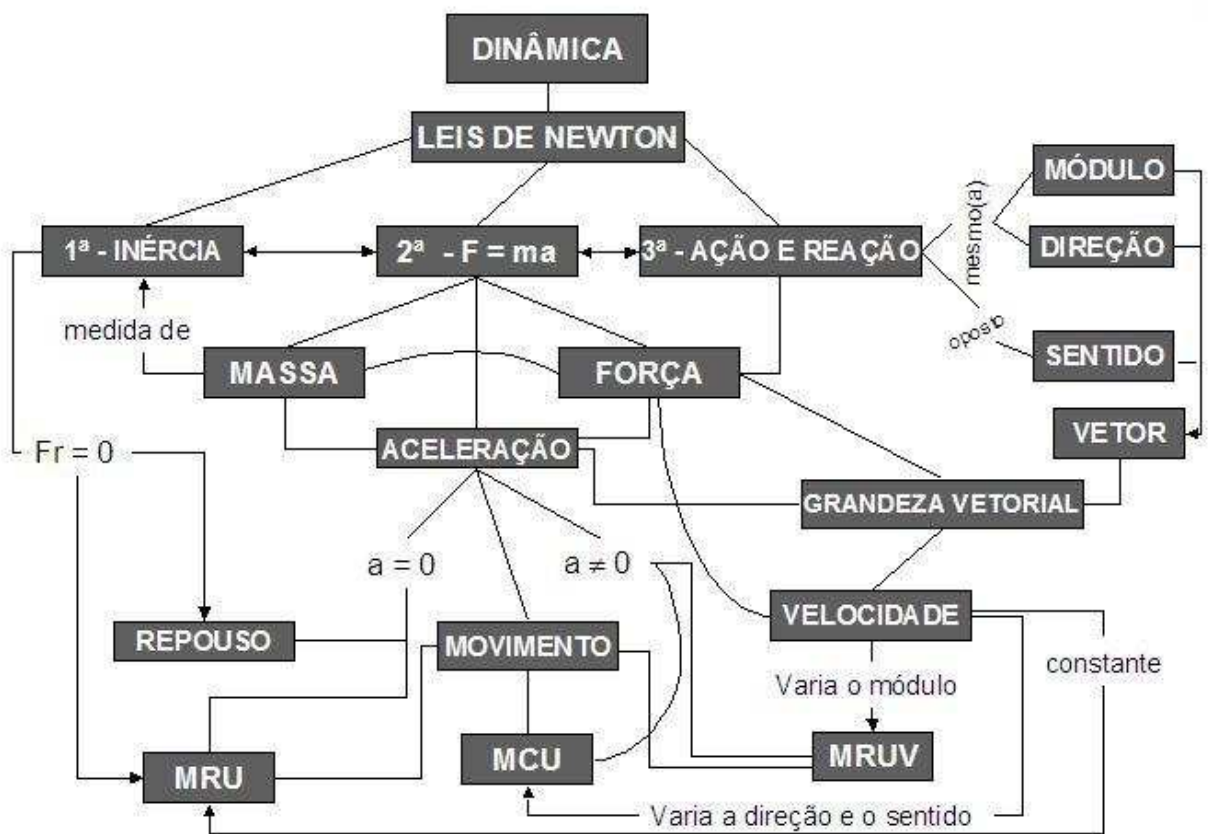


Figura 6: Mapa conceitual construído, em grupo, pelos alunos.

Este mapa foi construído a partir de conceitos e relações trabalhados em aula até aquele momento e, por esse motivo, não apresenta outros conceitos e relações pertinentes aos tópicos que foram tratados posteriormente.

Alguns dos textos produzidos a partir do mapa conceitual foram selecionados e reproduzidos aqui com o objetivo de se fazer uma análise comparativa entre o texto produzido pelo aluno e algumas de suas respostas (do mesmo aluno) em um teste posterior à atividade. A análise dos resultados da atividade foi realizada à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (Moreira, 2004).

Aluno 1

“As Leis de Newton

As Leis de Newton tratam da relação entre força e movimento.

A primeira Lei é da inércia, que fala sobre a resistência de um corpo modificar seu estado de movimento. Ela diz que se nenhuma força se aplica a esse corpo, ou se essa força é nula, o corpo permanece em repouso, se estiver em repouso ou permanece em movimento se estiver em movimento.

A segunda lei é $F = m a$. A força é uma ação capaz de modificar o movimento de um corpo.

A força depende da quantidade de inércia (massa) de um corpo. Várias forças atuam sobre um corpo mas o que faz ele modificar ou não seu estado de movimento é a FR (força resultante). A resultante é o resultado de todas as forças somadas, conforme a soma dos vetores. Se a força resultante for igual a 0, a aceleração também é 0 e o corpo permanece em repouso ou MRU, pois não modifica seu estado de movimento. Se a resultante for diferente de 0, a aceleração é diferente de 0 e o corpo modifica seu movimento.

A terceira lei é a Lei da Ação e Reação. Ela diz que toda ação produz uma reação. Essa reação tem mesmo módulo e direção da ação mas o sentido é contrário. Ação, direção e sentido são características vetoriais, logo a força é uma grandeza vetorial. A força sempre atua aos pares, ocorrendo ação e reação em corpos diferentes.”

No teste:

Questão 1. A força resultante sobre uma pequena esfera, que cai verticalmente no interior de um líquido homogêneo, em repouso, torna-se zero a partir de determinado instante. Isso significa que, a partir daquele instante, a esfera

- () permanece em repouso em relação ao líquido.
- () é acelerada de baixo para cima.
- () é acelerada de cima para baixo.
- () move-se com velocidade constante, para baixo.
- () move-se com velocidade constante, para cima.

Justifique a sua escolha.

Resposta do aluno: *“Move-se com velocidade constante, para baixo.”*

Justificativa: *“Se a força for anulada é porque não existe mais aceleração, pois $F = m a$, se $a = 0$, $F = 0$. Então a velocidade é constante, pois no MRU $a = 0$ e o corpo continua caindo.”*

Questão 2. Considere as seguintes afirmações:

- I – Quando uma partícula é acelerada, a soma das forças exercidas sobre ela é diferente de zero.
- II – As forças de ação e reação, referidas na terceira Lei de Newton do movimento, são iguais em intensidade, direção e sentido.
- III – Quando a soma das forças exercidas sobre uma partícula é zero ela está em repouso ou com velocidade constante.

Quais são corretas? Justifique a sua resposta.

Resposta do aluno: *“I e III”*

Justificativa: *“I – Se existe aceleração a força é diferente de zero, pois $F_r = m a$.*

III – Pela lei da inércia, se nenhuma força atuar sobre um corpo ele permanece parado se estiver parado ou em MRU se estiver em movimento. Ou seja, se a resultante das forças é nula, é porque não existe aceleração (pois $F = m a$), podendo existir repouso ou MRU.”

O aluno 1 demonstrou coerência em suas respostas com relação ao texto produzido (a partir do mapa conceitual). Utilizou os conceitos e teoremas-em-ação trabalhados e soube relacioná-los, mostrando domínio a respeito do campo conceitual envolvido.

Aluno 2

“As Leis de Newton são três: Inércia que é a resistência em modificar o seu estado de movimento - o movimento pode ser MRU e MRUV. Com força resultante igual a zero a aceleração também é, ou repouso ou MRU. Diferente de zero, a aceleração é diferente de 0, assim MUV.

A Segunda lei é uma equação $F = m a$. Sendo que F (força) é uma ação capaz de alterar o movimento de um corpo. Também tem força resultante. Massa é a medida da inércia.

A terceira é ação e reação: toda ação resulta numa reação de mesmo módulo, direção e sentido contrário. Essas são características do vetor, é uma grandeza vetorial. Assim força também é uma grandeza vetorial. Essa lei acontece aos pares. Exemplo: peso, a terra atrai um corpo e um corpo atrai a terra. Mas o corpo tem menos inércia.”

No teste:

Questão 1

Resposta do aluno: *“Permanece em repouso em relação ao líquido.”*

Justificativa: não justificou.

Questão 2

Resposta do aluno: *“I e III”*

Justificativa: não justificou.

O aluno 2 apresentou dificuldade em construir seu texto, de relacionar os conceitos-chave do mapa conceitual. Demonstrou a mesma dificuldade no teste ao não conseguir justificar suas respostas. No teste as questões se complementam e até se respondem o que mostra a dificuldade do aluno em fazer relações – se ele estava realmente de acordo com a afirmação III da questão 2, sua resposta na questão 1 deveria ter sido diferente da sua opção.

Aluno 3 - texto e questões do teste em anexo (Anexo B)

“As três leis de Newton são: inércia, $F = ma$ e ação e reação. A inércia, primeira lei de Newton, é a resistência de um corpo em modificar o seu estado de movimento. A Segunda lei, $F = m a$, é relacionado a força, que é a ação capaz de modificar a velocidade de um corpo, a massa e a aceleração. Já a terceira, explica que toda a ação resulta em uma reação contrária em sentido, mas com mesmo módulo e sentido (**direção**), portanto, é uma grandeza vetorial.

Movimento pode ser retilíneo uniforme, MRU, ou MRUV, movimento retilíneo uniformemente variado. É possível saber qual é o movimento através da força resultante, que se for igual a zero, a aceleração também é zero, portanto o movimento é MRU ou o corpo está em repouso. Já se a força resultante for diferente de zero, a aceleração também é diferente e o movimento é MRUV.

Exemplos da aplicação dessa lei são: quando você caminha pela Terra, por que você que se movimenta, não a Terra? Isso ocorre porque a inércia da Terra é muito maior do que de uma pessoa portanto a inércia está relacionada com a massa. Outro exemplo de que a massa está relacionada com a inércia dos corpos é que se dois caminhões, andando com mesma velocidade, mas um está carregado, o outro não, eles começam a frear no mesmo instante, qual deles percorre uma distância maior até frear (**parar**)? Obviamente, será o carregado pois a massa é maior e sua resistência em modificar o seu movimento também é maior.”

OBS.: As palavras entre parênteses e em negrito são correções feitas pela professora.

No teste:

Questão 1

Resposta do aluno: “Move-se com velocidade constante, para baixo.”

Justificativa: “A esfera move-se com velocidade constante e para baixo pois quando a força resultante é zero, então a aceleração também é zero e vai para baixo por causa da gravidade.”

Questão 2

Resposta do aluno: “I e III”

Justificativa: “Apenas a I e a III estão corretas, pois na III, se a força resultante for zero, significa que a aceleração também é zero. E na I, a força resultante é diferente de zero quando a aceleração também é.”

O aluno 3 em seu texto, não considerou o movimento circular uniforme como possibilidade de movimento em caso de força resultante diferente de zero. Faz consideração de que se a força resultante “for igual a zero, a aceleração também é zero, portanto o movimento é MRU ou o corpo está em repouso” o que se repete na sua justificativa da primeira questão do teste, mas conclui dizendo que “vai para baixo por causa da gravidade”.

O aluno recorreu aos seus conceitos-em-ação e teoremas-em-ação implícitos, prévios e ainda alternativos, para justificar o “movimento para baixo”. Este conhecimento alternativo de que para haver movimento é necessária uma força com mesmo sentido, torna-se um obstáculo à construção dos verdadeiros teoremas e conceitos científicos. Ele não conseguiu relacionar seus esquemas a uma situação aparentemente nova, não possui domínio adequado dos campos conceituais envolvidos.

Aluno 4

“As Leis de Newton que baseiam a dinâmica são 3: inércia, $F = m a$, ação e reação.

A inércia está relacionada com a massa, isto quer dizer, que quanto maior a massa, maior inércia, que é a resistência do corpo em alterar seu estado de movimento. $m g = P$

$F = m a$, está relacionada à massa, ao peso e a força. A força é uma ação capaz de modificar o estado de movimento de um corpo. Força é uma grandeza vetorial. Se a força resultante for igual a 0, a aceleração será igual a 0 e se for diferente, a aceleração também será diferente de zero. O movimento causado pela ação pode ser MRU, onde $a = 0$, ou MRUV, onde $a \neq 0$.

Toda ação resulta numa reação. A ação e reação possuem mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos. Essas são grandezas vetoriais.”

No teste:

1. Para manter um carrinho em movimento retilíneo, com velocidade constante sobre uma mesa horizontal, verifica-se que é preciso puxá-lo com uma força constante F , paralela à superfície da mesa. Isso indica que, sem levar em conta a resistência do ar.

- () apenas a força F está sendo exercida sobre o carrinho.
- () apenas a força F e o peso estão sendo exercidos sobre o carrinho.
- () a força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é igual, em módulo, à força F aplicada.
- () a força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é menor, em módulo, do que a força F aplicada.

Justifique a sua escolha.

Resposta do aluno: *“A força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é menor, em módulo, do que a força F aplicada.”*

Justificativa: *“A força F deve ser maior que F_{at} para que haja o movimento do corpo.”*

2. Considere as seguintes afirmações:

- I – Se um corpo está em movimento, necessariamente a resultante das forças sobre ele é diferente de zero e tem a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade.
- II – Em um determinado instante, a velocidade de um corpo pode ser zero e a resultante das forças ser diferente de zero.
- III – Se nenhuma força externa atua sobre um corpo, certamente ele está em repouso.

Quais são corretas? Justifique a sua resposta.

Resposta do aluno: *“Apenas a I é correta.”*

Justificativa: *“Devido ao fato que se a F_R fosse contrária à v , não haveria o movimento.”*

OBS.: O aluno circula as palavras *“necessariamente”* na primeira afirmação e *“certamente”* na última afirmação e escreve ao lado *“ou em movimento uniforme”*.

O aluno 4 não traz em seu texto a possibilidade do repouso para caso de força resultante nula, apenas faz referência ao movimento uniforme de velocidade constante. No entanto, no teste, o aluno corrige uma das afirmações (questão 2, III afirmação) dizendo que *“se nenhuma força externa atua sobre um corpo, ele está em repouso ou em movimento uniforme”* e, mesmo assim, não faz extensão deste teorema à questão anterior, não conseguiu aplicá-lo a uma outra situação. Seu conhecimento prévio e alternativo é de que, para haver movimento, é necessária uma força resultante diferente de zero no mesmo sentido do

movimento, mesmo tendo trabalhado diversas situações diferentes, questões do tipo “um corpo lançado verticalmente sob efeito da força peso” ou “um corpo lançado horizontalmente sobre uma superfície com atrito não nulo”.

Esta análise e a comparação da leitura do mapa conceitual e respostas nas avaliações não foi por acaso. Por se tratar de um grupo grande, turma normal, nem sempre é possível acompanhar individualmente o aluno em aula e, por isso, uma atividade como esta pode vir a ser um bom instrumento de avaliação. Assim como o aluno pode reproduzir mecanicamente resoluções em situações-problema semelhantes, o mesmo pode ser observado com relação a uma suposta conceitualização – o aluno faz uso dos conceitos e teoremas sem que eles tenham, necessariamente, significado para ele.

O domínio de um campo conceitual por parte do aluno, ocorre de forma progressiva e muitas vezes lenta. Cada indivíduo, conforme suas condições individuais e capacidade cognitiva, tem seu próprio tempo para que seu conhecimento implícito evolua para o explícito, cientificamente aceito. Sua bagagem, concepções prévias, é constituída por conceitos-em-ação e teoremas-em-ação que, apesar de não serem verdadeiros teoremas e conceitos científicos, podem evoluir para eles. No entanto, muitas vezes, estas concepções prévias precisam ser abandonadas para que os novos conceitos possam ser construídos.

O professor, ao acompanhar “mais de perto” os seus alunos, poderá verificar diferentes níveis cognitivos, concepções prévias, muitas vezes alternativas, conceitos-em-ação e teoremas-em-ação no grupo. E assim como o grupo apresenta diferenças no começo do trabalho também apresentará ao final, isto é, nem todos os alunos terão evoluído seus teoremas e conceitos implícitos para teoremas e conceitos científicos.

Nas avaliações (testes, provas) muitos alunos acabam reproduzindo de forma mecânica o que supostamente aprenderam, como uma receita, um esquema automatizado, mas que, no entanto, é ineficaz ao se propor uma nova situação onde apenas os alunos que efetivamente obtiveram uma aprendizagem significativa serão capazes de resolver, relacionando seu conhecimento adquirido, acomodando, descombinando e recombinaando seus esquemas.

O professor deve oferecer situações, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aluno, para que este seja capaz de ampliar e desenvolver seu repertório de esquemas e representações levando-o ao desenvolvimento cognitivo. Cada aluno é um indivíduo único naquele grande grupo o que torna esta tarefa difícil e, no entanto, imprescindível.

CAPÍTULO IV – APLICAÇÃO DA PROPOSTA NO ANO LETIVO DE 2005

A turma da 1ª série do Ensino Médio do ano letivo de 2005 foi composta por 45 alunos com idades entre 14 e 16 anos. Assim como no ano letivo de 2004, em 2005 a ordem dos tópicos trabalhados na Física foi: Cinemática – Dinâmica – Estática. Os procedimentos que antecederam a aplicação da proposta seguem como no ano anterior. No entanto, a professora, após avaliar o ano letivo de 2004 e os seus resultados quanto à aplicação da proposta, considerou importante rever alguns pontos.

No estudo da Cinemática, que nesta escola antecede o da Dinâmica, ficaram algumas questões a serem analisadas. É neste tópico que os alunos iniciam o estudo dos movimentos e conceitos como distância, tempo e velocidade, supostamente pertencentes ao repertório de conceitos do aluno, fazem parte do campo conceitual do movimento. Supostamente pois, considerando o cotidiano do aluno, distância, tempo e velocidade estão bastante presentes e, portanto, são conceitos e teoremas-em-ação potencialmente explicitáveis.

No entanto, em algumas situações-problema envolvendo o movimento, muitos alunos demonstraram grande dificuldade em identificar, relacionar e diferenciar estes conceitos. A dificuldade inicia na leitura e interpretação da situação-problema; é fácil encontrar alunos que não conseguem identificar o que a situação-problema pede, quais são as condições e relações existentes na situação, conceitos e teoremas-em-ação envolvidos e quais são as possibilidades de procedimentos, esquemas que ele poderá recorrer para a resolução.

Na tentativa de superar esta dificuldade, a professora pediu aos alunos que representassem esquematicamente, com desenhos e tabelas, o que a situação-problema trazia. Alguns alunos só conseguiram resolver as situações-problema depois que essa representação fosse feita, isto é, depois de transcrever as informações do texto para um modo mais visual.

Pensando nesta dificuldade que é, para o aluno da 1ª série do Ensino Médio, a interpretação do texto das situações-problema, a professora resolveu pesquisar em alguns livros didáticos de Física desta série e constatou que, em praticamente todos os livros, as situações-problema exemplares evoluem na sua complexidade de acordo com o que se espera, no sentido de favorecer o desenvolvimento cognitivo; porém as situações-problema propostas para o aluno são, na maioria das vezes, questões de vestibular.

No entanto, o aluno vai prestar vestibular somente quando concluir a 3ª série do Ensino Médio e, nestes três anos, tempo que para um adulto parece pequeno, este adolescente passa por uma grande mudança cognitiva. O aluno da 3ª série do Ensino Médio consegue interpretar e fazer relações melhor do que o aluno da 1ª série, as questões de vestibular são direcionadas para ele e não para o aluno da 1ª série – mesmo sendo relacionadas a tópicos trabalhados na 1ª série, muitas situações-problema de vestibular exigem uma interpretação, uma leitura mais ampla e complexa para a qual o aluno da 1ª série poderá ainda não estar suficientemente apto a fazer.

A questão não é criticar as situações-problema propostas nos vestibulares, mas analisá-las se são adequadas ou não para o aluno naquele momento. Muitos professores fazem uso de questões de vestibular em suas aulas e avaliações, inclusive a professora que aplicou esta proposta. No entanto, a professora prefere oferecer situações-problema diversas sem dar preferência pelas de vestibular, o que não significa excluí-las. A preocupação é oferecer situações-problema gradativamente mais complexas ao aluno e, em alguns momentos, as situações-problema de vestibular podem se encaixar muito bem e contribuir para o processo de desenvolvimento cognitivo do aluno.

Comentários dos alunos que se referem às questões de vestibular como sendo as mais difíceis são comuns, normalmente as questões deste tipo são apresentadas ao final dos tópicos e compreendem um grau de dificuldade maior.

No entanto, elaborar problemas progressivamente mais complexos em cooperação entre o professor e os alunos, pode ser mais estimulante e capaz de criar um espírito de investigação mais prazeroso ao aluno do que a resolução de uma questão pronta.

A professora propõe aos alunos iniciar por uma situação-problema conhecida e acrescentar, gradativamente e com a ajuda destes, novos elementos tornando-a progressivamente mais complexa. Este procedimento verificou-se um instrumento eficiente no processo de desenvolvimento cognitivo tanto para aqueles alunos que relacionam com maior facilidade os conceitos e teoremas-em-ação pertinentes como para os que não.

É esperado que o aluno, ao se deparar com situações-problema moderadamente mais complexas, sofra um pequeno desequilíbrio e precise adaptar-se às situações adotando ou modificando seus esquemas. Esta mudança de dificuldade apresentada pela situação-problema pode ser verificada não apenas na situação em si (elementos, relações, conceitos e teoremas-

em-ação que ela traz) mas também no seu enunciado – muitas vezes basta alterar o enunciado da questão para esta tornar-se mais complexa ao aluno.

A professora verificou que seus alunos apresentavam dificuldades diferentes em situações-problema idênticas mas que possuíam diferentes apresentações – muitos alunos sequer eram capazes de identificar semelhanças entre as questões considerando-as completamente distintas. Para um determinado grupo de situações-problema considerado exemplar os alunos tomavam como procedimento para resolução um determinado esquema já conhecido, utilizado e de eficácia comprovada em situações idênticas. No entanto, ao se formular a mesma questão de maneira nova e não familiar, verificou-se dificuldade na resolução por parte do aluno.

Ausubel,

propõe, então, que ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a ‘simulação da aprendizagem significativa’ é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. (Moreira, 1999 p. 156)

4.1 – As formas de apresentação de uma situação-problema e suas implicações

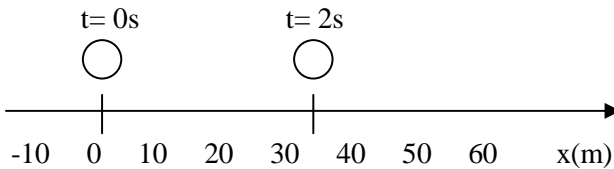
No andamento do trabalho foi organizada uma atividade em que duas situações-problema eram apresentadas em quatro formas diferentes (Anexo C). O objetivo desta atividade é verificar como os alunos se comportavam frente a diferentes formas de apresentação dos enunciados, o uso das linguagens verbal e formal na resolução, os esquemas utilizados e a ocorrência de aprendizagem significativa ou de aprendizagem meramente mecânica. Os alunos opinaram sobre as apresentações em entrevistas (são mais de 11 horas de entrevistas gravadas).

Os alunos deveriam resolver todas as situações-problema e no final indicar aquela que considerou mais acessível.

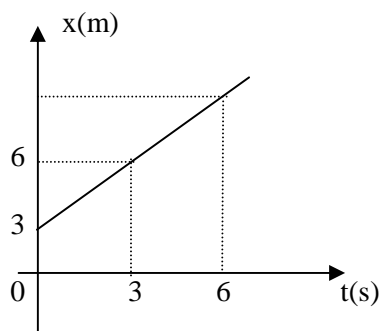
As questões 1 até 4 referem-se a um mesmo tipo de situação-problema diferenciando apenas na sua apresentação. A questão 1 apresenta apenas o texto com os dados. Na questão 2 as informações estão representadas numa trajetória orientada. A questão 3 faz uso de um gráfico para representar a situação-problema e a questão 4, além do gráfico, faz uso de uma tabela de valores.

Primeiro conjunto de questões – 1 a 4:

- Um móvel está na posição 10 m e 2 s mais tarde encontra-se na posição 30 m. Em que posição este móvel deverá estar no instante 6 s se mantiver velocidade constante?
- O movimento de um corpo é descrito na trajetória orientada abaixo. Determine a sua posição no instante 8 s considerando o movimento retilíneo com velocidade constante.



- Um móvel se desloca sobre uma trajetória retilínea de acordo com o gráfico abaixo. Qual a posição do móvel no instante 6 s?

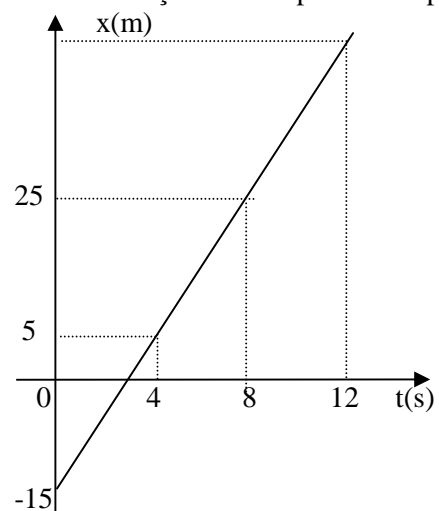


Observação: o gráfico está fora de escala.

- A tabela abaixo mostra valores da posição de um móvel em função do tempo e o respectivo gráfico do movimento.

Determine a posição do móvel no instante 12 s.

t (s)	0	4	8	12
x (m)	-15	5	25	



Observação: o gráfico está fora de escala.

A professora considerava a princípio, antes de aplicar esta atividade, que seus alunos teriam preferência pelas questões que envolvessem gráficos por considerar a visibilidade dos dados fornecidos, mas não foi o que aconteceu. Os gráficos já faziam parte das aulas há um bom tempo e visualmente expressam valores e resultados fáceis de serem obtidos – fácil sim, mas não para a maioria dos alunos como foi verificado. A representação da situação-problema através de gráficos requer do aluno o domínio do campo conceitual em um nível mais alto de abstração e organizado e um nível de formalização maior – são muitas as relações que se pode obter a partir da leitura do gráfico mas nem todos os alunos estão ainda aptos em fazê-las. Cada aluno é um indivíduo único e isto pode ser verificado pelas suas preferências.

Nas entrevistas a professora constatou que a preferência dos 43 alunos participantes ficou distribuída entre as opções (questões) apresentadas – a primeira com 12 alunos, a segunda com 21 alunos, a terceira com 5 alunos e última também com 5 alunos.

Os alunos que optaram pela primeira questão justificaram dizendo que era um texto acessível, com dados simples e de fácil aplicação. Os alunos fizeram uso de diversos recursos na resolução desta questão – linguagem matemática com o uso da função horária da posição para o Movimento Retilíneo Uniforme, trajetória orientada contendo dados, gráficos, etc.

Nas figuras a seguir (7 e 8) são apresentados dois exemplos de resolução desta situação-problema. Na Figura 7 tem-se um exemplo de resolução utilizando a função horária e a trajetória orientada. Na Figura 8 a aluna faz uso do gráfico, da trajetória orientada e da linguagem verbal.

1. Um móvel está na posição 10 m e 2 s mais tarde encontra-se na posição 30 m. Em que posição este móvel deverá estar no instante 6 s se mantiver velocidade constante?

$$X = X_0 + v \cdot t$$

$$X = 10 + 10 \cdot 6$$

$$X = 10 + 60$$

$$X = 70 \text{ m}$$

Ele vai estar na posição 70 m

Figura 7: Situação-problema 1, exemplo de resolução.

1. Um móvel está na posição 10 m e 2 s mais tarde encontra-se na posição 30 m. Em que posição este móvel deverá estar no instante 6 s se mantiver velocidade constante?

$v = 10 \text{ m/s}$

R: O móvel deverá estar na posição 70 metros, pois ele ~~está~~ partiu da posição 10 m e andou mais 60 m numa velocidade de 10 m/s.

Figura 8: Situação-problema 1, exemplo de resolução.

Quanto à preferência pela questão 2, segundo os alunos, deu-se pela forma visual com que a questão foi apresentada - os alunos que optaram pela segunda questão, fizeram o uso do desenho dando continuidade ao modelo apresentado até encontrar a resolução da situação-problema. Os alunos identificaram as condições do problema e com base numa variação constante deram continuidade ao próprio desenho encontrando a solução do problema como mostra a Figura 9.

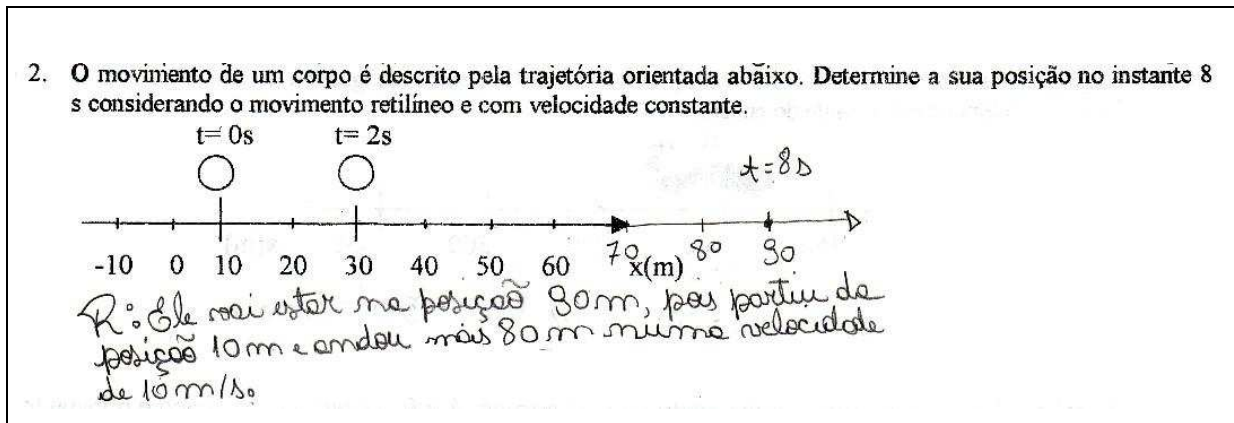


Figura 9: Situação-problema 2, exemplo de resolução.

A professora questionou os alunos quanto à validade do recurso adotado na resolução desta situação-problema e se seria adequada para intervalos de tempo maiores. Os alunos responderam que para intervalos maiores de tempo o melhor seria resolver como na primeira questão onde eles utilizaram, na maioria, o uso da linguagem formal conhecida – a função horária da posição para o Movimento Retilíneo Uniforme.

A justificativa dos alunos que não tiveram como preferência as questões 3 e 4, foi a dificuldade em interpretar os dados fornecidos pelos gráficos, consideram a leitura de gráficos muito complexa, que relaciona várias grandezas e implicações e que traz implícito muitos detalhes que lhes escapam.

Os alunos que optaram pela questão de número 3 consideraram esta a mais acessível pois consideraram o gráfico de fácil visualização e interpretação. Estes alunos resolveram a situação-problema a partir da leitura do gráfico, fazendo uso da linguagem formal para avaliar a variação de posição e determinar o que era solicitado.

Quando questionados a respeito das questões 1 e 2, estes alunos consideraram estas questões mais difíceis de visualizar, viam a necessidade de aplicar fórmulas ou alguma outra forma menos direta na resolução. Estes alunos não demonstraram dificuldade em resolver as

situações-problema anteriores (1 e 2), sabiam relacionar os conceitos e teoremas-em-ação envolvidos nas situações e expressar suas resoluções através das linguagens verbal e matemática, seus esquemas de assimilação foram eficientes em todas as situações-problema propostas.

Apesar das diferentes formas de apresentação, os conhecimentos-em-ação utilizados são os mesmos – a velocidade é determinada a partir dos dados do gráfico e com o uso (implícito na maioria das vezes) do teorema-em-ação $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (velocidade é espaço dividido pelo tempo).

As Figuras 10 e 11, a seguir, mostram dois exemplos de resolução da situação-problema 3.

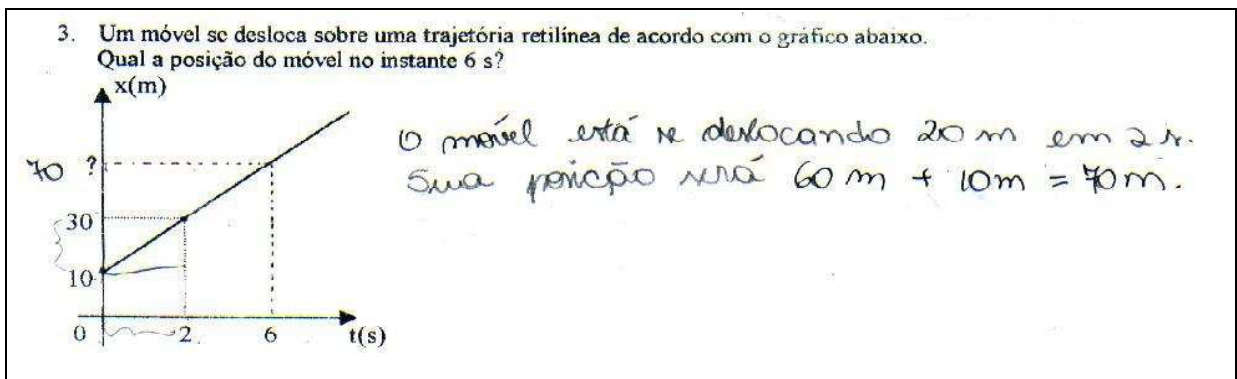


Figura 10: Situação-problema 3, exemplo de resolução

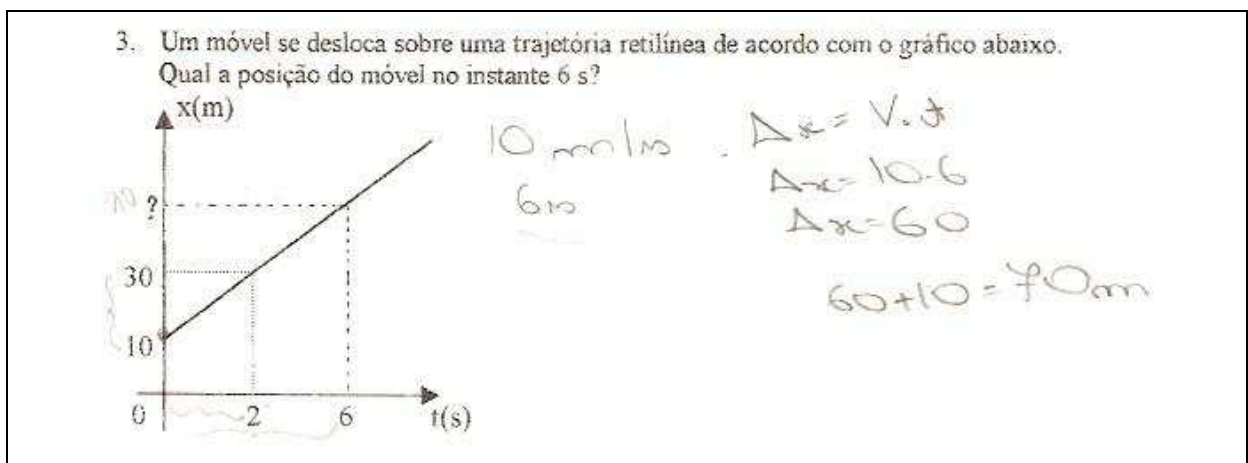


Figura 11: Situação-problema 3, exemplo de resolução.

Finalmente, os alunos que optaram pela questão 4 consideraram esta a mais fácil pois, segundo eles, a resolução era visível através do gráfico e, utilizando a tabela, a variação dos valores envolvidos era ainda mais fácil de ser determinada. Assim como os alunos que

optaram pela questão 3, estes alunos também consideram a necessidade de aplicar fórmulas ou outro esquema menos direto na resolução das questões 1 e 2. Com relação à questão 3 estes alunos, fazendo a comparação, concluíram que a tabela da questão 4 foi um recurso a mais que facilitou a resolução – a tabela traz uma leitura organizada e direta dos dados do gráfico que o próprio aluno poderia construir. A Figura 12 mostra um exemplo em que o aluno faz uso direto da tabela, verificando as variações de tempo e espaço. Apesar de o aluno obter a resposta correta, da forma como ele apresentou sua resolução, fica a dúvida quanto aos conhecimentos-em-ação utilizados - o aluno não faz menção à velocidade como a variação do espaço pelo tempo e pode ter obtido a resposta apenas por uma seqüência lógica sugerida pela tabela.

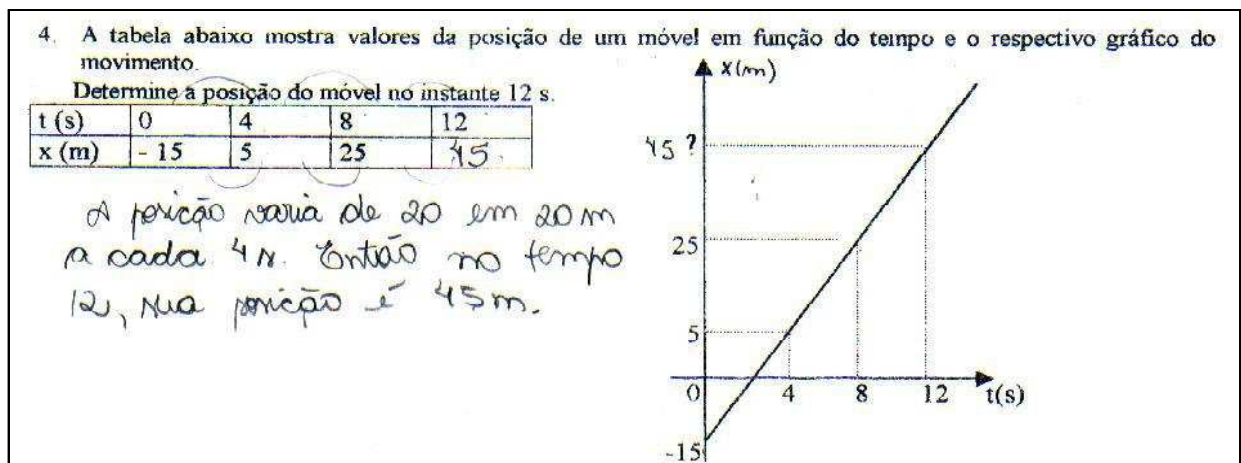


Figura 12: Situação-problema 4, exemplo de resolução.

No teorema-em-ação utilizado pelo aluno no exemplo da Figura 13, $x = x_0 + vt$ (posição final é igual à posição inicial mais o produto da velocidade pelo tempo), fica evidente o uso dos conhecimentos-em-ação pertinentes à situação-problema.

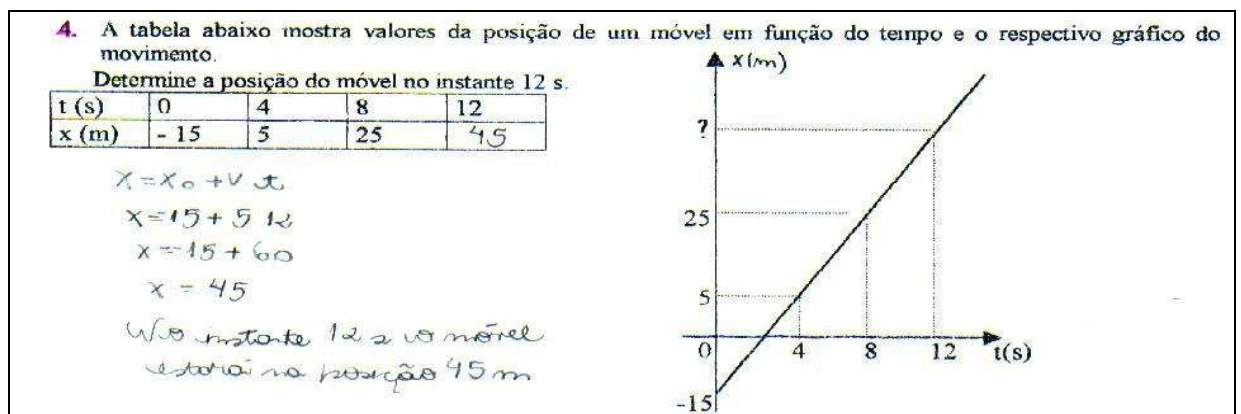


Figura 13 – Situação-problema 4, exemplo de resolução.

Neste caso, o aluno determina o valor da velocidade (de forma não explícita na resolução) verificando a necessidade desta para a resolução da situação-problema. O aluno não faz uso da tabela como uma seqüência de valores mas como um recurso de informações a mais.

Este último grupo de alunos, assim como o grupo anterior, também demonstrou facilidade em resolver as demais questões (1 e 2), seus esquemas de assimilação foram eficientes em todas as situações-problema propostas. A leitura do gráfico para este grupo e para o anterior não se apresentou como um fator de dificuldade na resolução das questões mas como um facilitador – a leitura dos gráficos faz parte do seu repertório de esquemas de assimilação e o campo conceitual pertinente lhes é eficiente.

Se esta situação-problema fosse apresentada aos alunos somente no modo das questões 3 e 4, muitos encontrariam dificuldade em interpretá-la e resolvê-la, o desequilíbrio, para alguns, seria demasiadamente grande. As situações-problema devem ser gradativamente mais complexas e é o professor quem deve oferecê-las. No entanto o professor não trabalha com um grupo homogêneo onde todos aprendem ao mesmo tempo e com a mesma facilidade, é necessário identificar as dificuldades dos alunos, inferindo seus esquemas de assimilação e a falta destes, e uma atividade como esta pode servir como recurso para tal. Segundo Vergnaud,

Não requer o mesmo nível de conceitualização saber calcular a velocidade dividindo um espaço por um tempo, expressar em forma lingüística a idéia de que a velocidade é proporcional à distância quando a duração se mantém constante, ou que a distância é uma função bilinear da duração e da velocidade e expressar esta idéia por uma fórmula. (Vergnaud, 1996, apud Greca; Moreira, 2004, p. 6)

Os gráficos fazem parte dos tópicos de Física trabalhados e de outras situações-problema apresentadas anteriormente. No entanto, os gráficos apresentam-se ainda muito abstratos para a maioria dos alunos, apenas 10 alunos optaram pelas questões 3 e 4 e deram como justificativa, justamente o oposto dos demais (os que não optaram) – os gráficos trazem todas as informações necessárias e a leitura lhes é muito acessível.

Os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação presentes nas resoluções foram os mesmos para todos os alunos, variando apenas quanto a sua forma de representação – alguns alunos optaram em adotar a linguagem verbal, outros a linguagem matemática com ênfase na função horária do Movimento Retilíneo Uniforme, “ $x = x_0 + vt$ ”.

Trabalhar com uma turma grande como se fosse um grupo homogêneo de pessoas, onde todos, supostamente, aprendem da mesma forma e ao mesmo tempo, leva a situações como esta em que, apesar de ser trabalhado com todos os alunos o mesmo assunto, muitos alunos não conseguem dar conta de acompanhar os demais colegas e professor - as aulas tornam-se (para estes alunos) desestimulantes e as avaliações um tormento. É importante o professor propor atividades em que possa verificar a quantas anda o seu grupo de alunos, que situações são para uns e outros assimiladas e em que grau de complexidade as situações lhes são apresentadas.

A constatação da dificuldade da maioria dos alunos quanto à leitura de gráficos levou a professora a propor uma outra atividade que será relatada posteriormente durante o andamento deste trabalho.

A resolução das situações-problema, através da linguagem verbal verificou-se em algumas das aplicações, por escrito, e também nas entrevistas gravadas e serviu para inferir os esquemas utilizados pelos alunos e comparar com os esquemas de assimilação que eram esperados pela professora – o que para alguns alunos apresentava-se assimilado para outros alunos era demasiadamente complexo e distante. Com isso, a professora pode propor estratégias para amenizar estas dificuldades como atividades complementares, aulas de reforço e em pequenos grupos.

No grupo de questões de 5 a 8, a preferência da maioria da turma, 14 alunos, foi pela questão 8. Nestas situações-problema apresentadas de formas diferentes, tinham na questão 8, segundo os alunos, as informações mais organizadas e visíveis (tabela e gráfico) do que a questão 7(cuja preferência foi de 12 alunos) e, além disso, traziam informações mais diretas do que as questões 5 e 6 (10 alunos e 7 alunos da preferência respectivamente).

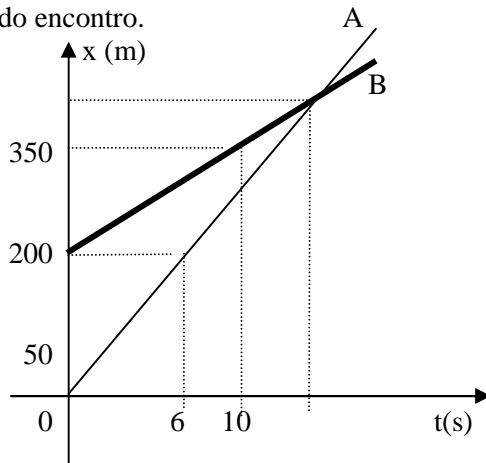
Segundo conjunto de questões – 5 a 8

5. Dois automóveis, A e B, se deslocam numa mesma trajetória com movimento uniforme. Num determinado instante, a diferença de espaço entre eles é de 300 m. Sabendo que suas velocidades escalares são respectivamente iguais a 30 m/s e 20 m/s, determine a posição e o instante do encontro quando se deslocam no mesmo sentido.

6. A figura representa dois automóveis A e B, com velocidades constantes iguais a $v_A = 25$ m/s e $v_B = 15$ m/s. Determine a posição e o instante do encontro.

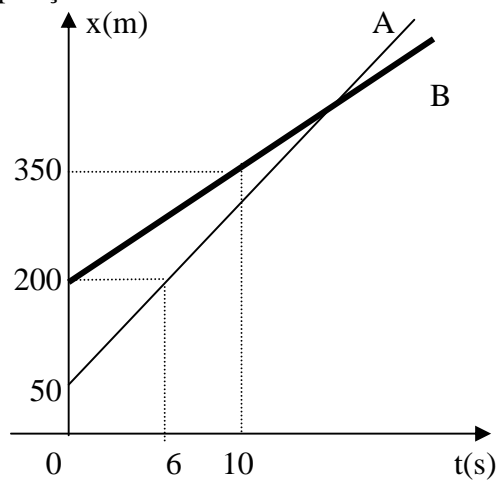


7. O gráfico abaixo representa o movimento de dois corpos, A e B. Determine a posição e o instante do encontro.



Observação: o gráfico está fora de escala.

8. O gráfico abaixo representa o movimento de dois corpos, A e B. A tabela traz os valores apresentados no gráfico para as posições dos corpos nos respectivos instantes. Determine a posição e o instante do encontro.



t (s)	0	3	6	9	10	12	15	18
x _A (m)	50		200					
x _B (m)	200				350			

Observação: o gráfico está fora de escala.

Se antes, entre as questões 1 e 2, a preferência dos alunos foi pela questão 2 devido à forma como ela foi apresentada (trajetória orientada), entre as questões 5 e 6 se deu o contrário. Para os alunos que optaram pela questão 5, os dados do problema são apresentados de forma “pronta” no enunciado da questão e não há necessidade de maiores observações como requer a questão 6.

Para os alunos que optaram pela questão 6, a trajetória orientada foi um instrumento importante que acrescentou um caráter visual aos dados tornando-a mais acessível que a questão 5. Nas Figuras 14 e 15 são apresentados exemplos de resoluções para as situações-problema 5 e 6.

5. Dois automóveis, A e B, se deslocam numa mesma trajetória com movimento uniforme. Num determinado instante, a diferença de espaço entre eles é de 300 m. Sabendo que suas velocidades escalares são respectivamente iguais a 30 m/s e 20 m/s, determine o espaço e o instante do encontro quando se deslocam no mesmo sentido.

$\Delta x = 300$
 $\frac{\Delta x}{10}$
 $\Delta t = 30s$
 O instante de encontro é 30s

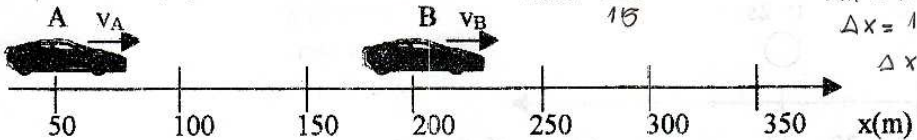
$\Delta x = v \cdot \Delta t$
 $\Delta x = 30 \cdot 30$
 $\Delta x = 900$
 Eles andaram 900 m até se encontrarem

Correção: onde lê-se “espaço”, considere “posição”.

Figura 14: Situação-problema 5, exemplo de resolução.

6. A figura representa dois automóveis A e B, com velocidades constantes iguais a $v_A = 30$ m/s e $v_B = 15$ m/s. Determine o espaço e o instante do encontro.

$\Delta t = \frac{150}{15} = 10$
 $\Delta x = v \cdot \Delta t$
 $\Delta x = 15 \cdot 10$
 $\Delta x = 150$



Eles se encontraram no instante 10s.
 Eles andaram 150 m para se encontrar.

Correção: onde lê-se “espaço”, considere “posição”.

Figura 15: Situação-problema 6, exemplo de resolução

Nos exemplos das Figuras 14 e 15, a aluna apresentou incoerência na suas resoluções com o que foi solicitado nas situações-problema 5 e 6. Na situação-problema 5 este fato fica evidente no uso da variação do espaço (Δx) que foi determinado, sem relacionar para qual automóvel, como sendo a posição de encontro. O resultado matemático (900 m) não deixaria

de ser correto se a aluna considerasse o espaço do encontro como sendo o deslocamento do automóvel A menos o seu espaço inicial, coisa que não aconteceu.

O resultado, valor matemático, apesar de ser o mesmo, não tem o mesmo significado físico, o que não está claro para esta aluna que conclui sua resolução dizendo “*eles andaram 900 m até se encontrarem*”. A mesma dificuldade é verificada na questão seguinte. Este tipo de verificação quanto aos conhecimentos-em-ação utilizados pelo aluno ficam mais evidentes para o professor quando o aluno é estimulado a fazer uso, além da linguagem matemática, da linguagem verbal.

Os conceitos-em-ação utilizados foram velocidade relativa, soma de vetores e movimento uniforme e os teoremas-em-ação apresentados foram $\Delta t = \frac{\Delta x_R}{v_R}$ onde Δx_R é o espaço relativo entre os dois móveis e v_R é a velocidade relativa (soma vetorial das velocidades dos móveis) e $x = x_0 + vt$ modificado para $\Delta x = vt$.

As situações-problema 7 e 8 que detiveram a maioria das preferências, no segundo conjunto de situações, trazem seus dados através de gráficos. O que antes (entre as questões 1 a 4) se apresentava como um fator de dificuldade, aqui, devido a maior complexidade das situações-problema (ou da situação-problema), se torna um importante auxílio na resolução.

Mesmo os alunos que demonstraram dificuldade em ler os dados fornecidos através dos gráficos nas questões anteriores (3 e 4) concordam que, em relação a este conjunto de questões (5 a 8), os gráficos são facilitadores e que a sua leitura é mais direta e prática do que a resolução da questão a partir do enunciado. No entanto, este fato está mais relacionado com a questão 7 do que com a questão 8. Na questão 8, a presença da tabela foi o fator que trouxe maior facilidade na sua resolução, segundo os alunos, e não o gráfico, que acabou ficando em segundo plano.

As Figuras 16 e 17 apresentam exemplos de resoluções das situações-problema 7 e 8.

No exemplo da Figura 16, o aluno faz uso dos conceitos-em-ação velocidade e velocidade relativa, determinando o instante do encontro a partir desta e do espaço relativo entre os dois corpos. A partir do instante de encontro e das funções horárias para as posições dos corpos A e B, a posição de encontro é determinada. O teorema-em-ação “posição final é a posição inicial mais o produto da velocidade pelo tempo” é evidenciada nas duas últimas linhas da resolução do problema.

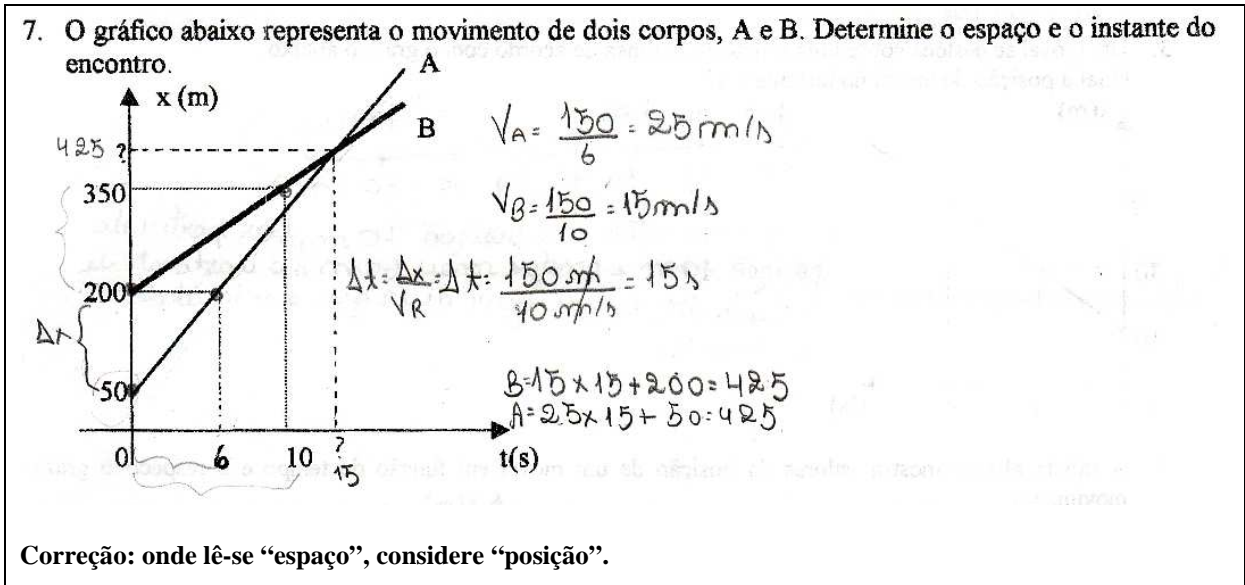


Figura 16: Situação-problema 7, exemplo de resolução.

No exemplo da Figura 17, o aluno faz uso dos dados fornecidos no gráfico e na tabela, para determinar as velocidades dos corpos, a velocidade relativa (valor presente no cálculo do instante de encontro), o instante e o espaço do encontro.

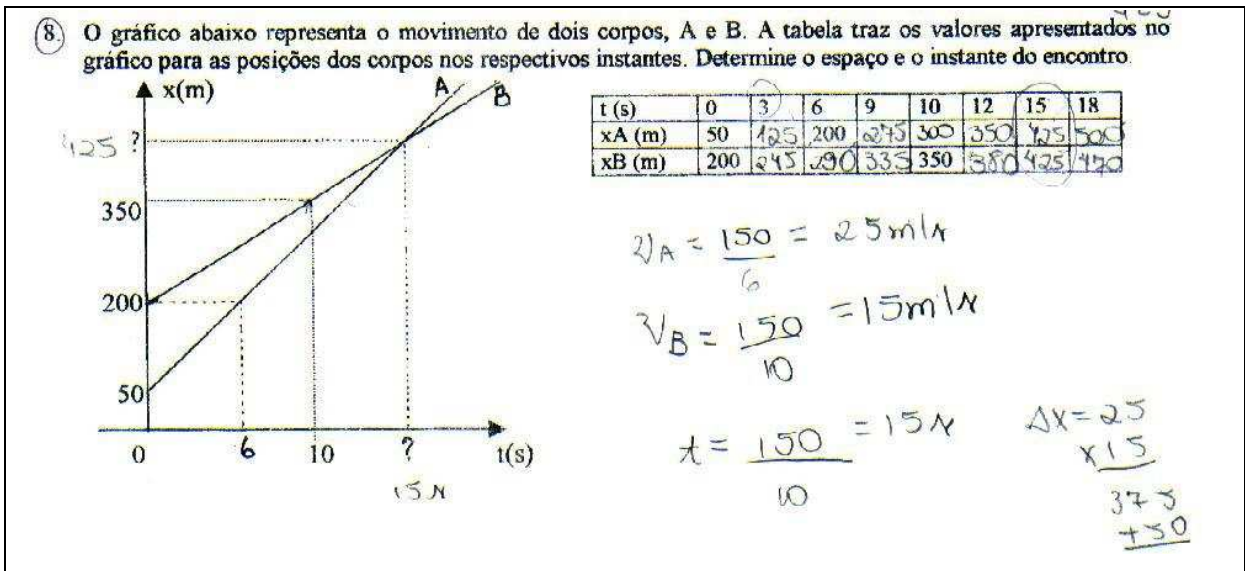


Figura 17: Situação-problema 8, exemplo de resolução.

Pelos cálculos apresentados pelo aluno é possível verificar que os resultados poderiam ter sido obtidos independentemente da tabela e que esta serviu como um instrumento de comprovação dos resultados e não como o principal fator de determinação.

Todos os alunos fizeram, pelo menos uma vez, uso da linguagem matemática na resolução das situações, sendo que alguns de maneira mais organizada e formalizada que outros. Os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação utilizados em todas as questões foram os mesmos: os dois móveis descrevem Movimentos Uniformes – MU, com a mesma direção e no mesmo sentido e irão se encontrar num determinado ponto; as velocidades são tratadas vetorialmente tendo como resultado a velocidade relativa; as funções horárias são construídas de acordo com cada móvel e suas posições finais são igualadas (se há um encontro, em um determinado instante os dois móveis deverão estar na mesma posição).

A professora verificou através das avaliações e das entrevistas que situações-problema equivalentes apresentadas de formas diferentes podem apresentar-se como um fator determinante para o sucesso ou fracasso do aluno ao resolvê-la. Os seus procedimentos quanto a elaboração das avaliações (testes e provas) foram revistos, as situações-problema foram apresentadas de formas mais diversificadas, possibilitando que um número maior de alunos, objetivando a totalidade, pudessem expressar-se, apresentando seus esquemas de resolução a partir dos quais a professora poderia avaliar a aprendizagem.

Os alunos foram estimulados a escrever mais sobre as situações-problema e não apenas aplicar fórmulas. Em função dos resultados da atividade quanto ao uso da tabela, muito comum em situações-problema propostas em livros didáticos, como recurso para a resolução da situação-problema, esta passou a ser utilizada com cautela – justificativas para os valores são solicitados para que a professora possa verificar com mais clareza os reais esquemas utilizados pelo aluno.

Alguns alunos apresentaram dificuldade em resolver as questões utilizando a linguagem formal, apesar de não ser um tópico novo e de, em outros momentos, ter resolvido situações-problema semelhantes. Em um trecho, de uma das entrevistas feitas, constata-se exatamente esta dificuldade.

No trecho da entrevista transcrita a seguir, P é a professora e B o aluno entrevistado. B é um aluno que, apesar de não fazer uso da linguagem formal matemática, conseguiu chegar aos resultados corretos para a maioria das questões. O aluno B apresentou, na maioria das resoluções, apenas a resposta final sem o desenvolvimento que descrevesse seus procedimentos. Na entrevista, através de perguntas que o orientavam, o aluno descreveu como resolveu as questões e demonstrou saber fazer uso de esquemas “mentalmente”, mas com grande dificuldade de explicitação, seja pela linguagem matemática ou pela linguagem verbal.

A professora pediu que ele tentasse colocar em palavras seus procedimentos para que pudesse comunicar seu conhecimento e que ele procurasse fazer também o uso da linguagem matemática. O aluno concordou e assim o fez, na entrevista, com a questão 1.

P.: Eu acho que você poderia ter respondido estas questões como você fez com esta daqui (professora refere-se a situação-problema 1 que o aluno resolveu utilizando a linguagem verbal), você não usou as fórmulas mas argumentou. Números soltos, “perdições” no espaço, sem saber de onde vem não dá B.

B.: Então eu vou ter que explicar porque eu não sei como fazer com as fórmulas.

P.: Sem problema, escreve. Assim como você me explicou (na entrevista) eu entendi que você sabia fazer. Então tu vai fazer o seguinte: você vai escrever o que você pensou, como você pensou a questão. Faz por extenso mesmo, quer colocar desenho pode botar, tá? Com o tempo você vai aprimorar isso para o cálculo, vai escrever na linguagem do cálculo (linguagem matemática).

O aluno apresenta dificuldade em explicitar seus conceitos e teoremas-em-ação mas consegue resolver “mentalmente” as situações-problema propostas. A comunicação entre a professora e o aluno é imprescindível para verificar dificuldades no processo de aprendizagem. Se a professora avaliasse apenas as situações-problema resolvidas pelo aluno e da forma como o aluno fez, por escrito, sem que o aluno argumentasse na entrevista, provavelmente seria incapaz de avaliar verdadeiramente este aluno. É o que normalmente acontece – o professor avalia seu aluno através de uma prova ou equivalente, a partir daquilo que o aluno escreve e que supostamente reflete o seu conhecimento.

Alunos como o da entrevista, que apresentam apenas a resposta final da situação-problema, são, muitas vezes, prejudicados nas avaliações por não apresentar o desenvolvimento nas resoluções. Para o professor, realmente é uma tarefa difícil averiguar o que o aluno sabe, a partir apenas de um valor numérico – como foi visto, nas situações-problema onde haviam tabelas, os alunos poderiam ser induzidos a resultados dito corretos por meios equivocados e pouco ou nada vinculados aos fenômenos físicos pertinentes.

O professor deve explicar para o aluno que o processo da resolução é um instrumento importante para que ele, o professor, possa avaliar como o seu aluno está aprendendo, quais são as suas dificuldades e de que formas poderá ajudá-lo, e que apenas a resposta final o impede desta verificação. Professor e aluno devem chegar a um acordo para esta comunicação e o uso da linguagem verbal apresentou-se com um bom começo.

É de se esperar que em um curso de graduação, o aluno avaliado seja capaz de explicitar seus conceitos e teoremas-em-ação e organizar adequadamente sua resolução utilizando a linguagem formal. No entanto, no Ensino Médio e, principalmente, na primeira série do Ensino Médio, muitos alunos apresentam, inicialmente, grande dificuldade em organizar suas resoluções e transcrevê-las em linguagem formal.

Para uma mesma turma de alunos, a mudança do Ensino Fundamental para a primeira série do Ensino Médio poderá apresentar situações moderadamente novas para alguns alunos e para outros não - esta mudança poderá provocar um grande desequilíbrio, apresentar situações referentes a um campo conceitual cujo domínio dos conceitos o aluno ainda não possui. Em conversas com os alunos a respeito da Física trabalhada na primeira série e das dificuldades encontradas, estes se referem à Física como sendo difícil pois eles não estão acostumados a relacionar conceitos e linguagem formal – *“não sei o que o problema pede”*, disse um dos alunos.

O aluno B cujo trecho da entrevista foi transcrito anteriormente, resolveu a primeira situação-problema de maneira dedutiva. Quando questionado sobre suas respostas apenas finais, sem resolução, nas demais situações, afirma não ser capaz de resolver utilizando a linguagem formal ou mesmo explicitar em palavras sua resolução. Este aluno ainda não consegue relacionar os conceitos e teoremas-em-ação envolvidos nas situações; ele resolve “de cabeça”, linguagem utilizada pelos alunos, e este processo é de difícil transcrição para o papel, segundo o que o aluno justifica. A dificuldade está em passar para o papel sua resolução, principalmente através da linguagem matemática. O aluno pede, então, para fazer uso da linguagem verbal nas suas respostas por ser, para ele, mais acessível que a linguagem matemática. A linguagem verbal funciona como um passo intermediário neste processo de resolução que deverá evoluir para a linguagem formal.

4.2 – A leitura de gráficos como atividade de avaliação

Situações-problema que envolvem gráficos, são comuns ao longo de todo o Ensino Médio. O gráfico traz relações entre os conceitos e teoremas-em-ação científicos envolvidos e indica os procedimentos para resolução. A professora, ciente da dificuldade de muitos alunos com relação aos gráficos trabalhados, propôs que fizessem, em forma de atividade, uma leitura, por extenso, em forma de textos, de gráficos. Esta atividade apresentou-se como uma

situação relevante no processo de conceitualização e também foi avaliada, individualmente, em entrevistas com os alunos.

A atividade era referente a uma situação-problema representada por um gráfico semelhante a outros, já trabalhados em aula, onde o aluno deveria escrever o máximo de informações que pudesse obter através da leitura e análise do gráfico. A professora pretendia que, através desta atividade, o aluno fosse levado a fazer uma análise da situação-problema de forma semelhante ao que ela, em conjunto com a turma, conduzia em aula.

Através desta atividade a professora pode avaliar a situação proposta dentro do campo conceitual que estava sendo abordado. Um campo conceitual requer domínio de vários conceitos para dar conta das situações apresentadas e estes conceitos obtêm sentidos a partir de diversas situações propostas. Vários alunos manifestaram dificuldade em trabalhar situações que envolvessem gráficos pois não dominavam os conceitos relacionados nem a forma de representação das situações-problema.

O gráfico foi desenhado no quadro e todos os alunos deveriam escrever sobre ele. Tratava-se de um gráfico da posição em função do tempo para um movimento uniforme. A seguir, são apresentados exemplos de resoluções desta atividade que podem exemplificar bem os resultados obtidos na turma.

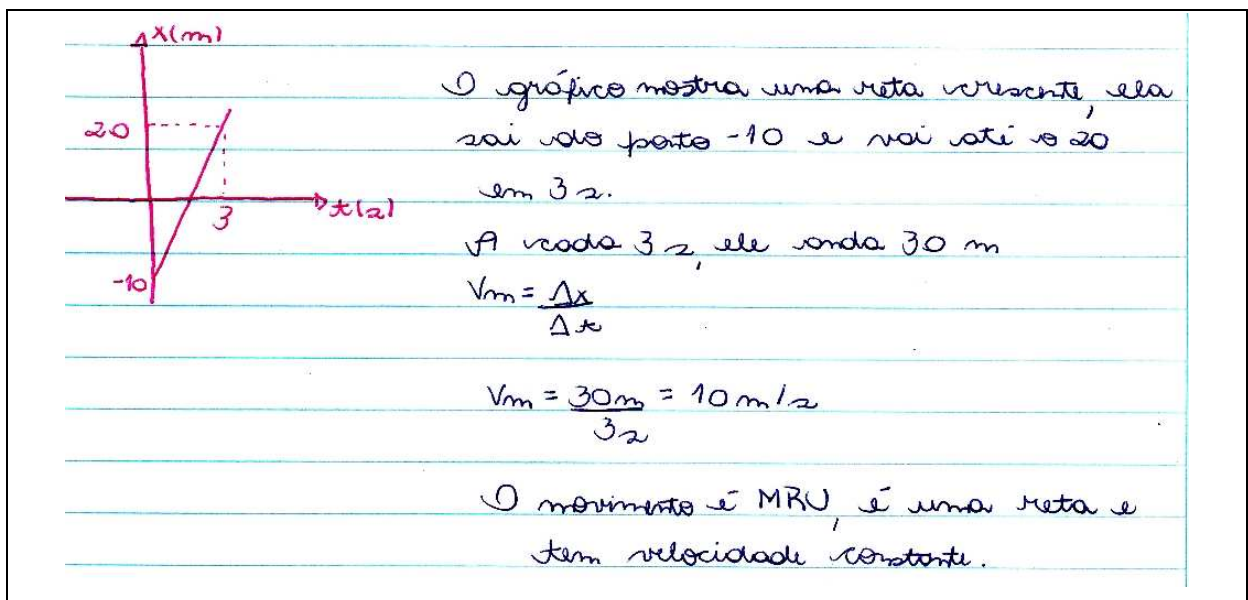


Figura 18: Leitura de um gráfico, exemplo.

Na Figura 18, a aluna copia o gráfico do quadro e faz a sua leitura. A aluna diz que o gráfico mostra uma reta crescente sem fazer relação com o significado físico correspondente.

Identifica as posições inicial e final e o tempo para esta variação. A partir destes dados, determina o módulo da velocidade. Ao final conclui dizendo que trata-se de um MRU, é uma reta e tem velocidade constante. Quando questionada quanto à afirmação “é uma reta” a aluna justifica apontando para a reta crescente do gráfico. A professora questiona sobre o significado desta reta e a aluna responde que é a trajetória do corpo, é o “R” do MRU.

A professora verifica que a aluna não tem apenas dificuldade de identificar e relacionar grandezas físicas como também em relação às funções lineares que foram trabalhadas em anos anteriores na Matemática.

Na entrevista a professora conduziu a aluna a verificar seus erros quanto à leitura do gráfico e, principalmente, quanto à conclusão sobre a trajetória do corpo. O mesmo erro foi verificado em outras atividades – os alunos identificam a reta do gráfico com a trajetória e não com a variação constante e crescente da posição e do tempo e de uma velocidade (implícita para o aluno) conseqüentemente constante.

A Figura 19 mostra outro exemplo, sobre a mesma atividade, em que outra aluna também relaciona a reta do gráfico com a trajetória do corpo através do desenho de uma trajetória orientada.

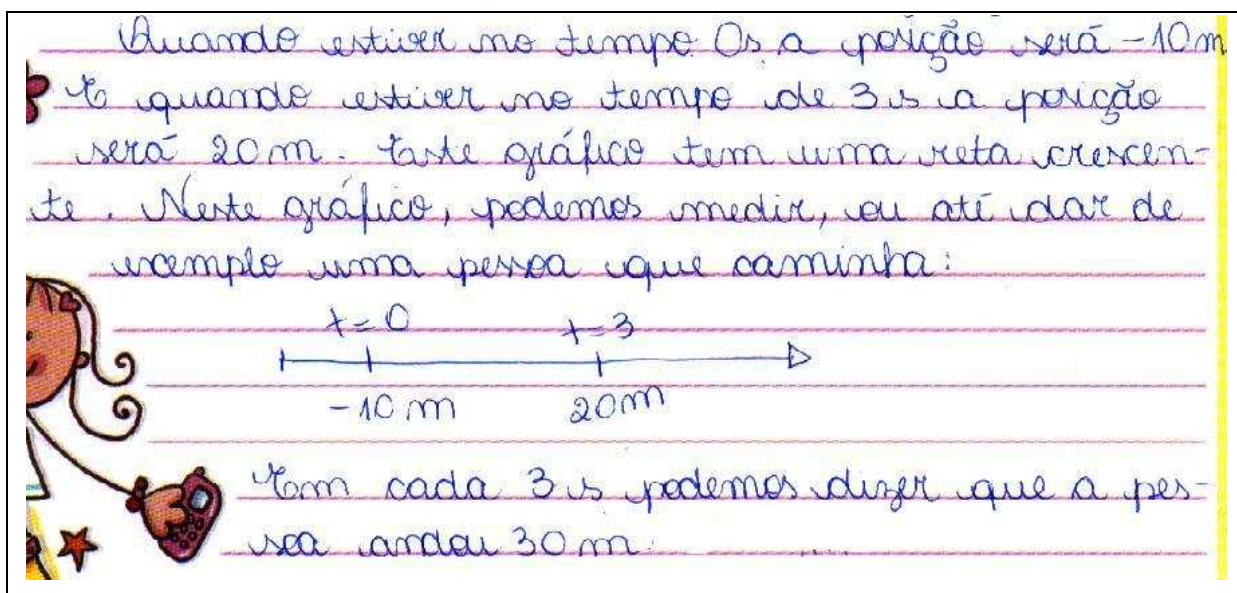
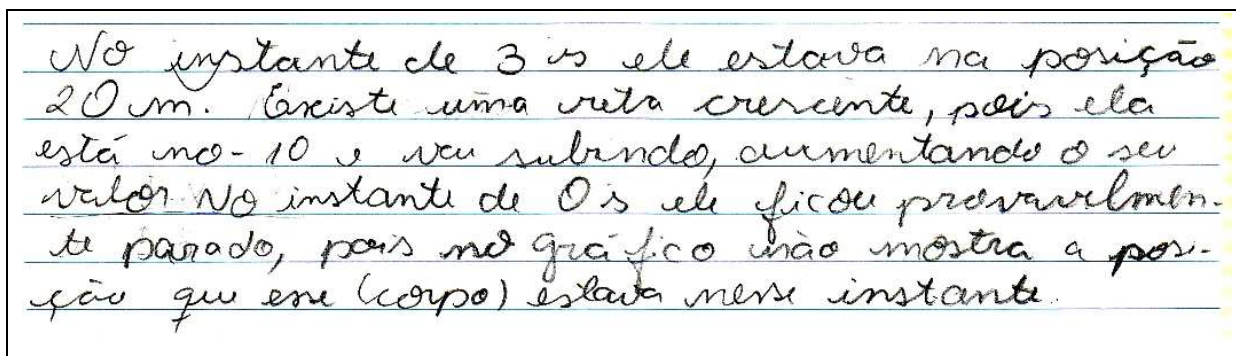


Figura 19: Leitura de gráfico, exemplo.

Ainda neste exemplo, pode-se verificar que a aluna faz poucas relações a partir do gráfico – identificou posições e instantes correspondentes mas não determinou o módulo da velocidade do corpo nem verificou o seu caráter constante.

Na Figura 20 outra aluna descreve o mesmo gráfico. A aluna identifica apenas o ponto (x,t) para o instante 3 s e não o faz para o instante 0. Não identifica a posição -10 m para o instante 0, considera a possibilidade de repouso para este instante não identificando o movimento como sendo de velocidade constante. Não determina o valor da velocidade e nem verifica o seu caráter constante.

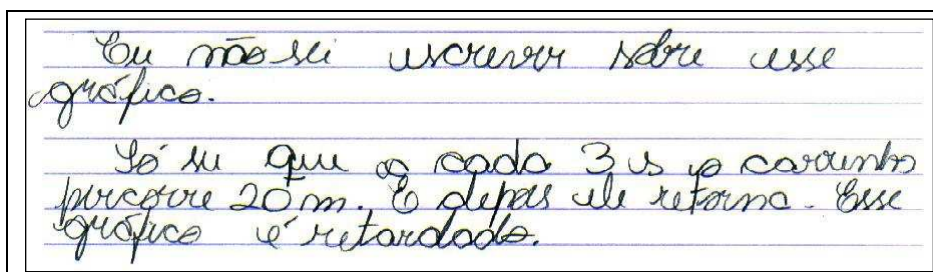


No instante de 3 s ele estava na posição 20 m. Existe uma reta crescente, pois ela está no -10 e vai subindo, aumentando o seu valor. No instante de 0 s ele ficou provavelmente parado, pois no gráfico não mostra a posição que esse (corpo) estava nesse instante.

Figura 20: Leitura de gráfico, exemplo.

A aluna apresenta dificuldades conceituais, não faz relações e reflete estas mesmas dificuldades em outras situações propostas. A aluna ainda não dispõe de domínio sobre os conceitos requeridos pelas situações propostas e nem de esquemas eficazes de resolução. Em entrevista a professora, juntamente com a aluna, retoma o gráfico discutindo os dados apresentados, o movimento descrito, as informações obtidas e verifica que, para esta aluna, o gráfico apresenta-se muito abstrato, ainda muito distante da sua compreensão. A professora propõe mais situações-problema, revisão dos tópicos e conceitos trabalhados e um novo encontro para avaliação.

No exemplo a seguir (Figura 21) tem-se a mesma atividade feita por outra aluna que, de início, diz que não sabe escrever sobre o gráfico. Nem mesmo o que ela considera saber está correto – “Só sei que a cada 3 s o carrinho percorre 20 m”.



Eu não sei escrever sobre esse gráfico.
Só sei que a cada 3 s o carrinho percorre 20 m. E depois ele retorna. Esse gráfico é retardado.

Figura 21: Leitura de gráfico, exemplo.

Com relação à afirmação de que “o gráfico é retardado”, quando questionada pela professora, a aluna não soube justificar. O termo ela “ouviu” em sala de aula e utilizou sem ter

realmente um significado para ela. Os termos “retardado” e “acelerado” são relacionados ao movimento uniformemente variado com relação às grandezas velocidade e aceleração.

A aluna apresenta dificuldades com relação ao campo conceitual do movimento uniforme (e também sobre outros tópicos) e, como se trata de um assunto trabalhado no começo do ano letivo, seguido por outros tópicos também já trabalhados, ficou claro, para a professora, que esta aluna acabou ficando a margem do grupo, isto é, a aluna precisa de um tempo maior para dar conta dos campos conceituais trabalhados. A professora propôs atividades de revisão dos tópicos trabalhados e aulas complementares.

As mesmas dificuldades foram verificadas com outros alunos. A Figura a seguir (22) apresenta a resolução de outra aluna sobre a mesma situação-problema.

A leitura que a aluna faz do gráfico demonstra uma grande dificuldade com relação ao campo conceitual correspondente – a aluna considera a reta do gráfico como sendo o próprio móvel que segue uma trajetória retilínea.

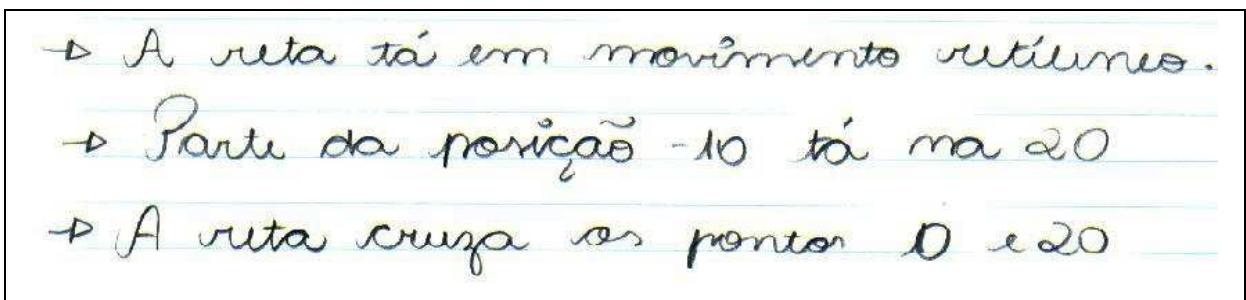


Figura 22: Leitura de gráfico, exemplo.

Os procedimentos adotados pela professora com relação a esta aluna foram os mesmos adotados com a aluna anterior - a professora propôs atividades de revisão dos tópicos trabalhados e aulas complementares.

O último exemplo, Figura 23, traz uma leitura mais completa e com menos erros que as anteriores. No entanto, a definição de um gráfico linear como sendo obrigatoriamente de um movimento retilíneo uniforme, com trajetória retilínea, ainda persiste. Na leitura do gráfico, são considerados os conceitos de posição e tempo.

A aluna descreve o tipo de movimento através da condição do conceito de velocidade constante representada no gráfico e determina o valor desta velocidade utilizando a linguagem matemática.

O móvel inicia seu movimento na posição -10 m, no tempo 0. Ele se deslocou por 3 s e foi para a posição 20 m.

Seu movimento foi em MRU, ou seja, ele não varia sua velocidade.

O movimento desse móvel pode continuar, sendo assim (se ele manter sua velocidade), no tempo 6 s ele estará na posição 50 m.

Com este gráfico, podemos calcular sua velocidade. Sendo ela:

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{30}{3} = \underline{10 \text{ m/s}}$$

Figura 23: Leitura de gráfico, exemplo.

Na entrevista a professora pergunta qual é o significado do “R” no “MRU”, a aluna responde dizendo que é “retilíneo”. A professora pergunta o que é retilíneo naquele movimento e a aluna responde que é a trajetória. Então a professora questiona de que forma ela (a aluna) pode verificar esta informação através do gráfico e a aluna verifica, analisando novamente o gráfico, que esta informação não está nele e tão pouco pode ser inferida a partir dele.

A aluna apresentou dificuldade com relação à trajetória descrita pelo corpo e às informações contidas no gráfico. A professora retoma o gráfico juntamente com a aluna, questiona a aluna quanto a dados e informações do gráfico, refaz a leitura utilizando as respostas da aluna, intervém no andamento fornecendo (lembrando) informações por ela e conduzindo o processo de resolução.

A maior dificuldade por parte dos alunos com relação a situações-problema como esta, parece estar relacionada a esquemas não eficazes no trato matemático dos gráficos no campo conceitual da Cinemática. No entanto, verificou-se através desta atividade, que a dificuldade pode ser ainda maior com relação aos conhecimentos-em-ação, ou a falta deles, utilizados pelo aluno na sua leitura e interpretação.

Se a resolução da situação-problema cujos dados, informações e relações entre as grandezas físicas pertinentes são representados através de gráficos, fosse apresentada unicamente a partir do uso da linguagem formal, seria quase impossível, para a professora, verificar os conhecimentos-em-ação e a eficácia do conjunto de esquemas utilizados pelos alunos. A professora tem papel mediador no processo de resolução de problema (RP). “..., a RP é uma construção cognitiva e, como tal, pode ser facilitada. A tomada de consciência e o papel mediador do professor certamente são elementos facilitadores dessa construção.” (Moreira, 2004, p. 79).

Novamente, a comunicação mais direta, através de entrevistas, entre a professora no papel mediador, e o aluno demonstrou ser um recurso eficiente no desenvolvimento do processo de resolução de problema. No grande grupo (toda a turma), este procedimento, através de entrevistas posteriores às atividades e individuais, pode ter sua viabilidade comprometida pelo tempo disponível. Sugere-se, então, que este procedimento ocorra posteriormente a algumas atividades e não todas – o professor deverá escolher as mais relevantes e, se for necessário, realizar as entrevistas em horários fora de aula.

4.3 – Estimular a falar mais para avaliar melhor

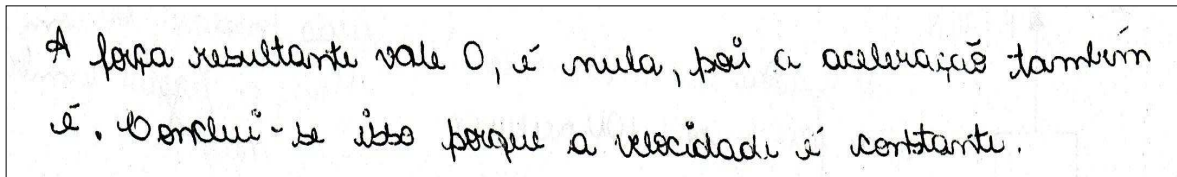
Resultados próximos a estes podem ser obtidos, através de atividades propostas, sem o uso de entrevistas posteriores - a professora pode verificar as dificuldades dos seus alunos a partir das resoluções e com uma correção diferenciada, não apenas com “certos” e “errados” ao final de uma resolução em linguagem matemática que, para alguns alunos, é uma resolução mecânica com regras, etapas e procedimentos aprendidos, mas não compreendidos em sala de aula. A seguir, são apresentados dois exemplos de situações-problema deste tipo.

Situação-problema 1:

Um animal puxa uma carroça e ela move-se em linha reta e com velocidade constante de 10m/s. Sabendo que a massa do animal é 400 kg e que a tração no cabo que o liga à carroça é de 1000 N, calcule a força resultante que atua sobre a carroça. Justifique sua resposta.

A maioria dos alunos da turma resolveu (ou tentou resolver) a situação-problema descrita acima, através da linguagem matemática e do uso das fórmulas, buscando no texto

apenas as informações numéricas – desconsiderando a informação “velocidade constante” como um fator determinante para a resolução. Poucos alunos resolveram a situação-problema considerando a informação “velocidade constante” como é o caso verificado na resolução da figura a seguir.



A força resultante vale 0, é nula, pois a aceleração também é. Conclui-se isso porque a velocidade é constante.

Figura 24 – Resolução da situação-problema proposta feita pela aluna “C”.

A aluna “C”, cuja resolução foi transcrita, fez uso de dois teoremas-em-ação pertencentes ao campo conceitual do movimento variado, aceleração é a variação da velocidade pelo tempo e força resultante é o produto da massa pela aceleração e dos conceitos-em-ação aceleração, força resultante, massa e velocidade constante. Em conversa com a professora, a aluna justificou dizendo que como a velocidade era constante e, portanto, de variação nula, a aceleração também era nula e, conseqüentemente a força resultante valeria zero.

Os mesmos teoremas-em-ação foram considerados pelos alunos que optaram pela resolução matemática, no entanto o índice de acerto neste grupo foi muito baixo por terem ignorado, na maioria do grupo, a informação relativa ao conceito de velocidade constante. Os esquemas utilizados por este grupo de alunos apresentaram-se eficientes no trato de situações-problema parecidas onde não havia a condição da velocidade constante. No entanto, a forma de resolução deste tipo de situação-problema tomou um caráter quase mecânico quanto à aplicação, o que causou o insucesso no trato da nova situação-problema dificultando o desenvolvimento ou adaptação de esquemas.

Em sala de aula, após a aplicação da avaliação, em conversa com a turma, a professora pode constatar que muitos alunos sequer “viram” a informação “velocidade constante”, como se durante a leitura do enunciado, as situações-problema anteriores (sem a condição de velocidade constante) se sobrepusessem à nova situação. Outra constatação foi de que os alunos buscaram apenas as informações numéricas e as substituíram nas fórmulas matemáticas como se fosse uma receita, mecanicamente. A professora lembrou aos alunos que as grandezas físicas possuem características, não necessariamente numéricas, que interferem na situação e que não devem ser desprezadas.

Na situação-problema a seguir, apresentada aos alunos em uma avaliação, o exemplo de resolução de um dos alunos, Figura 25, é analisado.

Situação-problema 2:

(UFRJ modificada) Uma pessoa idosa, de 68 kg, pesa-se apoiada em sua bengala. (a bengala está apoiada no chão, fora da balança).

Com a pessoa em repouso a leitura da balança é de 650 N. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Supondo que a força exercida pela bengala sobre a pessoa seja vertical, calcule o seu módulo e determine o seu sentido.
- Calcule o módulo da força que a balança exerce sobre a pessoa e determine a sua direção e o seu sentido.

Resolução:

Os alunos que resolveram esta situação-problema utilizando a linguagem matemática, com êxito, fizeram, basicamente conforme segue:

Determinaram o peso da pessoa:

$$P = mg$$

$$P = 680 \text{ N}$$

Para a primeira parte da questão, letra a, fizeram: força peso menos a força normal (leitura da balança) igual a força da bengala sobre a pessoa — o “sobre” determinou o sentido da força.

$$F = 680 - 650 = 30 \text{ N, vertical para cima.}$$

Para a letra b consideraram que a força normal é correspondente à leitura da balança, 650 N, vertical para cima.

Em conversa, durante a correção da atividade em sala de aula, os alunos que obtiveram êxito na resolução da situação-problema 2, através da linguagem matemática, a consideraram acessível e de fácil resolução. É importante destacar que trata-se de um pequeno grupo, apenas 8 alunos de uma turma de 45 alunos.

No entanto, alguns alunos escreveram mais sobre a questão, mesmo não tendo sido solicitado, como foi o caso da resolução da figura 25. Este aluno, em especial, apresentava grande dificuldade em resolver as situações-problema através da linguagem matemática,

segundo ele “ *muito difícil* ” e raramente obtinha êxito em suas resoluções o que lhe causava uma grande frustração.

A linguagem matemática apresentava-se, para este aluno, ainda muito distante. Ao contrário que se poderia concluir, através de outras atividades de avaliação com pouco êxito, nas quais este aluno fez uso da linguagem matemática, o aluno detinha os campos conceituais da Física (até então trabalhados), de forma correta e consistente mas, no entanto, de forma implícita. O que ainda lhe faltava era a capacidade de explicitar o seu conhecimento formalmente, seu próximo passo.

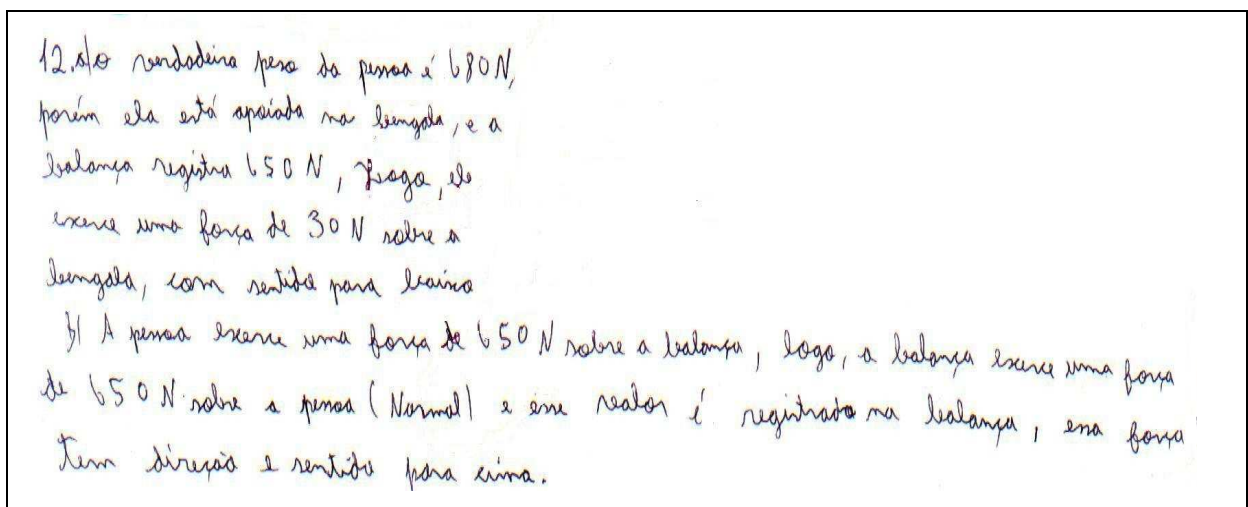


Figura 25: Resolução de situação-problema, aluno “W”.

A professora questionou o aluno “W”, sobre a resolução da primeira parte da questão – ele deveria ter determinado a força que a bengala exercia sobre a pessoa e não o contrário. O aluno justificou que foi por falta de atenção pois estava empolgado com a avaliação e queria responder logo toda ela – além de ser o primeiro aluno a entregar a avaliação foi a melhor nota da turma, o que causou repercussão na turma, na família do aluno e, principalmente, nas atitudes do próprio aluno quanto às aulas de Física.

É difícil entender como um aluno pode considerar mais fácil resolver uma situação-problema utilizando a linguagem verbal, tão cheia de informações e relações, do que utilizando a linguagem matemática mais objetiva, organizada e direta. Mas é o que acontece com muitos alunos, principalmente na primeira série do Ensino Médio. As avaliações tradicionais, principalmente quanto a forma de avaliação do professor, podem trazer frustração para estes alunos juntamente com uma possível e não rara aversão à Física.

É preciso estimular a participação de todo o grupo de alunos nas aulas de Física. No entanto, sentimentos de inferioridade perante outros colegas, bons solucionadores de situações-problema, podem se tornar fatores impeditivos de uma atitude mais participativa. Os alunos que ficam à margem da aula, sentem-se frustrados, desanimados, não fazem as atividades propostas, dizem não gostar da matéria e, não raramente, tornam-se indisciplinados. O exemplo anterior era de um aluno como este e que a partir do momento em que lhe foi proposto a resolução das situações-problema utilizando uma linguagem menos formal, onde ele pudesse escrever o que estava pensando, suas atitudes quanto às aulas de Física mudaram completamente - o aluno tornou-se mais participativo, quis sentar-se mais a frente para “não perder nada”, levava textos e questões para a aula e suas notas melhoraram. A Física passou a ser boa pois, segundo ele, desafiava-o a pensar.

Com relação ao exemplo da Figura 25, pode-se verificar que o aluno traz de forma mais explícita os conhecimentos-em-ação utilizados na resolução do que os seus colegas que resolveram tradicionalmente. O aluno apresentou um erro na sua resolução na letra “a” onde o solicitado é a força que a bengala exerce sobre a pessoa e ele determina a força que a pessoa exerce sobre a bengala. Este erro deveu-se, como já foi visto, a falta de atenção devida à ansiedade em concluir logo a avaliação.

Os conceitos-em-ação importantes envolvidos aqui são: força, peso, vetor, ação e reação, normal, massa e gravidade. Os teoremas-em-ação que podem ser averiguados, mesmo que implicitamente, são: “*a soma das forças que atuam sobre um corpo em repouso ou em MRU é zero*” e a terceira Lei de Newton “*toda ação resulta numa reação de mesmo módulo, mesma direção e sentido oposto*”.

É preciso possibilitar aos alunos argumentar, discutir as situações-problema, fazer relações, construir suas resoluções através da linguagem que lhe for possível no momento, mas sem esquecer que esta forma de comunicação é apenas temporária, intermediária para uma linguagem científica e formal, a linguagem da Física, seu objetivo. De acordo com Vergnaud

(...) é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para os alunos podem estar, pelo menos inicialmente, muito distantes do formalismo apresentado pelo professor (Moreira, 2004, p. 25).

Grandezas como velocidade e aceleração fazem parte do dia-a-dia das aulas de Física principalmente na primeira série do Ensino Médio. No entanto, saber utilizar as grandezas de forma correta matematicamente (e, muitas vezes, mecanicamente) não quer dizer que tenham significado para o aluno. Neste sentido a professora propôs uma atividade simples em que os alunos deveriam escrever/falar o que significavam para eles as grandezas velocidade e aceleração – de acordo com o que haviam estudado até então. Em anexo (Anexo C) estão algumas das respostas.

Na primeira aula sobre o tópico da Dinâmica no ano de 2005, a professora pediu aos alunos que escrevessem o que eram, para eles, velocidade e aceleração, dois conceitos trabalhados anteriormente na Cinemática.

As respostas mais comuns para velocidade e aceleração foram:

“Velocidade é a distância percorrida num determinado intervalo de tempo”.

“Velocidade é o deslocamento do móvel num determinado tempo”.

“Velocidade é a rapidez com que um movimento é realizado”.

“Velocidade é a rapidez com que um corpo percorre um determinado espaço”.

“Aceleração é a taxa de variação da velocidade”.

“Aceleração é a variação da velocidade num determinado tempo”.

“Aceleração é a taxa de variação da velocidade em um determinado tempo. A aceleração diz quanto a velocidade varia em um determinado instante”.

As grandezas velocidade e aceleração foram trabalhadas anteriormente tanto no aspecto (caráter) escalar quanto vetorial. Entende-se velocidade como uma grandeza vetorial constituída por módulo, direção e sentido e rapidez como apenas contendo módulo. Os conceitos foram retomados após a avaliação dando ênfase ao caráter vetorial.

Velocidade e aceleração, assim como outras grandezas, fazem parte do campo conceitual da Dinâmica. No estudo da Dinâmica os alunos têm o seu repertório de conceitos e relações ampliado. Na pequena atividade descrita (definição de velocidade e aceleração), a professora verificou que os alunos ainda faziam uso de concepções alternativas. A velocidade é um conceito muito presente no cotidiano do aluno e ele relaciona este conceito com o de variação de posição de um corpo. Já o conceito da aceleração requer mais atenção, os alunos entendem a aceleração como uma taxa de variação da velocidade escalar mas têm dificuldade em relacioná-la com uma variação de espaço percorrido durante o mesmo intervalo de tempo.

Os alunos trazem da sua vivência e de estudos anteriores ao Ensino Médio, concepções prévias, muitas vezes alternativas, destes dois conceitos e são capazes de relacioná-los a situações do seu dia-a-dia. No entanto, são concepções geralmente implícitas, muitas vezes equivocadas, que requerem uma revisão, um estudo orientado para tornarem-se conceitos e teoremas-em-ação explícitos, aceitos cientificamente.

Seguir para um próximo tópico ou para situações mais complexas sem que o aluno tenha condições de dar conta das situações que constituem os campos conceituais que irá trabalhar, através da construção e utilização do conjunto de esquemas que darão sentido às situações, poderá provocar um desequilíbrio muito grande, o aluno pode não dar conta das situações. Em decorrência deste desequilíbrio demasiadamente grande, o aluno poderá sentir-se frustrado, desanimado, indisposto a querer aprender e, até mesmo, desenvolver aversão à Física ou outro sentimento tão pouco simpático quanto.

A quantidade de tópicos da Física que são trabalhados no Ensino Médio, aliada a uma baixa carga horária, produzem um resultado insatisfatório – o professor tem pouco tempo para trabalhar todos os tópicos e o aluno acompanha como pode, podendo ficar várias lacunas que dificilmente serão revistas e supridas. A aprendizagem desta forma, dificilmente será significativa para este aluno.

O domínio de um campo conceitual é um processo que pode levar muito tempo e, é através das situações oferecidas pelo professor que se dará o desenvolvimento do repertório de esquemas do aluno propiciando o desenvolvimento cognitivo. Trabalhar muitos tópicos em pouco tempo é um fator que, com certeza, dificulta este processo.

Segundo a teoria de Vergnaud, “(...) o domínio de situações prévias é importante para o domínio de situações novas” (Moreira, 2004, p. 25). De acordo, a professora retoma os conceitos trabalhados e relevantes ao campo conceitual da Dinâmica e convida os alunos que apresentam dificuldades conceituais, que precisam de um atendimento mais individualizado, a participar de aulas complementares.

Como no ano letivo de 2004, em 2005 os alunos são motivados, constantemente, a participar das aulas que se tornam bastante movimentadas. A professora conduz a aula e encaminhamentos no sentido de buscar oferecer situações frutíferas e provedoras de desenvolvimento do repertório de esquemas que darão sentido às situações.

As situações oferecidas são analisadas pela turma que, em conjunto, busca a resolução. A discussão que segue é produtiva, o conjunto de esquemas do grupo vai tomando forma

durante a discussão, conhecimentos prévios, ainda que alternativos, surgem. A turma, orientada pela professora, avalia a validade de tais conhecimentos. Os conhecimentos-em-ação são evocados, relacionados, testados e, se for necessário, adequados ou revistos. O conjunto de esquemas é testado em situações semelhantes que são apresentadas de forma gradativamente mais complexa no sentido de que o processo não estagne possibilitando a contínua revisão e ampliação do repertório de esquemas.

4.4 – O uso de situações do cotidiano para aumentar o repertório de esquemas

As três Leis de Newton para o movimento alicerçam o estudo da Dinâmica no Ensino Médio. Assim como no ano letivo de 2004, em 2005 a professora introduz a primeira Lei, Inércia, utilizando uma história criada por ela fazendo com que o aluno se transporte a diversas situações engraçadas, mas que devem ser levadas a sério (Apêndice B).

Os alunos adoram a história, riem muito, contam em casa para os pais e lembram dela anos depois. A professora aproveita a motivação da turma e retoma todos os passos da história, relacionando-os às Leis de Newton (primeira e terceira), Inércia e a Lei da Ação e Reação e, ao final, pergunta se a égua tem razão. Os alunos ficam pensativos, é uma situação nova, e a professora ajuda lembrando o que eles fazem quando puxam alguma coisa: os pés empurram o chão para trás. Existe ali um outro par de ação e reação esquecido e fica fácil entender que a égua estava enganada ou, pelo menos, tentando enganar...

Aproveitando ainda a história, a professora propõe diversas situações-problema estimulando a turma a usar os invariantes operatórios do campo conceitual da Dinâmica que fazem parte do seu conhecimento prévio, ainda que não científicos.

Situações-problema:

1 - Se a égua empurra a Terra para trás e a Terra empurra com a mesma intensidade de força a égua e a carroça para frente, por que é a égua e a carroça que se movem e não a Terra?

A professora conduz os alunos na análise dos pares de forças e dos corpos envolvidos na situação. As características dos corpos envolvidos, massa e formato, são avaliados pelos

alunos que concluem que, apesar das forças serem iguais, as massas dos corpos envolvidos não são, o corpo maior (Terra) possui massa maior e, portanto, maior resistência em alterar seu estado de movimento. Os alunos são conduzidos pela professora, a partir da situação proposta, a fazer relação entre a inércia de um corpo e a sua massa.

2 - Uma maçã, no alto da macieira, é atraída pela Terra, da mesma forma a Terra é atraída pela maçã. Por que é a maçã que se move em direção a Terra e não a Terra que se move em direção a maçã?

A situação proposta, assim como a anterior, causa estranheza aos alunos – eles nunca haviam pensado desta forma esta situação, sempre observaram objetos caindo em direção a Terra e não o contrário. Desta vez foi mais fácil. Os alunos evocaram o esquema desenvolvido na situação-problema anterior relacionando a inércia com a massa dos corpos.

3 - Um adulto de 70 kg está de frente para uma criança de 30 kg num ringue de patinação. Um empurra o outro, com a mesma intensidade de força, como já sabemos. Os dois percorrem a mesma distância até parar? As velocidades das duas pessoas variam do repouso para valores não nulos, a aceleração adquirida é a mesma para os dois? Se não, qual dos dois adquire maior aceleração?

Os alunos são conduzidos a fazer relação entre os conceitos de massa e aceleração construindo o teorema-em-ação da força como sendo “*uma ação capaz de alterar o estado de movimento de um corpo e cuja aceleração desenvolvida será inversamente proporcional à massa do corpo*”.

4 - Tenho duas bolas, uma de boliche e outra de vôlei lado a lado aqui no chão da nossa sala de aula. Quero que as duas sofram a mesma aceleração. O que devo fazer?

Os alunos são conduzidos a fazerem relação entre força, massa e aceleração. A situação-problema proposta evoca o esquema construído anteriormente que é explicitado em linguagem verbal. A representação formal (fórmula matemática) da segunda Lei de Newton para o movimento é facilmente construída pelos alunos a partir das relações estabelecidas, a condução neste processo é tarefa da professora.

5 - Toda força necessariamente modifica o estado de movimento de um corpo? Eu posso empurrar a parede num sentido e ela me empurrar, com a mesma intensidade de força, em sentido oposto e mesmo assim nenhum dos dois corpos, necessariamente irá se mover, como é possível?

Os alunos são conduzidos a relacionar a força de atrito entre os pés e o chão. O conceito de equilíbrio começa a tomar forma assim como o teorema-em-ação da terceira Lei de Newton, Ação e Reação. Os pares de forças são identificados e as condições de equilíbrio e suas conseqüências também – de uma força resultante nula decorre uma aceleração nula.

6 - Eu posso aplicar uma força horizontal sobre uma mesa e ela não se mover. O que acontece? Se eu aplicar uma determinada força, maior que a anterior, ela entrará em movimento e, ao abandonar a mesa, o que deverá acontecer com ela?

A professora conduz a turma e o conceito de equilíbrio é reforçado para o primeiro caso. A força aplicada no segundo caso é maior do que a força de atrito e o corpo entra em movimento. A participação do grupo é estimulada pela professora ao questionar sobre a força que produziu a aceleração e o que irá acontecer quando esta força deixar de atuar sobre o corpo. A situação-problema é moderadamente nova, inclui mais uma condição (a força de atrito) e o repertório de esquemas que deram sentido até então às situações, precisou ser revisto, adequado para a nova situação. Os alunos atribuem características vetoriais ao conceito de força e recorrem aos esquemas desenvolvidos no estudo de vetores, incluindo-os ao repertório que está sendo desenvolvido.

Os alunos refletem a respeito da terceira situação proposta e discutem sobre a mudança no movimento decorrente do abandono. As forças que atuam sobre o corpo são identificadas e, recorrendo aos esquemas desenvolvidos, os alunos concluem que a força de atrito irá produzir aceleração negativa sobre o corpo, o corpo percorre uma distância em movimento retardado até parar. O atrito, portanto, é verificado pelos alunos como uma força de sentido contrário ao movimento produzindo aceleração negativa. A situação proposta é bastante frutífera e devidamente orientada pela professora, que estimula a participação ativa dos alunos, conduz a construção ou revisão dos conceitos e teoremas-em-ação envolvidos.

7 - Eu posso empurrar um corpo aplicando sobre ele uma determinada força e ele manter velocidade constante, o que acontece? Que tipo de movimento nós teremos?

O conceito de equilíbrio de forças é aprimorado. Os alunos analisam a nova situação-problema proposta e em conjunto com a professora, conduzidos por ela, verificam que uma força resultante nula não indica necessariamente repouso, mas uma aceleração nula - o corpo poderá estar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Os conceitos e teoremas-em-ação trabalhados anteriormente e que fazem parte do campo conceitual da Cinemática são

evocados, relacionados às situações propostas e incorporados ao campo conceitual da Dinâmica.

8 - *Eu consigo erguer, sem grande dificuldade, uma pessoa com o mesmo peso que eu, no entanto, não consigo me erguer do chão. Por quê?*

A discussão é boa, os alunos acham engraçada a situação que provoca muitos comentários e participação na análise e resolução. A professora conduz os alunos a verificar as condições que envolvem a terceira Lei que, em consequência, é aprimorada - a ação e a reação não ocorrem no mesmo corpo o que acabaria anulando o efeito. Situações semelhantes são propostas pela professora e os alunos, fazendo uso de esquemas desenvolvidos no estudo de vetores, concluem que a soma vetorial das forças de ação e reação não é nula se forem aplicadas em corpos diferentes.

Novamente a professora tem papel mediador no processo de desenvolvimento do repertório de esquemas utilizados pelos alunos, conduzindo de forma atenta e consciente dos objetivos a que se propõe.

Conceitos anteriores são revistos e novos conceitos são apresentados. O campo conceitual da Dinâmica não é construído como algo independente mas relacionado aos conceitos anteriores. Os alunos, conduzidos pela professora, desenvolvem conceitos relacionados ao campo conceitual da Dinâmica, retomam esquemas de resolução de situações-problemas anteriores, avaliam sua eficácia para as novas situações e adotam ou modificam ou desenvolvem novos esquemas de resolução. Os conceitos e teoremas-em-ação, mesmo que imprecisos e incompletos, a princípio, sobre o que venha a ser inércia, massa, força, aceleração, ação e reação, passam a ser incorporados pelos alunos através de situações variadas oferecidas durante as aulas.

No início do processo, as resoluções das situações-problema propostas não exigiam, necessariamente, o uso da linguagem matemática. Os conceitos desenvolvidos, decorrentes da análise das situações propostas são explicitados através da linguagem verbal e posteriormente, em outras situações de resolução de problemas, são transcritos em linguagem matemática.

A professora procurou fazer uso de situações potencialmente frutíferas com objetivo de conduzir os alunos no desenvolvimento do repertório de esquemas – “... *o desenvolvimento cognitivo consiste sobretudo, e principalmente, no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas.*” (Moreira, 2004, p. 12).

Como no ano anterior, a professora orientou os alunos quanto à construção de mapas conceituais e, como exercício, cada aluno construiu um mapa conceitual a respeito das três Leis de Newton para o movimento e fez a leitura deste em forma de texto. O uso dos mapas conceituais funcionou como um recurso útil para o ensino e avaliação da aprendizagem e serviu como um organizador dos conceitos tratados e relacionados ao campo conceitual da Dinâmica. Alguns alunos voluntariamente apresentaram os seus mapas conceituais para a turma que fez sugestões para organizar melhor os mapas e auxiliaram em algumas correções; a professora conduziu o grupo na análise e avaliação dos mapas.

As aulas tornaram-se bastante dialogadas. A professora estimula a participação dos alunos não ficando no papel de quem detém o conhecimento e apenas o transmite, e sim de quem procura conduzir seus alunos no desenvolvimento deste conhecimento. A professora procurou comportar-se como mediadora no processo de desenvolvimento cognitivo.

Conforme o andamento do tópico trabalhado, verificou-se que os alunos não apresentavam dificuldades em compreender as diferentes naturezas das forças, contato ou campo. A professora apresentou exemplos práticos utilizando ímãs e corpos eletricamente carregados. Com relação às forças pertinentes ao estudo na 1ª série do Ensino Médio como peso, tração (tensão), normal e atrito, a professora inseriu-as gradativamente conforme a complexidade das situações-problema avançava.

Como já vimos, trabalhar o conceito da força Peso parece simples. No entanto, o aluno vem com uma bagagem de concepções prévias a respeito da força Peso bastante equivocada e resistente a mudanças. Estas concepções prévias se tornam obstáculos e, portanto, devem ser debatidas pelo professor e alunos com a finalidade de aprimorar e fazer as devidas correções. Tais dificuldades podem estar relacionadas ao fato de que os alunos dão significado a palavras usadas para representar conceitos em Física, o mesmo significado destas palavras usadas no seu cotidiano como, por exemplo, a palavra “peso”.

O aluno deverá compreender a diferença entre os conceitos de massa e de força; que a força peso é uma grandeza vetorial com direção vertical e sentido para baixo; que a aceleração resultante é a gravidade que é constante e igual para todos os corpos, independente dos valores de suas massas. Mas esta mudança conceitual requer tempo e, por mais que o professor pense que já é o suficiente, sempre poderá haver situações-problema em que o aluno retornará a fazer uso das suas concepções prévias e alternativas evidenciando o quanto resistente são elas.

Situações-problema novas, não familiares ao aluno, são oferecidas pela professora propiciando o desenvolvimento de esquemas e representações. Situações-problema gradativamente mais complexas levam o aluno a desenvolver seu repertório de esquemas. As situações dão sentido aos conceitos que, ao se tornarem significativos para o aluno, passam a ser comunicados - a comunicação, através da resolução de situações-problema, a partir da linguagem verbal evolui para a linguagem formal - é um processo que leva um tempo próprio para cada indivíduo conforme seu nível cognitivo e seu repertório de esquemas.

4.5 – O uso da linguagem verbal como instrumento de resolução de situações-problema em 2005

Os procedimentos adotados no ano de 2004 são avaliados pela professora e repetidos no ano de 2005 e, assim como no ano anterior, a professora apresentou aos alunos a possibilidade do uso da linguagem verbal na resolução de problemas. Os alunos demonstraram estranheza a princípio, como os alunos do ano anterior, mas ficaram bastante motivados com a novidade, principalmente aqueles que demonstraram dificuldade em explicitar seus conhecimentos através da linguagem matemática.

O uso da linguagem verbal na resolução de situações-problema ocorre desde as primeiras situações oferecidas pela professora no começo do ano letivo. As situações são analisadas pelos alunos conduzidos pela professora, os esquemas que surgem são debatidos, testados e avaliados, as resoluções são expressas em linguagem verbal através de textos e, por fim, são transcritas utilizando a linguagem matemática – a linguagem verbal, natural, precede a linguagem matemática e formalizada na resolução das situações-problema.

No estudo da Dinâmica as situações-problema oferecidas apresentam uma complexidade maior do que no estudo da Cinemática e os alunos devem ter domínio de conceitos prévios e possuir um repertório de esquemas desenvolvidos anteriormente que possam ser evocados e utilizados. Esta complexidade poderá ocasionar efeitos diferentes na mesma turma - alguns alunos desenvolvem seus conceitos a partir da resolução das situações e fazem uso da linguagem formal, outros alunos, por não terem ainda domínio dos conceitos envolvidos, apresentam mais dificuldade em representar a resolução da situação-problema de maneira formal.

Como já foi dito, o formalismo exigido na resolução de situações-problema pode estar ainda muito distante do alcance do aluno. A professora reconhece o desenvolvimento cognitivo como um processo que, apesar de estar trabalhando com uma turma inteira, não acontece da mesma forma para cada indivíduo. A formalização dos conceitos é decorrente do processo de desenvolvimento cognitivo e, portanto, deverá ocorrer levando mais ou menos tempo dependendo do nível cognitivo do aluno. O uso da linguagem verbal na resolução de situações-problema não é entendido pela professora como um fator de diminuição da importância da linguagem formal no desenvolvimento dos conceitos e sim como possibilidade de integrar todos os alunos no processo de desenvolvimento cognitivo. Nenhum aluno se sente excluído ou desmotivado a resolver situações-problema pois a linguagem verbal se apresenta de maneira mais acessível e, a partir dela, a professora pode avaliar os esquemas evocados pelo aluno no processo de resolução e conduzi-lo ao desenvolvimento do seu repertório de esquemas e também de representação.

Após a professora apresentar situações-problema exemplares da Dinâmica utilizando a linguagem verbal na resolução seguida pela linguagem formal, os alunos se manifestaram comentando sobre o melhor entendimento dos conceitos e relações envolvidos. As aulas tornaram-se bastante movimentadas pois a participação dos alunos aumentou. Os debates sobre as situações e esquemas utilizados são motivados e conduzidos pela professora, permitindo a avaliação, por parte dos alunos, da eficácia dos esquemas utilizados. Novos esquemas surgem e outros são adequados as situações. Os conceitos, que têm sentido a partir das situações, passam a ser, gradativamente, explicitados e compartilhados no grupo.

Cada nova situação-problema proposta é uma oportunidade para desenvolver o repertório de esquemas. As situações oferecidas pela professora devem ser significativas e não evocar repetidamente os mesmos esquemas — situações-problema potencialmente significativas levam o aluno a desenvolver novos esquemas e representações.

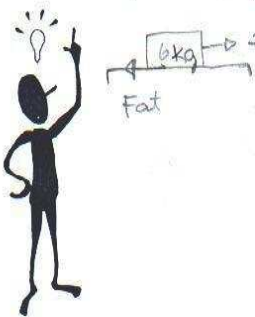
Alguns exemplos de resoluções de situações-problema utilizando a linguagem verbal são analisados a seguir.

Na Figura 26 é apresentado um exemplo de resolução de situação-problema onde o aluno recorre, em seus esquemas, a regras de ação do tipo “se... então”. Faz uso dos conceitos-em-ação vetor, força de atrito, força normal, coeficiente de atrito, força resultante, massa e aceleração e dos teoremas-em-ação compreendidos nas relações matemáticas da força

de atrito e da força resultante. O desenho feito pelo aluno, como forma de representar a situação, deu um caráter visual ao problema, facilitando a análise das grandezas envolvidas.

O aluno expressa o conhecimento-em-ação “ $F_r = ma$ ” de forma não completamente matemática e determina o módulo da aceleração. A professora pediu ao aluno que ele revisse sua resolução principalmente quanto ao termo “movem”, que significados este termo poderia ter para alguém que estivesse lendo a resolução, pois há tipos diferentes de movimento e o movimento em questão é acelerado. O aluno foi conduzido pela professora a concluir que, neste caso, o termo mais adequado seria “aceleram”.

Um corpo de massa 6 kg é puxado horizontalmente sobre uma mesa por uma força de intensidade 24 N. O coeficiente de atrito entre o corpo e a mesa é $\mu = 0,20$. Determine a aceleração do corpo.



$F_{at} = N \cdot \mu$
 $F_{at} = 60 \cdot 0,2$
 $F_{at} = 12 N$

$F_r = 24 - 12$
 $F_r = 12 N$

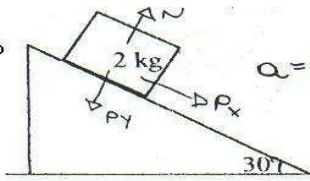
Se 12 N movem 6 kg,
 2 N movem 1 kg. Portanto

$a = 2 m/s^2$

Figura 26: Situação-problema, exemplo de resolução.

No exemplo a seguir, Figura 27, estão presentes regras de ação do tipo “se...então” nos esquemas utilizados pelo aluno na resolução da situação-problema. Os conceitos-em-ação utilizados foram o peso, força de atrito, plano inclinado, decomposição de vetores, aceleração, massa e força normal. A aluna complementa o desenho apresentado na situação-problema definindo as características vetoriais das grandezas envolvidas. Recorre ao teorema-em-ação “um corpo sobre um plano inclinado sem atrito e sob ação apenas das forças peso e normal, tem como força resultante a componente da força peso paralela ao plano (P_x)”.

Considerando o plano inclinado sem atrito, determine a aceleração do bloco.



$P_x = P \cdot \text{sen } \theta$
 $P_x = 20 \cdot 0,50$
 $P_x = 10 N$

Se 10 N aceleram 2 kg,
 5 N aceleram 1 kg, portanto a aceleração é de 5 N/kg

$a = 5 m/s^2$

Figura 27: Situação-problema, exemplo de resolução.

No exemplo a seguir, Figura 28, verifica-se que as regras de ação são repetidas e alguns termos, apesar de não utilizados pela professora em aula, surgem como “ocupa”, “sobram” e “passa”. A professora questionou os alunos quanto ao uso destes termos e verificou que os significados adotados pelos alunos para estas palavras equivalem as relações matemáticas das operações de adição, subtração, multiplicação e divisão.

Uma força de 24 N atua sobre o bloco A. Os blocos A e B têm massas $m_A = 3 \text{ kg}$ e $m_B = 1 \text{ kg}$, como mostra a figura. Se a superfície sobre a qual desliza o conjunto é horizontal e sem atrito, determine a

a) aceleração do conjunto b) Força que A aplica em B c) Força que B aplica em A.

Se 24 N movem
4 kg, 6 N movem
1 kg. Portanto,
 $a = 6 \text{ m/s}^2$ ou
 $a = 6 \text{ N/kg}$.

Se a aceleração
é 6 N/kg, os blocos
de A ocupa 18 N dos
e dos 24 N iniciais,
sobram 6 N, que A
passa para B.

Se A aplica
uma força de
6 N em B, B
aplica
uma força
de 6 N em A, pois eles constituem
um par de ação e reação.

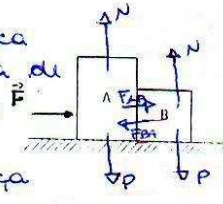


Figura 28: Situação-problema, exemplo de resolução.

O teorema-em-ação referente à terceira Lei de Newton é utilizado — “Se A aplica uma força de 6 N em B, B aplica uma força de 6 N em A, pois eles constituem um par de ação e reação”. A aluna possui os invariantes operatórios do esquema referente às aplicações das Leis de Newton no campo conceitual da Dinâmica ainda que sua forma de expressar não seja completamente formalizada, seus esquemas ainda estão em desenvolvimento.

A aluna, ao desenvolver a resolução na situação-problema da Figura 29, faz uso das regras de ação do tipo “se... então”. A situação-problema oferecida traz dois corpos presos pela mesma corda estando um apoiado sobre o plano inclinado e o outro pendurado, esta situação evoca o conceito de força resultante e a possibilidade de equilíbrio de forças. A aluna analisa vetorialmente as forças aplicadas em cada corpo e verifica matematicamente os valores da componente P_x da força peso do corpo A e o peso do corpo de B.

Os conceitos-em-ação presentes são: força Peso, componentes vetoriais da força Peso, vetor, equilíbrio, MRU e plano inclinado. Os teoremas-em-ação presentes são: $P = mg$ (Peso é o produto da massa pela aceleração da gravidade), $P_x = P \sin\theta$ (a componente x da força Peso é o produto da força Peso pelo seno do ângulo formado pelo plano inclinado com a horizontal) e $F_r = 0$ do qual a aluna relaciona com o seguinte teorema-em-ação “Se a força resultante que atua sobre um corpo for nula, este corpo estará ou em repouso ou em movimento retilíneo uniforme”.

Considerando o plano inclinado sem atrito, determine a aceleração do conjunto e a tração do fio.

$a = 0 \text{ m/s}^2$
 $T = 0 \text{ N}$

$P_B = 20 \text{ N}$ $P_{xA} = P \cdot \sin \theta$
 $P_{xA} = 40 \cdot 0,5$
 $P_{xA} = 20 \text{ N}$

Se o corpo B tem força de 20 N e o P_x de A vale 20 N também, a aceleração é nula. Como usamos as leis não têm aceleração, estão parados ou em MRU, a tração também é nula.

Figura 29: Situação-problema, exemplo de resolução.

A aluna verifica que a soma das forças que atuam sobre o conjunto resulta em uma aceleração nula e determina os possíveis estados de movimento do corpo a partir desta condição. O conjunto de esquemas utilizados pela aluna demonstra domínio sobre o campo conceitual das aplicações das Leis de Newton. A aluna, no entanto, não verificou a condição de força resultante nula para cada corpo e não apenas para o sistema como condição da sua resolução e, por isso, concluiu equivocadamente, a força de tração da corda.

Esta situação-problema poderia ter sido resolvida de maneira tradicional através do uso de sistemas de equação, como muitos alunos fazem e a maioria dos professores ensinam. Se fosse assim, provavelmente a aluna teria obtido a mesma resposta numérica final para a aceleração (0) e talvez tivesse encontrado a resposta correta para a tração. No entanto, regras deste tipo (uso organizado de regras/fórmulas matemáticas) podem ser aprendidas pelo aluno de forma mecânica, sem que ele compreenda o significado do que está fazendo.

Falando/escrevendo mais sobre o problema fez com que a professora pudesse avaliar mais a resolução do aluno do que aquilo que foi solicitado – a questão pedia apenas os valores da aceleração e da tração na corda. O aluno, ao avaliar a figura, considerou a possibilidade de equilíbrio de forças para o sistema e relacionou a sua verificação com possibilidades de

movimentos para o corpo pois, em seus conhecimentos-em-ação, tinha claro que uma aceleração nula não resulta, necessariamente, em repouso. Tal conclusão não pode ser verificada apenas através do uso de sistemas de equação da matemática.

Como já foi dito anteriormente, a passagem da linguagem verbal para a linguagem formal é um processo que ocorre naturalmente para cada aluno. Alguns alunos sequer fazem uso da linguagem verbal pois dominam a representação dos conceitos e dispõem de um repertório de esquemas eficazes ou são capazes de desenvolver, conforme a necessidade, novos esquemas de resolução. Outros alunos não têm predileção sobre uma forma de resolução ou outra. São capazes de resolver as situações-problema utilizando as duas formas. Outros alunos, no entanto, apresentam o conhecimento implícito e têm dificuldade em explicitar e torná-lo cientificamente aceito e compartilhado, suas resoluções são em linguagem verbal e apresentam dificuldade em mudar desta linguagem para outra mais abstrata e geral - o conhecimento explícito é decorrente da evolução progressiva do conhecimento implícito do aluno.

Isso, como alerta Vergnaud, pode levar muito tempo, muitos anos talvez, mas o ensino e, em última análise, o professor têm papel essencial nesse processo. Sem o ensino, não há razão nenhuma para se acreditar que o sujeito passe a dominar campos conceituais complexos e formalizados como os científicos (Moreira, 2004, p. 24).

A resolução em linguagem verbal é progressivamente substituída por outra mais geral e abstrata, a linguagem formal cientificamente aceita e compartilhada. Este processo se dá com o desenvolvimento cognitivo do aluno. Cabe ao professor prover situações frutíferas em que os alunos possam desenvolver seus repertórios de esquemas e representações, sendo mediador neste processo. O professor deve estar atento para as formas de resolução e linguagens que o aluno recorre e utilizá-las como indicadores do desenvolvimento cognitivo orientando o aluno neste processo.

“O ensino de ciências não pode deixar de lado a simbolização e a formalização, porque a ciência é simbólica, formal e explícita (...)” (op.cit, p. 24). No entanto, a formalização que o professor espera pode estar ainda muito distante do seu aluno. A não aceitação por parte do professor da resolução em linguagem verbal nas situações-problema, não contribui para o desenvolvimento cognitivo do aluno, principalmente quando este ainda não é capaz de fazer uso da linguagem formal. Este aluno, provavelmente, apresentará baixo rendimento e desânimo sentindo-se incapaz de acompanhar as aulas e produzir, até mesmo, aversão à Física.

O uso da linguagem verbal pode ser aceita, temporariamente, pelo professor e com ajuda deste, ao oferecer situações significativas, ela deverá evoluir progressivamente para a linguagem formal. O processo desta forma ocorre naturalmente e as rupturas se dão a partir do desenvolvimento de esquemas e conceitos por parte do aluno que se sente motivado, conforme comentários anteriores, e sujeito do seu desenvolvimento cognitivo.

CAPÍTULO V - CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo, através do estudo do processo de desenvolvimento cognitivo à luz da teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, a partir da resolução qualitativa de situações-problema, apresentar uma alternativa para o ensino da Dinâmica que também mostrou-se eficiente a outros conteúdos da Física trabalhados na primeira série do Ensino Médio.

A teoria dos campos conceituais é uma teoria psicológica cognitivista que tem como âmbito do desenvolvimento cognitivo, a conceitualização. De acordo com a teoria de Vergnaud, o conhecimento é organizado em campos conceituais cujo domínio poderá levar um longo período de tempo. Campos conceituais são conjuntos de situações que requerem, para o seu domínio, a detenção de conceitos de naturezas distintas. Vergnaud tem como base para a sua teoria o conceito de esquema da teoria de Piaget, a teoria de Vygostsky quanto à interação social, linguagem e simbolização e é compatível com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Vergnaud define conceitos por três conjuntos:

o primeiro é um conjunto de situações que constituem o referente do conceito, o segundo é um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que dão significado do conceito, e o terceiro é um conjunto de representações simbólicas que compõem seu significante. (Moreira, 2004, p. 17)

Esquemas são, na teoria de Vergnaud, “*a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações*” (Moreira, op. cit., p. 12), que tem como ingredientes metas e antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência. Invariantes operatórios são os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação — conhecimentos contidos nos esquemas. “*Um teorema-em-ação é uma proposição que se supõe verdadeira sobre a situação e um conceito-em-ação é um objeto, um predicado ou uma categoria de pensamento tida como relevante a ela.*” (Greca; Moreira, 2004). Estes conhecimentos-em-ação são frequentemente implícitos, de grande dificuldade de explicitação principalmente pelos alunos, e, por ter esta característica, não são considerados conceitos e teoremas científicos.

Vergnaud e Ausubel convergem quando consideram o conhecimento prévio do aluno como precursor de novos conhecimentos. É importante considerar, no entanto, que não é com qualquer conhecimento prévio que o novo conhecimento deverá interagir, deve-se identificar os conhecimentos prévios, nos quais o aluno poderá apoiar-se para aprender. As concepções prévias dos alunos, geralmente alternativas no contexto de sala de aula, contêm conhecimentos-em-ação não científicos, altamente implícitos e que, por serem frutos de aprendizagem significativa, são muito resistentes a mudanças.

O professor, no seu papel de mediador, deve estimular o seu aluno a explicitar seus conhecimentos-em-ação, componentes dos esquemas, para que possa conhecer e avaliar o quanto são verdadeiros teoremas e conceitos científicos, nos quais o aluno poderá apoiar-se para aprender, ou o quanto são equivocados e prejudiciais à aquisição e interação com novos conhecimentos e que, portanto, precisam ser modificados.

Explicitar o conhecimento é uma tarefa muito difícil e, no contexto das aulas de Física pode ser ainda mais complicado, tendo em consideração o seu caráter como ciência formal. A linguagem formal, matematizada, não encontra, em muitos alunos da primeira série do ensino médio, conhecimentos prévios nos quais possa ser apoiado — é algo ainda muito novo. Em contrapartida, a linguagem verbal, expressa através de palavras em discurso escrito ou falado, verificou-se mais acessível na tarefa de explicitação e avaliação dos invariantes operatórios constituintes dos esquemas ao longo deste trabalho.

Através da linguagem verbal, escrita ou falada, a professora estimulou seus alunos a explicitarem seus conhecimentos que poderiam ser científicos ou não, decorrentes de concepções prévias que poderiam ser alternativas e prejudiciais ao processo de aprendizagem. Foram propostas algumas aplicações de situações potencialmente significativas que serviram de subsídio na análise do desenvolvimento cognitivo. Nestas situações, os esquemas evocados, conceitos e teoremas-em-ação, e as representações simbólicas utilizadas pelos alunos orientaram a professora para a forma como ela deveria proceder na sua prática em sala de aula, visando conduzir o seu aluno no processo de aprendizagem. Os tópicos abordados foram relativos ao estudo da Dinâmica na primeira série do Ensino Médio e os resultados obtidos podem ser aplicados em outras situações do ensino de Física.

Além de envolver um número maior de alunos nas aulas de Física, o uso da linguagem verbal possibilitou a verificação de falhas nas avaliações, principalmente em avaliações objetivas de múltipla escolha. Alguns alunos que obtiveram êxito em questões deste tipo, em

entrevista explicitaram teoremas-em-ação, constituintes de concepções alternativas muito distantes do conhecimento científico supostamente compreendido.

A mudança que é proposta neste trabalho é quanto à conduta do professor – mediador e atento aos processos de desenvolvimento cognitivo do seu aluno. O professor deve escolher situações frutíferas que desenvolvam o repertório de esquemas e representações e fazer uma avaliação mais detalhada destes. A partir da explicitação dos invariantes operatórios e representações adotados pelo aluno, o professor poderá ser capaz de identificar dificuldades e conduzir o aluno no processo de desenvolvimento cognitivo.

A resolução de situações-problema através da linguagem verbal, cujo tratamento é quase pejorativo no que se refere ao estudo da ciência, é revista e toma importância no processo de conceitualização do aluno. A linguagem verbal pode preceder a linguagem formal e, devidamente conduzida, poderá evoluir para tal. A rapidez deste processo, no entanto, depende de cada indivíduo – alunos que estão atualmente na 3ª série do Ensino Médio, esporadicamente, em algumas situações-problema, continuam fazendo uso da linguagem verbal.

A proposta deste trabalho, de que o aluno possa falar/escrever em linguagem verbal nas suas resoluções possibilitou maior motivação da turma, participação nas aulas, uma aprendizagem mais consistente e significativa e, até mesmo, a melhora da auto-estima de alguns alunos. Além destes benefícios, a proposta também traz uma explicitação sobre a forma de pensar do aluno sobre a situação - seu conjunto de esquemas fica mais “visível” e o professor tem mais condições de avaliá-lo e ajudá-lo no processo de desenvolvimento cognitivo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. *Discursos da Ciência e da Escola: ideologia e leituras possíveis*. Campinas: Mercado de Letras, 2004. 128 p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 626 p.
- AUSUBEL, D. P. *The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 212 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei nº 9.394, dez. 1996. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/9394.htm>. Acesso: 15 jan. 2008.
- BUTELER, L.; GANGOSO, Z. Diferentes enunciados del mismo problema: ¿problemas diferentes? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 269-283, set./dez., 2001. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- CARVALHO, A. M. P. de. *Física: proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: EPU, 1989. 65 p.
- ESCUADERO, C.; FLORES, S. G. de. Resolución de problemas em nivel medio: um cambio cognitivo y social. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 155-175, ago. 1996. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I. (Org.). *A solução de Problemas*. Porto Alegre: ArtMed, 1998, p. 13-42.
- GANGOSO, Z. Investigaciones en resolución de problemas en ciencias. *Actas del PIDEA*, Porto Alegre, v. 1, p. 67-110, 1999.
- GASPAR, A. *Física: manual do professor*. São Paulo: Ática, 2001. 216 p.
- GIL-PÉREZ, D. et. al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 7-19, abr. 1992.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Do Saber Fazer ao Saber Dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de física. Ensaio. *Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 1-16, mar. 2003. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: 14 jan. 2006.
- KLAJN, S. *Física: a vilã da escola*. Passo Fundo: UPF, 2002. 192 p.

LLANCAQUEO, A.; CABALLERO, M. C.; MOREIRA, M. A. El aprendizaje del concepto de campo en Física: una investigación exploratoria a luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 399-417, dez. 2003.

MINTZES, J.; WANDERSEE, J. H.; NOVAK, J. *Ensinando Ciência para a Compreensão*. Lisboa: Plátano, 2000. 304 p.

MOLL, L. C. *Vygotsky e a Educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 432 p.

MOREIRA, M. A.; COSTA, S. S. C. A Pesquisa em Resolução de Problemas em Física: uma visão contemporânea. *Actas del PIDEDEC*, Porto Alegre, v. 1, p. 39-66, 1999.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Teorias Construtivistas. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, Porto Alegre, n. 10, p. 1-62, 1999.

MOREIRA, M. A. Sobre Monografias, Dissertações, Teses, Artigos e Projetos de Pesquisa: significados e recomendações para iniciantes da área de educação científica. *Actas del PIDEDEC*, Porto Alegre, v. 4, p. 3-23, 2002.

_____. La teoria del aprendizaje significativo. *Actas del PIDEDEC*, Porto Alegre, v. 2, p. 31-52, 2000.

_____. *Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 164 p.

_____. *A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Física e a Investigação nesta Área*. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2004.

_____. *Aprendizagem Significativa Crítica*. Porto Alegre, Ed. do autor, 2005. 47 p.

PIAGET, J. *Fazer e Compreender*. São Paulo: Melhoramentos, 1978. 186 p.

_____. *A Linguagem e o Pensamento da Criança*. São Paulo: Martins Fontes, 1989. 282 p.

POZO, J. I. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor, 1987. 271 p.

ROSA, P. R. S.; MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. Alunos Bons Solucionadores de Problemas de Física: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 94-100, jun. 1992.

SCHROEDER, C. Atividades Experimentais de Física para Crianças de 07 a 10 anos. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 1-59, 2005.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura Interna de Testes de Conhecimento em Física: um exemplo em mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

SOUSA, C. M. S. G. de; FÁVERO, M. H. Análise de uma Situação de Resolução de Problemas de Física, em Situação de Interlocução entre um Especialista e um Novato, à Luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 55-75, jan./abr. 2002.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA DO RIO DE JANEIRO, 1993, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1993. p. 1-26.

VERGNAUD, G. A Trama dos Campos Conceituais na Construção dos Conhecimentos. *Revista do GEEMPA*, Porto Alegre, n. 4. p. 9-19, 1996.

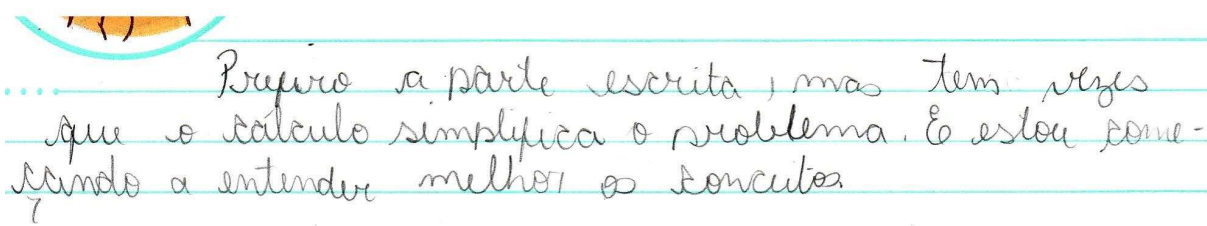
VERGNAUD, G. ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 285–302, 2007.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987, 135 p.

ANEXO A

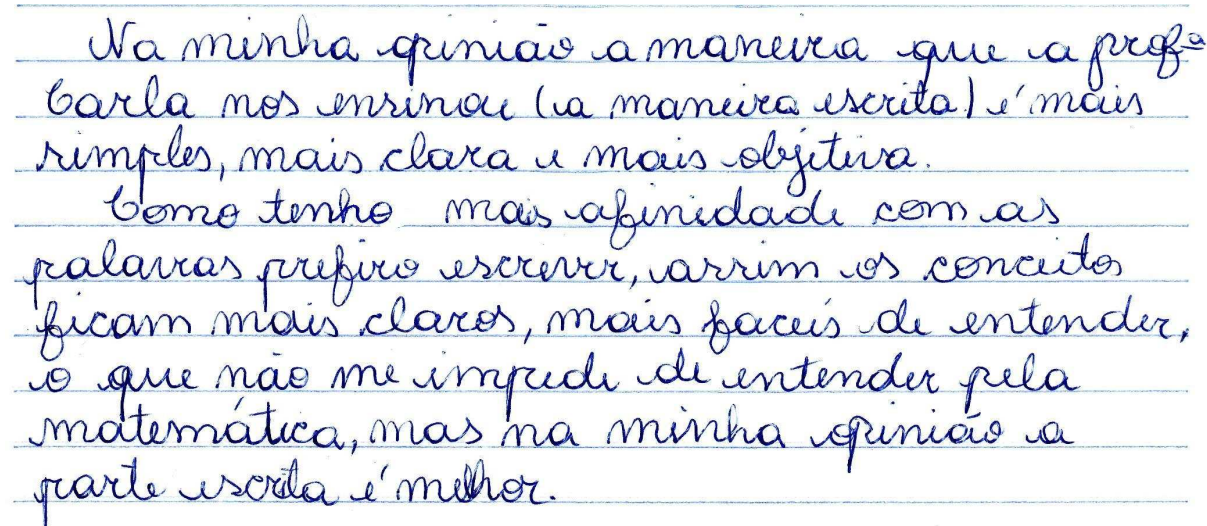
Comentários de alguns alunos - tabela 4

Aluna 1:



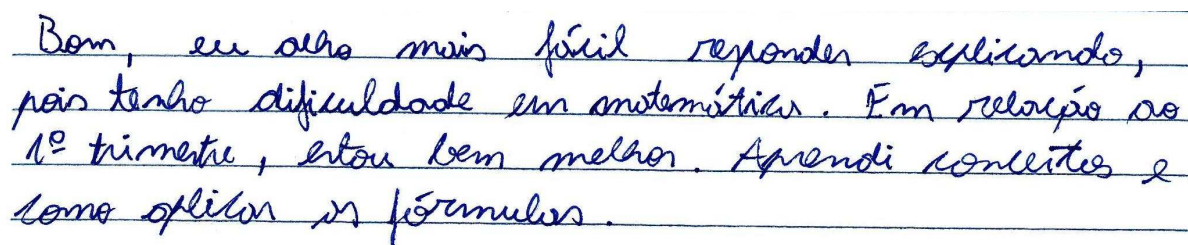
... Prefiro a parte escrita, mas tem vezes que o cálculo simplifica o problema. E estou começando a entender melhor os conceitos.

Aluno 2:



Na minha opinião a maneira que a professora nos ensinou (a maneira escrita) é mais simples, mais clara e mais objetiva. Como tenho mais afinidade com as palavras prefiro escrever, assim os conceitos ficam mais claros, mais fáceis de entender, o que não me impede de entender pela matemática, mas na minha opinião a parte escrita é melhor.

Aluno 3:



Bom, eu acho mais fácil responder explicando, pois tenho dificuldade em matemática. Em relação ao 1º trimestre, estou bem melhor. Aprendi conceitos e como aplicar as fórmulas.

Aluna 8:

Para mim a melhor maneira de conseguir resolver um problema na prova é escrevendo, pois tenho muito dificuldade em matemática. Eu acho mais fácil usar contadores que o outro.

Aluna 9:

Para mim a melhor maneira é pela linguagem. Eu acho o conteúdo do 2º trimestre mais fácil que o do 1º, pois ele envolve mais linguagem que cálculos, e não tem tantas fórmulas.

Comentários de alguns alunos – tabela 5

Aluna 1:

Para mim a maneira mais fácil de calcular é pela forma matemática, pois não tenho tanta facilidade em me expressar pela forma escrita. Eu consigo entender os conceitos.

Aluna 4:

→ Para resolver os problemas de Física, eu acho melhor desenvolver os cálculos, pois tenho mais certeza que uma resposta. Mas se eu olhar para o problema e ver que não resolver um jeito, não vou me preocupar.

Eu tento desenvolver os dois lados, pois um dia pode precisar usar os dois.

Aluna 5:

Para mim, a maneira matemática é a mais prática. Também tenho facilidade na hora de resolver mentalmente, mas não consigo escrever o que eu penso. É mais fácil colocar os cálculos e resolver por eles.

↳ Eu assimilo os conceitos, para mim não mudou muita coisa.

Aluna 6:

Tou prefero resolver os problemas ~~assim~~ ouvindo. Meu raciocínio evoluiu muito nesse último conteúdo por causa disso.

Com relação aos conteúdos parados, eu senti muita dificuldade, não sei se porque eu não entendia ou o meu raciocínio estava "devagar".

Sobre as aulas de física, eu gosto da maneira q a prof. ensina. Eu consigo entender, mas diferente das outras professoras.

Aluna 7:

Esse método de ensino é muito bom pois consigo entender um pouco mais, porque quando eu escrevo tenho mais facilidade de gravar, isto também depende de cada um, mas também me dá um jeito com os métodos das fórmulas, pois gosto de cálculos (matemática).

ANEXO B


Texto escrito por uma aluna a partir do mapa conceitual construído pela turma:

As Leis de Newton

As três leis de Newton são: inércia, $F = m \cdot a$ e ação e reação. A inércia, primeira lei de Newton é a resistência de um corpo em modificar o seu estado de movimento. A segunda lei, $F = m \cdot a$ é relacionada a força, que é a ação capaz de modificar a velocidade de um corpo, a massa e a aceleração. Já a terceira, explica que toda a ação resulta em uma reação contrária em sentido, mas com mesmo módulo e sentido, portanto, é uma grandeza vetorial.

Movimento pode ser retilíneo uniforme, MRU ou MRUV, movimento retilíneo uniformemente variado. É possível saber qual é o movimento através da força resultante, que se for igual a zero, a aceleração também é zero, portanto o movimento é MRU ou o corpo está em repouso. Já se a força resultante for diferente de zero, a aceleração também é diferente e o movimento é MRUV.

Exemplos da aplicação dessa lei são: quando você caminha pela Terra, porque você que se movimenta, não a Terra? Isso ocorre porque a inércia da Terra é muito maior do que de uma pessoa, portanto a inércia está relacionada



com a massa. Outro exemplo de que a massa está relacionada com a inércia dos corpos é que se dois caminhões, andando com mesma velocidade e aceleração, mas um está carregado, o outro não, eles começam a frear no mesmo instante, qual deles percorre uma distância maior até frear? Obviamente, será o carregado pois a massa é maior e sua resistência em modificar o seu movimento também é maior.

Questões do teste respondidas pela mesma aluna:

1. A força resultante sobre uma pequena esfera, que cai verticalmente no interior de um líquido homogêneo, em repouso, torna-se zero a partir de determinado instante. Isso significa que, a partir daquele instante, a esfera
- () permanece em repouso em relação ao líquido. é acelerado de baixo para cima.
- () é acelerado de cima para baixo. move-se com velocidade constante, para baixo.
- () move-se com velocidade constante, para cima.

Justifique a sua escolha:

A esfera move-se com velocidade constante e para baixo pois quando a força resultante é zero, então a aceleração também é zero e vai para baixo por causa da gravidade.

2. Considere as seguintes afirmações:

- I - Quando uma partícula é acelerada, a soma das forças exercidas sobre ela é diferente de zero.
- II - As forças de ação e reação, referidas na terceira Lei de Newton do movimento, são iguais em intensidade, direção e sentido.
- III - Quando a soma das forças exercidas sobre uma partícula é zero ela está em repouso ou com velocidade constante.

Quais são corretas? Justifique a sua resposta:

Apenas a I e a III estão corretas, pois na II, se a força resultante for zero, significa que a aceleração também é zero. E na I, a força resultante é diferente de zero quando a aceleração também é

ANEXO C

Algumas respostas sobre os conceitos de velocidade e aceleração:

Velocidade = \dot{x} quanto um móvel anda em um determinado tempo. Pode ser constante ou variável.

Aceleração = \dot{v} a variação da velocidade em um determinado tempo.

Aceleração é a taxa de variação da velocidade em um determinado tempo. A aceleração diz quanto a velocidade varia em determinado instante.

Velocidade

É o deslocamento do móvel em um determinado tempo.

Aceleração

É a variação da velocidade em um determinado tempo.

O que é velocidade?

velocidade é a distância percorrida em determinado tempo. Ex:

10 Km/h isso significa que o móvel anda 10 Km em 1 hora

O que é aceleração?

Aceleração é a variação da velocidade. Ex:

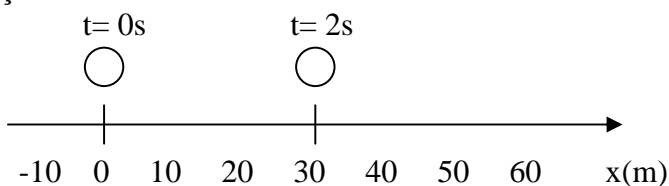
10 m/s² isso significa que o móvel aumenta sua velocidade 10 m por segundo em cada segundo.

APÊNDICE A

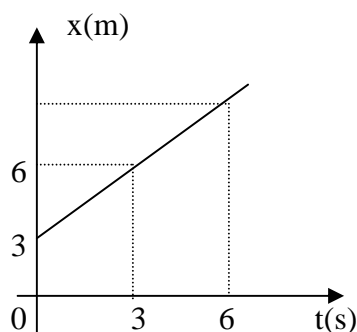
Nome: _____ 1º Data: 15/03/2005

1. Um móvel está na posição 10 m e 2 s mais tarde encontra-se na posição 30 m. Em que posição este móvel deverá estar no instante 6 s se mantiver velocidade constante?

2. O movimento de um corpo é descrito na trajetória orientada abaixo. Determine a sua posição no instante 8 s considerando o movimento retilíneo com velocidade constante.



3. Um móvel se desloca sobre uma trajetória retilínea de acordo com o gráfico abaixo. Qual a posição do móvel no instante 6 s?

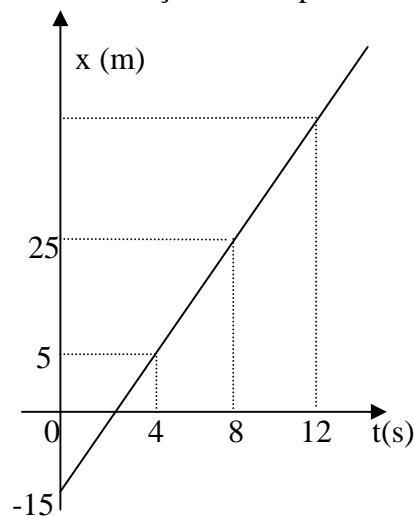


Observação: o gráfico não está em escala.

4. A tabela abaixo mostra valores da posição de um móvel em função do tempo e o respectivo gráfico do movimento.

Determine a posição do móvel no instante 12 s.

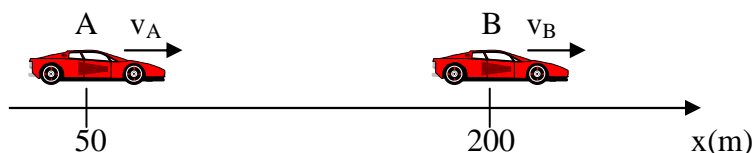
t (s)	0	4	8	12
x (m)	-15	5	25	



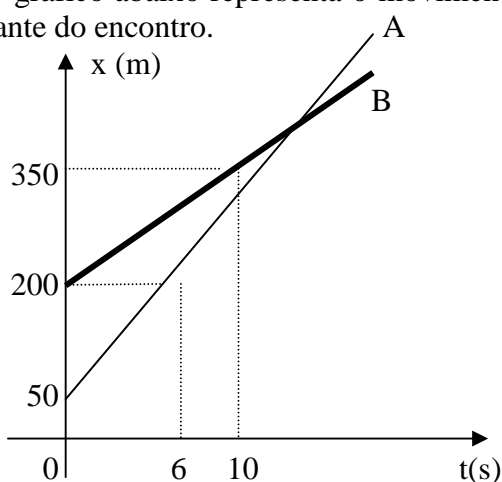
Observação: o gráfico não está em escala.

5. Dois automóveis, A e B, se deslocam numa mesma trajetória com movimento uniforme. Num determinado instante, a diferença de espaço entre eles é de 300 m. Sabendo que suas velocidades escalares são respectivamente iguais a 30 m/s e 20 m/s, determine a posição e o instante do encontro quando se deslocam no mesmo sentido.

6. A figura representa dois automóveis A e B, com velocidades constantes iguais a $v_A = 25$ m/s e $v_B = 15$ m/s. Determine a posição e o instante do encontro.

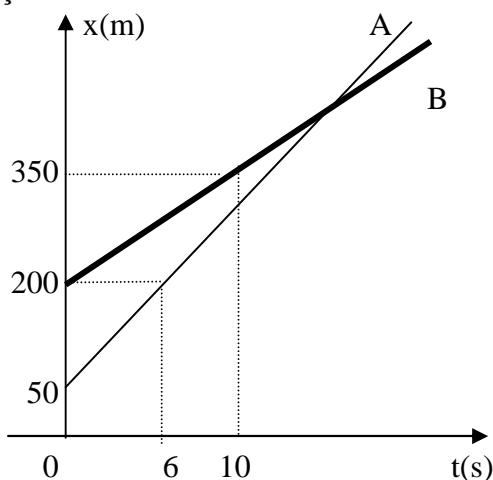


7. O gráfico abaixo representa o movimento de dois corpos, A e B. Determine a posição e o instante do encontro.



Observação: o gráfico está fora de escala.

8. O gráfico abaixo representa o movimento de dois corpos, A e B. A tabela traz os valores apresentados no gráfico para as posições dos corpos nos respectivos instantes. Determine a posição e o instante do encontro.



t (s)	0	3	6	9	10	12	15	18
x_A (m)	50		200					
x_B (m)	200				350			

Observação: o gráfico está fora de escala.

APÊNDICE B

História contada pela professora na primeira aula sobre as Leis de Newton

“Hoje é o Dia do Gaúcho e você como um bom tradicionalista resolve vir a escola devidamente trajado e montando sua bela égua. Mas, como você bem sabe, esta égua é um tanto temperamental, tem uma personalidade forte, só faz o que quer e quando quer. Você, então, toma os devidos cuidados, chega de mansinho, acaricia a bichinha, enche-a de elogios e quando ela parece estar na sua, concordando com a sua intenção, você monta.

Até aí tudo bem, mas o que se passa naquela cabeça equina, nem Freud explica. Ela dá um suspiro profundo, revira os olhos de forma sinistra, de gelar os ossos e ri alto, uma risada própria dos cavalos, é claro. Subitamente a doce égua arranca em disparada e você, sem aviso, fica para trás, caído no chão. A égua quase tem um ataque de tanto rir, deita no chão, com as patas na barriga e rola vitoriosa. Você, como um bom gaúcho, intrépido e valente, não desiste do feito e, depois de acalmada a bichinha, monta-a novamente. Desta vez toma o cuidado de segurar bem as rédeas e a égua parece conformada com sua sina.

De longe você pode avistar o portão do sítio, que está fechado. Sua intenção é aproximar-se, descer da égua e abrir o portão. A égua, no entanto, sempre carregou uma dúvida, sim a nossa égua também pensa na vida. Será ela capaz de saltar o portão? Será? Será? Só poderá saber se tentar... Então ela começa a correr e, cada vez mais veloz, aproxima-se do portão. Mas a insegurança toma conta do seu ser equino, ela desiste e pára subitamente um pouco antes do portão. Porém você continua, voa por sobre o obstáculo e se esborracha do outro lado. A égua olha para você com uma certa satisfação, como se o seu intento de saltar por sobre o portão obtivesse êxito, pelo menos em parte...

Você, no entanto, não desiste e, montando novamente na égua, agora com cuidados redobrados, inicia o galope. Olha para o relógio e vê que chegará atrasado se não acelerar o passo. A égua até que gosta de correr, sempre gostou do vento batendo em sua crina longa, e, empolgada, correu como nunca. Mas no caminho havia uma poça de lama, havia uma poça de lama no caminho, e agora José? Ou melhor, e agora querida égua? Sujar-se de lama? Nem pensar... é uma égua asseada e muito vaidosa. Quando chega bem perto da poça ela dá uma guinada rápida para o lado, chega a cantar ferraduras, mas você, desafortunado

gaudério, continua em linha reta, direto para dentro da poça. Agora sim, pensa ela, ele desiste.

Mas você não desiste... Saca de dentro da mochila uma camisa limpa, afinal você é precavido, limpa-se o melhor que pode e monta na égua outra vez. E, desta vez, ela realmente coopera, mas só porque ela quer.

Chegando a escola você apeia, amarra a égua e vai sem demora para a sala de aula. A aula já começou e a professora está ensinando um conteúdo novo: as Leis de Newton para o movimento. A égua podia estar pastando, podia estar lagarteando, podia estar sem fazer nada, mas ela está ali, com a cabeçorra na janela, acompanhando tudo o que a professora diz. A aula termina um pouco antes da professora concluir a última lei.

O retorno para o sítio é tranqüilo, a égua está pensativa e você também. Quando você desmonta, olha para os olhos da bichinha e um clima de cumplicidade toma conta. Sim vocês haviam aprendido uma importante lição e agora poderiam compreender os fenômenos ocorridos anteriormente.

Mais tarde, ao ajudar nas tarefas do sítio, você pega a égua e a coloca a puxar a carroça. A égua, então ultrajada com tamanha ignorância, fala em bom português (incrível, a égua é bilíngüe!): - Veja bem, conforme a terceira Lei de Newton, se eu aplicar uma força sobre a carroça, a carroça irá me aplicar uma força de mesmo valor, mesma direção e sentido oposto anulando o efeito da minha força. Será inútil o meu esforço, a carroça não irá se mover.

Você fica espantado, não só com o fato da égua falar, mas com a inteligência da bichinha! Mas, será que ela tem razão?"

APÊNDICE C

TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

Vol.19 N.6 2008

**“UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA A PARTIR DA
RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS”**

CARLA SIMONE FACCHINELLO

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

APRESENTAÇÃO

Este texto de apoio é uma produção resultante de uma dissertação de mestrado de mesmo título. O texto traz um resumo da problemática abordada e dá ênfase aos procedimentos práticos adotados durante a intervenção didática do qual resultou. Traz exemplos, situações-problema resolvidas por alunos de acordo com a proposta, tanto em aula quanto em avaliações, resultados e sugestões de procedimentos.

A intervenção didática, na qual a proposta foi aplicada, ocorreu nos anos letivos de 2004 e 2005 na 1ª série do Ensino Médio em uma escola particular, com 58 alunos em 2004 e 45 alunos em 2005. A professora responsável pela intervenção relata algumas atividades que considera válidas como instrumentos de detecção de conhecimentos-em-ação utilizados pelos alunos. Apesar de não parecer novo, já que fala sobre uma situação que todo o professor de Física na sua prática em sala de aula, no Ensino Médio, já vivenciou em algum momento, propõe uma discussão e uma revisão no modo de se tratar tal situação – a situação referida aqui é a dificuldade na aprendizagem da Física, devida ao seu formalismo, na primeira série do Ensino Médio e o uso alternativo da linguagem verbal, escrita ou falada, como uma alternativa na forma de explicitação do conhecimento por parte do aluno.

A linguagem formal como é apresentada aos alunos no estudo da Física, mostra-se demasiadamente abstrata. Os alunos da primeira série do Ensino Médio apresentam dificuldade em relacionar conceitos e transcrever o fenômeno físico em linguagem simbólica com domínio de significados. A professora fez uma avaliação do seu trabalho e verificou que, quanto ao papel de mediadora do processo de aprendizagem, era preciso rever a sua prática e propor um caminho mais suave e eficiente para que seu aluno pudesse, a partir do seu conhecimento prévio (algumas vezes alternativo) evoluir para o conhecimento cientificamente aceito. Este caminho se deu através do uso mais intensificado do diálogo, da discussão orientada e do uso da linguagem verbal nas resoluções de situações-problema.

A linguagem verbal apresenta-se como um bom instrumento de verificação dos conhecimentos-em-ação que o aluno faz uso na resolução de problemas e, a partir destes conhecimentos, torna-se possível averiguar dificuldades e propor estratégias para ajudar o aluno a superá-las.

Fundamentam este trabalho a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget (1989), a psicologia educacional de David Ausubel (1978,1980), o interacionismo social de Lev Vygotsky (1987) e a teoria psicológica dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1996).

SUMÁRIO

Introdução.....	132
Referencial teórico – Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.e a aprendizagem significativa.....	135
Uma alternativa para o ensino da Dinâmica a partir da resolução qualitativa de problemas – procedimentos.....	138
Exemplo de uma situação-problema resolvida de acordo com a proposta.....	148
Exemplos de situações-problema resolvidas por alunos, a partir da proposta, e avaliação dos conhecimentos-em-ação utilizados.....	154
Sugestões de atividades.....	158
A construção e leitura de mapas conceituais.....	158
A leitura de gráficos como atividade de avaliação.....	163
Comentários de alunos em relação à proposta.....	168
Conclusão.....	171
Referências bibliográficas.....	173

INTRODUÇÃO

É observada com frequência pelos professores de Física do Ensino Médio, uma grande dificuldade por parte dos alunos na compreensão dos conceitos envolvidos na aprendizagem dos diversos conteúdos da Física e de relacioná-los a novas situações.

Na forma como normalmente os conteúdos de Física trabalhados no Ensino Médio são distribuídos ao longo das três séries, a Mecânica é abordada na 1ª série. No entanto, é muito fácil encontrar professores de Física que, nas suas práticas em sala de aula, verificam grande dificuldade em começar pela Mecânica que, apesar ou talvez por estar presente no cotidiano do aluno, vem carregada de conceitos intuitivos com os quais ele (o aluno) procura resolver seus problemas diários.

A mudança conceitual do conceito intuitivo para o conceito cientificamente aceito é um processo lento e gradativo que pode levar muito mais tempo do que o suposto, considerando a distribuição de conteúdos, ao longo de um ano. O aluno não esquece ou simplesmente substitui seus conceitos intuitivos e, por diversas vezes, mesmo tendo sido trabalhados os conceitos científicos, recorre aqueles para resolver situações-problema nas aulas de Física e no seu cotidiano fora da sala de aula.

Diferentemente do uso, no dia-a-dia, por parte do aluno, de conceitos intuitivos, em sala de aula a Física traz conceitos científicos e requer uma linguagem própria, formalizada, cientificamente aceita, que faz uso de símbolos para comunicar significados e que muitas vezes não está ao alcance da compreensão do aluno – os símbolos e significados ainda não apresentam sentido para o aluno. A representação matemática (fórmulas) utilizada na Física não raramente é entendida pelo aluno como algo independente dos conceitos envolvidos. É fácil verificar esta situação em conversas com os alunos, principalmente quando se referem à necessidade de decorar muitas fórmulas para resolver situações-problema propostas em avaliações.

Uma das justificativas, utilizadas por alunos, pais e professores, para a não aprendizagem da Física é a chamada “falta de base” que se refere ao Ensino Fundamental, mais precisamente à Matemática e ao ensino de Ciências da 8ª série onde, na maioria das escolas, são trabalhadas noções gerais (e superficiais) da Física e da Química. Com relação ao ensino de Física anterior ao Ensino Médio, existem propostas de introduzi-lo, desde a Educação Infantil até o final do Ensino Fundamental que, aplicadas, obtiveram resultados bastante animadores levando a uma expectativa otimista com relação ao ensino de Física e à construção ou reconstrução de conceitos menos alternativos e mais científicos por parte do aluno como mostra Carlos Schroeder (2005).

Com relação à falta de base devido à matemática do Ensino Fundamental, os alunos se referem as suas dificuldades em trabalhar as operações básicas da Matemática como as quatro operações, transformações de unidades, potenciação, radiciação, funções do primeiro e segundo graus e representação gráfica, assuntos normalmente trabalhados ao longo do Ensino Fundamental, mas que talvez não tenham apresentado significado ao aluno no momento em que eram apresentados — uma aprendizagem mecânica incapaz de possibilitar identificação e interpretação em outras situações-problema propostas como, por exemplo, na Física.

O aluno apresenta dificuldade em expressar-se pois suas concepções intuitivas não são válidas cientificamente e, mesmo sendo consideradas como um possível ponto de partida para a aprendizagem, deverão ser revistas de acordo com sua validade ou não, implicando uma mudança conceitual que pode estar ainda muito distante de ocorrer. O aluno também possui dificuldade em expressar-se na linguagem formal pois não relaciona conceitos, símbolos e significados não conseguindo resolver as situações-problema propostas. Esta situação causa frustração por parte do aluno que se sente incapaz de aprender Física pois ela é muito “difícil”, isto é, não é compreendida. O comentário a seguir reflete bem o problema: “(...) *não é sempre que sei o que estou calculando (...)*” (L.S. 15 anos, aluna da 1ª série do Ensino Médio).

O problema parece estar, portanto, na comunicação entre professor e aluno. Se o professor quer ensinar precisa falar a mesma linguagem que seu aluno, se o aluno ainda não dispõe de condições para fazer uso desta linguagem em comum, científica dentro do contexto de sala de aula, então o professor deverá conduzi-lo com este objetivo. A dificuldade em fazer uso da linguagem formal não deve ser um empecilho ao aprendizado da Física.

A Física é uma ciência formal, comunicada em linguagem formal onde os conceitos são elaborados, representados e os significados são comunicados através do uso de símbolos numa linguagem formal, geralmente matemática.

No entanto, para ser comunicada, ela deve ser compreendida pelos seus pares, no caso, professor e alunos. A professora, responsável por esta proposta, vivenciou, por diversas vezes, em sala de aula, situações em que alunos apresentavam grande dificuldade em expressar-se em linguagem formal e que, solicitados a responder verbalmente sobre a situação-problema proposta, eram capazes de apresentar corretamente a resolução do problema. Expressões do tipo “*eu sei como, fiz de cabeça, mas não sei colocar em cálculos*” são muito comuns por parte destes alunos e a professora, então, propôs que falassem, explicitassem verbalmente, a respeito deste “*como*” e esta tarefa passou a fazer parte do processo de resolução de problemas nas aulas de Física.

A *resolução de problemas* tem aqui, como ponto de partida, o conhecimento implícito do aluno. O aluno é inicialmente instigado a fazer o uso da linguagem verbal explicitando seu conhecimento e estratégias de resolução e evoluindo, gradativamente, de acordo com o seu

desenvolvimento cognitivo e através do progressivo domínio de um campo conceitual complexo, para um estágio operacional formal cientificamente aceito e explícito. A professora tem papel de mediadora da interação sujeito-situação e é provedora de situações-problema cada vez mais complexas que requeiram domínio progressivo de conceitos e “*máxima transformação do conhecimento adquirido*” (Moreira, 2000, p. 41) sendo possível, assim, evidenciar uma aprendizagem significativa e não meramente mecânica.

As dificuldades do ensino e aprendizagem não se limitam aos recursos materiais, há fatores mais relevantes neste processo, os sujeitos envolvidos — professor, aluno e as suas relações. Neste sentido, a busca por uma solução para as dificuldades verificadas não depende necessariamente de recursos materiais ou financeiros, mas passa pela sensibilidade e conduta do professor como profissional. O que é feito aqui é uma proposta direta ao professor – ao mediador.

Não é difícil encontrar professores que se consideram bons professores quando o índice de reprovação na sua disciplina é alto. Felizmente, no entanto, existem professores que fazem uma avaliação crítica sobre seu trabalho tentando ver o que está errado, os motivos pelos quais seus alunos não conseguem aprender e que buscam traçar estratégias para um melhor resultado.

Há professores de Física que não admitem respostas em linguagem verbal em suas provas, considerando correta apenas a resposta baseada em linguagem formal, geralmente quantitativa onde o aluno substitui símbolos por valores numéricos nem sempre compreendendo as relações e sendo pouco ou nada significativo para ele. Se o aluno esquecer a fórmula ou efetuar erros matemáticos, a avaliação quanto ao seu conhecimento sobre o conteúdo da Física será refletida por esta situação e não pelo o que ele possa vir a saber.

A linguagem verbal, escrita ou falada, é uma forma de expressão sobre como o problema foi pensado, que estratégias foram utilizadas e que conceitos foram relacionados sem fazer o uso, de início, das operações formais (matemáticas). Os alunos da primeira série do Ensino Médio, na sua grande maioria, têm dificuldade em relacionar seus conceitos quase intuitivos da Física com a formalização exigida em sala de aula, existe aí uma grande barreira que deve ser transposta de forma mais suave do que vem sendo normalmente feita. É preciso partir daquilo que o aluno já sabe, mesmo que sejam conceitos inicialmente equivocados, não aceitos cientificamente, e o professor deverá orientá-lo de forma que evolua, gradativamente, para o conhecimento científico.

A comunicação entre professor e aluno deve ser em uma linguagem que possa ser compreensível a ambos, é claro que o professor deverá corrigir, com o seu aluno, possíveis falhas desta comunicação – conceitos que não são compreendidos da mesma forma por ambos, por exemplo. A linguagem verbal vai sendo aprimorada, corrigida, compreendida, comunicada e aceita pelo professor e pelo o aluno até que o entendimento seja mútuo e ela possa ser elevada à condição de linguagem formal incluindo a transcrição para a linguagem matemática dos conceitos. A linguagem

verbal e a linguagem formal, portanto, se complementam e não competem como se poderia pensar, e é nesta complementação que se dá a apreensão do conhecimento por parte do aluno.

Nas próximas seções serão apresentados o referencial teórico no qual se apoiou este trabalho, os procedimentos práticos, exemplos de situações-problema resolvidos por alunos de acordo com a proposta, sugestões de atividades e resultados.

REFERENCIAL TEÓRICO

TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica cognitivista neopiagetiana que tem como núcleo do desenvolvimento cognitivo a conceitualização do real e que difere da teoria de Piaget

(...) ao tomar como referência o próprio conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do progressivo domínio desse conhecimento, bem como ao ocupar-se do estudo do desenvolvimento cognitivo do sujeito-em-situação ao invés de operações lógicas gerais, de estruturas gerais do pensamento. (Moreira, 2004, p. 29)

Vergnaud argumenta que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio ocorre progressivamente. Campo conceitual é, para ele, *“um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição”* (Vergnaud, 1982; apud Moreira, 2004, p. 8).

Os campos conceituais são constituídos por situações (tarefas) que necessitam, para seu domínio, o domínio de conceitos diversos. O campo conceitual da Dinâmica, por exemplo, faz parte do campo conceitual da Física Clássica e os campos conceituais de Força e Movimento fazem parte, por sua vez, do campo conceitual da Dinâmica. Vários conceitos são envolvidos nas situações que constituem os campos conceituais de Força e Movimento como, por exemplo, interação, velocidade, aceleração, massa entre outros. Campo conceitual é, também, uma unidade de análise para estudo do desenvolvimento cognitivo do sujeito-em-situação.

Para conceituar campo conceitual, Vergnaud faz uso de três argumentos principais: uma situação não pode ser analisada a partir de um único conceito; um conceito não pode ser formado a partir de uma única situação e

a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou de todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se desenrola ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes. (Vergnaud, 1983, apud Moreira, 2004 p. 10).

O conceito, na teoria de Vergnaud, é um tripleto S – I – R, onde S é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito (referente), I é o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito (significado) e R é o conjunto de representações simbólicas que permitem representar o conceito (significante).

Na teoria dos campos conceituais, a essência do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização e são as situações que dão sentido ao conceito. Portanto, são as situações e não os conceitos que constituem a principal entrada de um campo conceitual. O conceito de situação empregado por Vergnaud é o de tarefa e não o de situação didática (Moreira, op. cit., p. 10-11).

Piaget introduziu o conceito de esquema que na teoria de Vergnaud tem um alcance mais amplo sendo tratado como o que há de invariante na conduta adotada para uma dada classe de situações e que deve relacionar-se com as características das situações às quais se aplica (Moreira, op. cit., p. 12-13). Decorre daí, na teoria de Vergnaud, a interação esquema-situação. Em situações familiares ao sujeito, não novas, ele recorre a um único esquema, de eficácia já conhecida por ele na resolução desta classe de situação. No entanto, quando uma situação nova é apresentada ao sujeito, ele recorre a vários esquemas que deverão ser acomodados, descombinados e recombinados. “(...) o desenvolvimento cognitivo consiste sobretudo, e principalmente, no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas” (Moreira, op. cit., p. 12).

Os ingredientes dos esquemas, como define Vergnaud, são as metas e antecipações, regras de ação do tipo “se... então”, invariantes operatórios - conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, que são a parte conceitual dos esquemas - e possibilidades de inferência.

Os invariantes operatórios (...) dirigem o reconhecimento, de parte do sujeito, dos elementos pertinentes à situação e à categoria da informação sobre tal situação. (Sousa; Fávero, 2002, p. 64).

É preciso definir aqui o que são teorema-em-ação e conceito-em-ação. Teorema-em-ação e conceito-em-ação são invariantes operatórios, conhecimentos contidos nos esquemas que articulam teoria e prática. *“Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é um objeto, um predicado, ou uma categoria de pensamento tida como pertinente”* (Vergnaud, 1996, apud Moreira, 2004, p. 15).

Teorema-em-ação é uma proposição e não há proposição sem conceito. No entanto, proposições podem ser verdadeiras ou falsas, já os conceitos podem ser relevantes ou não. *“Há uma relação dialética entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, uma vez que conceitos são ingredientes de teoremas e teoremas são propriedades que dão aos conceitos seus conteúdos. Mas seria um erro confundi-los”* (Vergnaud, 1998, apud Moreira, 2004, p. 16).

Os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação são, na maioria das vezes, implícitos, não científicos, com grande dificuldade de comunicação e argumentação, mas podem tornar-se explícitos, considerados como conhecimento conceitual e aceitos cientificamente. Os alunos têm, na sua maioria, uma grande dificuldade de explicitar seus teoremas-em-ação, colocar em palavras seu conhecimento, e sua forma de expressar-se está muito distante do formalismo que muitos professores esperam desde o início do processo. O aluno progressivamente domina um campo conceitual e, em decorrência, seu conhecimento evolui de implícito para um conhecimento formalizado explícito. Segundo Vergnaud:

(...) é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para os alunos podem estar, pelo menos inicialmente, muito distantes do formalismo apresentado pelo professor. Mas, apesar disso, tais situações são essenciais para o desenvolvimento de conceitos. Quer dizer, ao mesmo tempo que as situações formais são necessárias é preciso levar em consideração que o aluno pode estar ainda muito longe delas. (Vergnaud, 1983, apud Moreira, 2004 p. 25)

A influência de Vygotsky na teoria dos campos conceituais está nas suas idéias sobre o papel que o professor representa nesta transição do conhecimento implícito para o conhecimento explícito, no progressivo domínio de um campo conceitual. O professor é mediador, faz uso da

linguagem e de símbolos e, principalmente, oferece situações diversas, cuidadosamente escolhidas e oportunas dentro da zona do desenvolvimento proximal do aluno.

Verifica-se na teoria de Vergnaud uma constatação ausubeliana quando se refere à resolução de problemas – situações-problema – progressivamente mais complexos, não-familiares e que requeiram a máxima transformação do conhecimento adquirido, o que evidencia, segundo Ausubel, a aprendizagem significativa. A resolução de problemas similares não propicia o desenvolvimento de novos esquemas, apenas a utilização de um único esquema já organizado e eficiente na resolução desta classe de situações pelo aluno.

A partir da teoria dos campos conceituais é possível realizar estudos sobre as dificuldades dos alunos em situações-problema analisando os conhecimentos-em-ação e teoremas-em-ação invocados por eles durante o processo, a forma como eles expressam suas resoluções, o quanto são explícitas, formais e cientificamente aceitas e o como pode se dar, a partir da resolução de problemas, o progressivo (e lento) domínio de um campo conceitual.

UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS

PROCEDIMENTOS

Muitos alunos apresentam uma tendência natural em querer resolver problemas com o uso da linguagem verbal, situação que é combatida pela maioria dos professores de ciências, em particular de Física, pelo caráter pouco científico que apresenta. É preciso compreender, no entanto, que alguns alunos fazem uso desta linguagem por ser uma forma (muitas vezes a única) que eles dispõem para resolver e explicitar suas resoluções. Impor a linguagem formal logo nos primeiros contatos com o estudo da Física, como única forma de expressão pode acabar causando um grande desequilíbrio cognitivo no aluno. O professor deve atuar como mediador no processo de aprendizagem e na evolução do uso da linguagem verbal, que vai sendo aprimorada e transcrita, para o uso da linguagem formal visando uma aprendizagem significativa e não puramente mecânica.

Quer dizer, a formalização – o ensino direcionado à formalização – é necessária, porém é preciso levar em conta que as idéias científicas evoluem no aluno, durante um longo período de desenvolvimento

cognitivo, através de uma variedade de situações e atividades e que qualquer conhecimento formal e axiomatizado que o aluno apresenta pode não ser mais do que a parte visível de um iceberg formado basicamente por conhecimentos implícitos. O ensino de ciências não pode deixar de lado a simbolização e a formalização, porque a ciência é simbólica, formal e explícita, mas é preciso ter sempre em mente que o conhecimento do aluno, como de qualquer outro sujeito, é, em grande parte, implícito. O ensino de ciências deve facilitar a transformação do conhecimento implícito em explícito, sem nunca subestimá-lo ou desvalorizá-lo. (Moreira, 2004, p.24-25)

O aluno deve ser capaz de enunciar com clareza seus conceitos e teoremas-em-ação e, para tanto, deve ser incentivado a esta prática seja durante as aulas ou em avaliações. As situações-problema não devem ter caráter mecanicista que leve apenas à repetição de um mesmo esquema por parte do aluno. Ao contrário, devem ser variadas, com níveis de dificuldade também variados, que façam o aluno rever constantemente seus esquemas. As situações-problema devem ser discutidas com seus pares (colegas) e também com o professor que, como mediador, deve incentivar nos alunos a comunicação verbal de suas concepções, levar à discussão dos prós e contras das possíveis concepções divergentes (criar um conflito cognitivo) e orientar na busca de soluções.

Para o aluno, os conceitos e teoremas-em-ação inicialmente são implícitos e, à medida que aprende de maneira significativa, gradativamente vão se tornando explícitos e cientificamente aceitos. O uso consciente e não meramente mecânico da linguagem formal é uma evidência da capacidade de explicitar os conceitos e teoremas-em-ação. Segundo Vergnaud,

(...) os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação não são nem verdadeiros conceitos nem verdadeiros teoremas pois, na ciência, conceitos e teoremas são explícitos e podem-se discutir suas pertinência e veracidade, o que não é necessariamente o caso dos invariantes operatórios. (Vergnaud, 1990, apud Greca; Moreira, 2004)

As concepções prévias dos alunos devem ser investigadas e conduzidas pelo professor. Estas concepções, muitas vezes alternativas, poderão se apresentar como precursoras importantes para novos conhecimentos que poderão ser científicos ou como obstáculos à aquisição destes conhecimentos. Concepções alternativas, comumente em desacordo com os conhecimentos científicos no contexto de sala de aula, são extremamente resistentes a mudanças pois são decorrentes de aprendizagem significativa corroborada em muitas situações do cotidiano do aluno. Os conceitos e teoremas-em-ação contidos nas concepções prévias dos alunos podem não ser verdadeiros teoremas e conceitos científicos mas poderão evoluir para tal. O professor, em sua ação mediadora, deverá identificar em quais conhecimentos prévios o aluno poderá apoiar-se para aprender orientar esta evolução conceitual.

Mas esta mudança conceitual evolutiva, de concepções alternativas para o conhecimento científico aceito e compartilhado pelos seus pares, requer tempo e, por mais que o professor pense que já é o suficiente, que os alunos já trabalharam situações-problema variadas o bastante para ampliar seu repertório de esquemas e tornar seus conceitos e teoremas-em-ação explícitos e cientificamente aceitos, verá que sempre poderão haver situações-problema em que o aluno retornará a fazer uso das suas concepções prévias e alternativas evidenciando o quanto resistente são elas. Essas concepções alternativas contêm, e em alguns casos são, os teoremas-em-ação de Vergnaud, ou seja, proposições que o aprendiz crê que são verdadeiras sobre a realidade.

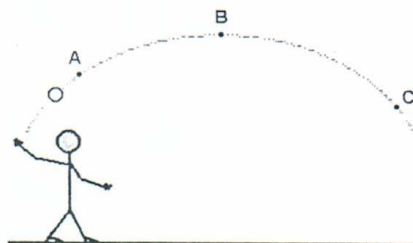
Situações-problema que têm apresentação objetiva, do tipo “de marcar”, típicas de concursos de vestibular e presentes em livros de texto de Física e em avaliações aplicadas pela maioria dos professores, podem conduzir a uma avaliação equivocada por parte do professor. O aluno poderá escolher a alternativa correta sem, necessariamente, basear-se em conhecimentos científicos, de modo que para averiguar a validade destes conhecimentos, é importante que este tipo de questão seja complementado com perguntas pertinentes que poderão ocorrer oralmente durante a aula, por escrito, ou na própria avaliação através de solicitação de mais informações sobre a resolução da situação-problema. O aluno deve ser estimulado a explicitar o melhor possível seus conhecimentos-em-ação durante o processo de resolução de problemas, falando ou escrevendo sobre, para que o professor possa identificá-los e, a partir daí, determinar seus procedimentos.

No ano letivo de 2004, após trabalhar os movimentos sob a ação da força peso e de introduzir os principais conceitos que compõem o campo conceitual da Dinâmica, os alunos foram submetidos a um pequeno teste composto por três questões que fazem parte de um teste elaborado pelos professores Fernando L. Silveira, Marco A. Moreira e Rolando Axt (1992) do Instituto de Física da UFRGS. O gabarito foi modificado para um esquema mais dissertativo – os alunos foram questionados quanto as suas opções devendo apresentar justificativas para as suas respostas. A numeração das questões está de acordo com o teste original.

Tabela 1 – Enunciado geral, questão 17 e respostas.

As questões 17, 18 e 19 referem-se ao enunciado abaixo:

Um menino lança uma pequena pedra que descreve uma trajetória como a representada na figura (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.



As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a pedra.

17. No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



Alternativa correta: D

Justificativa: Sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que atuará na bola será a força peso.

	Nº de alunos que optaram pela alternativa	Diga que força(s) é(são) representada(s) pelo(s) vetor(es) na resposta que você optou em cada uma das questões. Redesenhe a sua opção. Justificativas apresentadas:
A	22	“força de lançamento e peso” “tração e peso” “velocidade e peso” “peso e normal” “ v_x e v_y ”
B	11	“ v , p_x e peso” “peso, normal e velocidade” “peso, normal e movimento”
C	18	“força para cima, força para baixo e força resultante” “altura, trajetória e gravidade” “normal, peso e tração” “movimento, direção e peso”
D	5	“peso”
E	2	“peso” “força e peso”

As concepções alternativas estão fortemente presentes nas justificativas. A maioria dos alunos recorre a “forças” inexistentes que justifiquem o movimento do corpo, que sejam aplicadas no mesmo sentido e direção deste. O solicitado na questão é bastante claro, indicar as forças, o que leva a ver que muitos alunos não conseguem fazer distinção entre as diferentes forças, velocidade, componentes vetoriais, representação vetorial e outros.

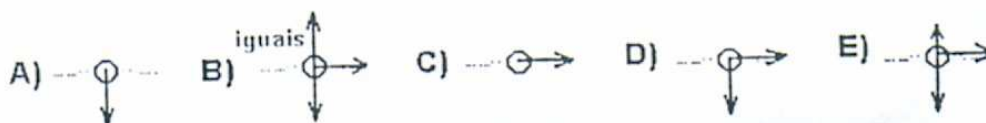
A força peso, apesar de aparecer em quase todas as justificativas, por não ter a mesma direção e sentido do movimento, precisa ser “complementada” e, neste sentido, muitos alunos (53 alunos!) fazem uso de conceitos diversos. Os termos utilizados nas aulas de Física parecem ser ainda muito novos e sem significados para os alunos. Novos em relação aos significados atribuídos na Física pois vários termos têm outros significados no seu dia-a-dia o que pode causar confusão.

A maioria dos alunos recorre ao teorema-em-ação, contido em suas concepções alternativas, de que *“força gera movimento e, portanto, deve ter a mesma direção e sentido deste”*. Os alunos relacionam força com a velocidade, não com a aceleração.

O invariante operatório “sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que nele atuará será a força peso”, parece estar presente para apenas 5 alunos e não é observado em relação aos demais.

Tabela 2 – questão 18 e respostas

18. No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



Alternativa correta: A

Justificativa: Sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que atuará na bola será a força peso.

	Nº de alunos que optaram pela alternativa	Diga que força(s) é(são) representada(s) pelo(s) vetor(es) na resposta que você optou em cada uma das questões. Redesenhe a sua opção. Justificativas apresentadas:
A	8	“peso”
B	13	“normal, tração e peso” “força constante” “velocidade, peso e px” “normal, peso e força resultante”
C	8	“força” “vx” “velocidade”
D	24	“velocidade e peso” “normal e peso” “força e peso” “tração e peso” “peso e direção”
E	5	“peso, normal e vx”

16

O número de acertos, em relação à questão anterior, teve uma pequena melhora. Mas não vamos nos enganar, a situação também mudou. Como o corpo parou de subir, na concepção de alguns alunos, que optaram pela alternativa A, parou de existir uma força para cima. Mesmo assim, o número de alunos que erraram a questão é gritante e suas justificativas reforçam a evidência de que, para o aluno, há a necessidade de uma força com o mesmo sentido do movimento – o corpo continua indo para frente.

O invariante operatório “sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que nele atuará, será a força peso” para este tipo de movimento, parece estar presente para






apenas 8 alunos. É fácil evidenciar que mesmo depois de várias aulas sobre o tópico e outros anteriores, vários alunos não sabem distinguir as grandezas envolvidas, fazem uso de termos sem ter o domínio do seu significado tanto para diferentes tipos de força quanto para a velocidade – “*É uma ilusão pensar que algumas aulas de ciências bem dadas poderão levar a uma mudança conceitual, no sentido de abandono definitivo dos significados alternativos e adoção dos significados científicos*”. (Moreira, 1999, p. 175).

O uso da velocidade como sendo uma força parece estar relacionado a um teorema-em-ação equivocado em que “*se existe movimento existe uma força com a mesma direção e sentido deste movimento*”. Esta proposição considerada pelo aluno como verdadeira sobre o real, e classificada na literatura como concepção alternativa, é corroborada no cotidiano do aluno – ele sabe que se deixar de aplicar uma força (não perpendicular) sobre uma caixa apoiada em um plano horizontal, a caixa terá sua velocidade reduzida até parar. O aluno não associa o efeito da força de atrito na desaceleração da caixa. A associação feita pelo aluno é entre a força e a velocidade – se uma deixar de existir a outra cessa. O cotidiano do aluno lhe oferece condições de uma aprendizagem significativa que, no entanto, é constituída por concepções alternativas, errôneas, muito resistentes à mudanças.

Este equívoco pode ter sido reforçado, ainda, sem intenção, em aula quando a velocidade de lançamento (do movimento em questão) é decomposta em uma componente vertical (v_{0y}) e outra horizontal (v_x). A componente vertical tem o seu valor reduzido conforme a aceleração da gravidade e a componente horizontal mantém-se constante. Ao representar as componentes da velocidade do corpo ao longo da sua trajetória, no ponto de maior altura, onde v_y é zero, é desenhado apenas o vetor v_x de forma idêntica à apresentada na alternativa C deste teste – os alunos lembraram do desenho do vetor mas não foram capazes de relacioná-lo à grandeza correspondente de forma correta.

Mais uma vez, e agora em sala de aula, a concepção prévia, que pode também ser considerada um teorema-em-ação, de que “*se tem força, tem velocidade*” foi corroborada – no desenho o vetor horizontal foi associado à velocidade conseqüente da aplicação da força. Neste caso, foi possível averiguar uma falha na abordagem do campo conceitual em questão e a professora pode rever o seu trabalho.

Tabela 3 – questão 19 e respostas

<p>9. No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?</p> <p>A)  B)  C)  D)  E) </p> <p>Alternativa correta: E</p> <p>Justificativa: Sendo desprezível o efeito da força de atrito sobre o corpo, a única força que atuará na bola será a força peso.</p>		
	Nº de alunos que optaram pela alternativa	Diga que força(s) é(são) representada(s) pelo(s) vetor(es) na resposta que você optou em cada uma das questões. Redesenhe a sua opção. Justificativas apresentadas:
A	4	“peso”
B	2	“peso e normal”
C	8	“peso e normal” “peso, p_x , e velocidade” “força resultante” “peso, normal e tração” “peso, velocidade e normal”
D	35	“força e peso” “força resultante e peso” “normal e peso” “ v_x e v_y ” “velocidade e gravidade” “tração e peso” “peso e velocidade” “peso e v_x ”
E	9	“peso”

A “força” proveniente de concepções prévias e, para muitos alunos, alternativas, é evidenciada novamente. Apesar de quatro alunos usarem como justificativa a força peso na letra “A”, vê-se que essa, no desenho correspondente, tem a mesma direção e sentido do movimento. A alternativa D, opção da maioria dos alunos, evidencia, outra vez, o teorema-em-ação equivocado de que “se há movimento, deve existir uma força com a mesma direção e sentido deste”.

Os resultados foram discutidos individualmente com cada aluno – surgiram muitas justificativas diferentes para alternativas também diferentes e não seria adequado tratar com o grupo todo como se fosse homogêneo na maneira de entender e resolver as situações-problema propostas.

É preciso destacar que diversas situações-problema envolvendo os tópicos lançamento horizontal e oblíquo foram apresentadas aos alunos em momentos anteriores ao teste. E, nestas situações-problema, os alunos não apresentaram a mesma proporção de dificuldade vista no teste. Esta situação levou a professora a concluir que por mais diversificadas e gradativamente mais complexas que fossem as situações-problema oferecidas, haviam aplicações mecânicas de esquemas “eficazes” e conhecidos pelos alunos.

Os esquemas eram moderadamente alterados, de acordo com o solicitado, e baseados na linguagem formal – aplicação de fórmulas que, conforme o avaliado, pareceram ter sido aplicadas quase que apenas mecanicamente na resolução das situações-problema. A professora verificou que, apesar do seu trabalho não ter este direcionamento, o que a maioria dos alunos aprendeu foram “regras” de solução para as situações-problema oferecidas, baseadas em linguagem matemática com pouco ou nenhum significado para eles.

Ao comparar os resultados do teste com os obtidos durante as aulas que o antecederam, a docente, concluiu que, até então, a aprendizagem, para a grande maioria dos alunos, havia sido mecânica – os alunos resolviam mecanicamente situações-problema, aplicando esquemas conhecidos, reproduzindo com pequenas modificações suas resoluções de acordo com o que foi solicitado mas sem ter claro o fenômeno envolvido e suas relações – os conceitos e teoremas científicos não apresentavam significado para esses alunos. Fez-se necessário rever a forma de trabalho. Se a conceitualização, conforme Vergnaud, é o âmago do desenvolvimento cognitivo, então deveria ser tratada com mais atenção sem correr o risco de parecer desvinculada do restante do processo de ensino da Física.

Os conceitos trabalhados até o momento do teste foram retomados individualmente com cada aluno em sala de aula. A retomada individual se mostrou bastante eficaz pois foi possível averiguar, através dos erros e acertos, as dificuldades de cada aluno no trato do campo conceitual dos movimentos sob ação da gravidade. Foi a partir destas dificuldades que a professora, atuando como mediadora do conhecimento, buscou ajudar o seu aluno no processo de aprendizagem, procurando superar tais dificuldades. Esta superação não se dá em apenas alguns minutos de conversa, ela é lenta e progressiva e o professor deve estar atento para outras evidências desta superação ou não, seja em sala de aula em uma atividade dialogada ou em resoluções de problemas. É como mediador do conhecimento que o professor poderá ajudar o seu aluno a superar as dificuldades de aprendizagem.

Marcar um “x” em uma alternativa de um teste é uma coisa, saber o motivo pelo qual a alternativa foi escolhida pelo aluno é outra. O número de alunos que acertaram as questões do teste

aumentou de 5 na questão 17, para 8 na questão 18, e para 9 na questão 19 e, apesar de eles utilizarem nas suas justificativas a força peso, foi nas conversas com a professora que esta pode constatar que, para 3 alunos dos 8 que marcaram corretamente a questão 18, o corpo parou de subir pois a força “para cima” deixou de existir, sobrando apenas o peso e que para todos os 9 alunos que optaram pela alternativa correta na questão 19, deve existir uma força “para baixo” já que o corpo desloca-se para baixo e esta força é o peso – a concepção alternativa que vincula a força com o sentido do movimento e a velocidade esteve presente para estes alunos também.

O aluno deve ser estimulado a explicitar ao máximo seus conceitos e teoremas-em-ação para que seja possível, ao professor, averiguar o quanto estes conceitos e teoremas-em-ação são compartilhados e considerados verdadeiros conceitos e teoremas aceitos cientificamente. Situações-problema do tipo objetiva, marcar com um “x” a alternativa correta, ou fechadas, exemplares e de aplicação meramente mecânica de equações matemáticas, podem trazer resultados equivocados quanto à aprendizagem do aluno, como pôde ser verificado nas situações do teste anterior.

A professora detectou, a partir na análise do andamento das aulas, avaliação das atividades e entrevistas com os alunos, que um dos problemas para a não aprendizagem dos campos conceituais da Física, abordados naquele momento, na 1ª série do Ensino Médio, era a discrepância entre a linguagem que era esperada, formal, organizada e cientificamente aceita e a linguagem que era possível para o aluno.

Houve uma convergência de interesses: por parte da professora que precisava de um instrumento facilitador de detecção de concepções prévias e conhecimentos-em-ação contidos nelas para que pudesse, junto com o aluno, propiciar uma mudança conceitual para um conhecimento científico e por parte do aluno que apresentava dificuldade em resolver situações-problemas de maneira formalizada.

O que veio ao encontro das necessidades, por parte da professora e dos alunos, é o proposto aqui: uma explicitação verbal dos conhecimentos-em-ação utilizados na resolução de situações-problema, de maneira escrita ou falada. No entanto, o proposto não deve ser imposto. Alguns alunos podem não se sentir confortáveis em escrever em palavras a sua resolução pois se sentem seguros em resolver de maneira formal, mais prática segundo eles. Estes alunos apresentam um domínio maior dos campos conceituais trabalhados que o restante do grupo e são capazes de relacionar equações matemáticas a teoremas científicos. O professor deve permitir ao aluno expressar-se da maneira que escolher, através da linguagem verbal ou da linguagem formal, até que o aluno sinta-se seguro em expressar-se cientificamente utilizando a linguagem formal.

Desde o começo da aplicação da proposta deve ficar claro para os alunos que a linguagem verbal, apesar de permitir a resolução das situações-problema dando-lhes os valores numéricos solicitados, não é a linguagem pela qual devem expressar a ciência Física. É uma linguagem de transição enquanto não forem capazes de expressar-se de maneira formal. Os alunos passam a

entender melhor a proposta após a resolução de problemas exemplares utilizando inicialmente a linguagem verbal e posteriormente fazendo uso da linguagem matemática.

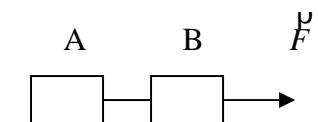
Exemplo de uma situação-problema resolvida de acordo com a proposta

Para entender melhor esta proposta, algumas aulas foram gravadas em vídeo e alguns trechos são transcritos a seguir. Na leitura da transcrição entende-se “P” – professora, “As” – alunos (normalmente mais de um aluno respondia a mesma pergunta com a mesma resposta ou equivalente), “A1” - aluno 1, “A2” – aluno 2, “A3” – aluno 3, “A4” - aluno 4 e “A5” – aluno 5.

A professora propõe aos alunos algumas situações-problema no quadro usando, primeiramente, a linguagem verbal e só depois transcrevendo-as para a linguagem formal. A participação dos alunos é solicitada pela professora que faz diversas perguntas ao longo do processo de resolução.

O primeiro problema é exemplar, simples e sem força de atrito.

Dois blocos, A e B de 3 kg e 2 kg respectivamente, estão apoiados sobre um plano horizontal sem atrito, estão ligados através de um fio ideal e uma força horizontal de 20 N é aplicada sobre o corpo de 2 kg conforme a figura. (A professora reproduz a figura no quadro.)



P.: Como a força F é aplicada ao conjunto, os dois corpos terão a mesma aceleração. Certo?

As.: Certo

P.: Nós já resolvemos problemas parecidos com este. A primeira coisa que fazemos é...

As.: Marcar as forças.

P.: Isso, marcar as forças.

Sobre o corpo “A”, quais são as forças que atuam sobre ele?

A1.: Peso, normal e tração.

P.: Como desenhamos o vetor da tração?

As.: Para “dentro” da corda.

P.: É... do corpo para a corda. O que nós desenhamos são as forças que agem sobre o corpo, a normal e a reação da superfície sobre o corpo, o peso é a ação da Terra e a tração é a ação da corda sobre o corpo. E o corpo “B”?

As: Peso, normal e tração.

A1: E a força \vec{F} .

A2: A força \vec{F} tá sobre o conjunto... “dãããã”.

P.: A força \vec{F} também age sobre o “B”, então quem falou está correto. Tá pessoal, agora aquelas duas perguntinhas típicas deste tipo de problema: quanto vale a aceleração e quanto vale a tração, certo?

A3: A aceleração vale 4.

P.: Tá, vocês já sabem a resposta, mas como vocês chegaram a este resultado?

A3.: Faz 20 dividido pela massa do conjunto.

P.: Tá bom, mas eu também posso me fazer a pergunta assim: Se 20 N aceleram 5 kg (3 kg mais 2 kg) quantos newtons por quilograma para produzir a mesma aceleração?

As: 4.

P.: 4 newtons por quilograma. N/kg também é unidade de aceleração.

A professora escreve no quadro:

$$a = 4 \text{ N/kg}$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

P.: Agora a força de tração, quanto vai dar isso aí?

A1.: 12 N

P.: 12 N? Vamos ver se fecha, gente? Se temos 4 N para acelerar um quilograma, com o primeiro corpo (B) serão necessários para produzir a mesma aceleração 8 N (4 x 2). Dos 20 N que temos de força \vec{F} , quanto será a tração?

As.: 12 N

P.: Como a gente faz isso?

A1.: 20 – 8

P.: Isso. Tem outra maneira de fazer que, para a maioria de vocês poderá parecer mais simples. A tração não é a força que vai acelerar o corpo A?

As.: É.

P.: Se o corpo “A” tem 3 kg e para cada quilograma nós temos 4 N para acelerar, para o corpo “A” vamos precisar...

As.: 12 N.

P.: que serão transmitidos através da...

As.: corda... tração.

P.: Bom, vamos falar um pouco mais sobre as forças. A normal e o peso fazem um par de ação e reação. Certo?

As.: Não!

P.: Isso aí. São forças de naturezas diferentes que no plano horizontal se equilibram. Se a ação e a reação forem aplicadas no mesmo corpo o que acontece?

As.: Se anulam.

P.: É como o cara que tenta se salvar do afogamento puxando-se pelos cabelos, não dá certo

A5.: Professora, faz um problema com um corpo pendurado.

P.: Tá bom, mas antes vamos reescrever este que nós estamos fazendo usando a matemática tá?

A professora refaz a resolução utilizando as equações a partir das forças resultantes sobre cada corpo.

Para determinar o módulo da aceleração:

$$\begin{aligned}F_{RA} &= T \\F_{RB} &= F - T \\ \hline(m_A + m_B)a &= F \\5a &= 20 \\a &= 4m/s^2\end{aligned}$$

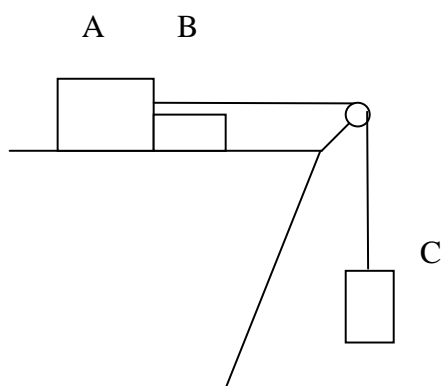
Para determinar o módulo da tração:

$$\begin{aligned}F_{RA} &= T \\m_A a &= T \\3 \cdot 4 &= T \\T &= 12N\end{aligned}$$

P.: Agora vamos fazer um problema do tipo que a Fê (A5) pediu. Fê, pode ser um problema com um plano horizontal com dois corpos em cima e um pendurado?

A5.: Os dois corpos em cima encostados um no outro.

P.: Assim então... (a professora desenha no quadro)



P.: Assim?

A5.: É.

P.: Tá. Gente, vamos denominar os blocos e considerar o plano horizontal liso, sem atrito.

A primeira coisa que vamos marcar são as forças. Vamos começar pelo que está pendurado.

As.: Peso e tração.

P.: Desta vez, o peso é equilibrado?

As.: Não.

P.: Não. Para não haver confusão na hora da matemática vamos deixar claro que este aqui é o peso de "C". Tem normal aqui gente?

As.: Não!

P.: Vamos para o corpo "A". Quais são as forças que atuam sobre ele?

As.: Peso, normal e tração.

P.: Bom pessoal, vocês estão vendo que "A" empurra "B", então...

A5.: "B" empurra "A", é o \vec{F}_{BA} .

P.: Então tem mais uma força atuando em A é o \vec{F}_{BA} . O \vec{F}_{BA} e o F_{AB} fazem um par de ação e reação. Quais são as características deste par?

As.: Mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos.

P.: Isso. As perguntas que eu vou fazer para vocês são três, não, vão ser quatro: qual a aceleração do conjunto? Quanto vale a tração? Quanto vale a \vec{F}_{BA} ? Quanto vale a \vec{F}_{AB} ?

A3.: Profe, faltam os valores das massas.

P. Tá, então vamos dar. "A" = 3 kg, "B" = 1 kg e "C" = 4 kg.

Se a massa de "C" vale 4 kg, quanto vale o peso dele considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$.

As.: 40.

P.: Importante não confundir massa com peso. Então o peso de "C" é 40 N.

Qual é a força que vai acelerar este conjunto?

As.: Peso de C.

P.: Tá, se nós temos 40 N para acelerar 4... 5... 8 kg (a professora vai somando as massas), então nós temos quanto de força para acelerar um quilograma?

As.: 5.

P. Então a aceleração vai ser de 5 N/kg.

A4.: Ou 5 m/s^2 .

P.: Isso, ou 5 m/s^2 . Vamos continuar então. Se nós temos 5 N para acelerar 1 quilograma, com o corpo C...

A4.: Vão ser 20 N.

P.: E a tração?

A4.: Dos 40 N de peso vão sobrar 20 N de tração.

O aluno fez $40 - 20 = 20$

P.: Tá bom e agora nós temos uma tração de 20 N que vai ser aplicada sobre este conjunto (blocos no plano horizontal) que tem massa total de 4 kg. 20 N aplicam uma aceleração de quanto sobre um corpo de 4 kg?

As.: 5

P.: Vejam que fecha lá com o começo do problema.

Agora, pensem comigo... se este corpinho (a professora aponta para o corpo "B") tem 1 kg de massa, quantos newtons serão necessários para acelerar ele em 5 m/s^2 ?

As.: 5

P.: Isso... que serão transmitidos através de qual interação?

As.: \vec{F}_{AB} .

P.: Então \vec{F}_{AB} vale...

As.: 5 N

P.: E \vec{F}_{BA} ?

A5.: Também vale 5 N.

P.: Por que?

A5.: Porque fazem um par de ação e reação.

P.: Isso mesmo, fazem um par de ação e reação.

P.: Pessoal, agora vamos refazer o problema utilizando as equações. Vou colocar aqui no lado (no quadro) para que possamos comparar.

A professora constrói com os alunos as relações de forças resultantes sobre cada corpo resolvendo o que é solicitado.

Para determinar o módulo da aceleração:

$$\begin{aligned}
 F_{RC} &= P_C - T \\
 F_{RA} &= T - F_{BA} \\
 F_{RB} &= F_{AB} \\
 \hline
 (m_C + m_A + m_B)a &= P_C \\
 8a &= 40 \\
 a &= 5\text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

Para determinar o módulo da tração:

$$\begin{aligned}
 F_{RC} &= P_C - T \\
 4a &= 40 - T \\
 T &= 20\text{N}
 \end{aligned}$$

Para determinar o módulo de F_{AB} :

$$\begin{aligned}
 F_{RB} &= F_{AB} \\
 5 \cdot 1 &= F_{AB} \\
 F_{AB} &= 5\text{N}
 \end{aligned}$$

A resolução de todas as situações-problema, dentro desta proposta, inicia com a resolução verbal, dialogada, orientada pelo professor que deverá reforçar os conceitos e a correção na sua utilização e relações, e segue com a resolução matemática. Nenhuma situação-problema deve ser resolvida apenas utilizando a linguagem verbal, em todos os casos as duas formas deverão ser aplicadas. O professor deverá ressaltar a importância de saber expressar-se de maneira formal e que todos devem se esforçar para resolver pelas duas formas e não apenas pela linguagem verbal. As aulas passarão a ser mais dialogadas e os alunos estarão motivados a participar com perguntas, comentários, resoluções verbais, comparações entre resultados e soluções-problema.

Os alunos, em todas as situações-problema propostas, poderão optar pela forma de resolução – verbal ou matemática, através da aplicação de apenas fórmulas, de palavras, ou ambas. O professor não deve dar preferência sobre uma forma de resolução mais do que outra deixando os alunos livres quanto a sua opção – as formas de resolução optadas pelos alunos deverão ser igualmente valorizadas e avaliadas.

A seguir são apresentados alguns exemplos de situações-problema resolvidas por alunos, de acordo com a proposta, com as respectivas avaliações feitas pelas professoras.

Exemplos de situações-problema resolvidas por alunos, a partir da proposta, e avaliação dos conhecimentos-em-ação utilizados

O primeiro exemplo (figura 1), apresenta uma situação que se torna freqüente e fácil de ser verificada em outros exemplos que é o uso do pensamento dedutivo do tipo “se... então” - o aluno parte de um princípio do qual as conseqüências podem ser verificadas. Os princípios utilizados são conhecidos pelo aluno e testados anteriormente por isso tem segurança ao utilizá-los sem “correr o risco” de refutá-los caso não seja possível verificar suas conseqüências.

Uma força de 24 N atua sobre o bloco A. Os blocos A e B têm massas $m_A = 3 \text{ kg}$ e $m_B = 1 \text{ kg}$, como mostra a figura. Se a superfície sobre o qual desliza o conjunto é horizontal e sem atrito, determine a

a) aceleração do conjunto b) Força que A aplica em B c) Força que B aplica em A.

Se 24 N movem
4 kg, 6 N movem
1 kg. Portanto,
 $a = 6 \text{ m/s}^2$ ou
 $a = 6 \text{ N/kg}$.

Se a aceleração
é 6 N/kg , a res-
ta para A ocupa 18 N, dos
e dos 24 N iniciais,
restam 6 N, que A
passa para B.

Se A aplica
uma força de
6 N em B, \vec{F}
B aplica
uma força
de 6 N em A, pois eles constituem
um par de ação e reação.

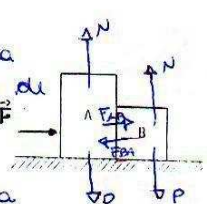


Figura 1: Situação-problema, exemplo de resolução usando raciocínio dedutivo.

Termos estranhos e cientificamente questionáveis dentro do contexto em que são aplicados, surgem a cada resolução como: “consume/ocupam”, “sobrando” e “restam”. A professora ao investigar, questionando os alunos, os motivos para o uso destes termos se depara com respostas do tipo “...é que eu fui resolvendo as contas na minha cabeça e na hora de escrever achei melhor assim” - o aluno transcreve as etapas da sua resolução substituindo a subtração por “consume” e o resultado desta por “sobrando” ou “restam”. O uso e aceitação destes termos devem ser negociados e, em acordo entre professor e alunos, estabelecer substituições por termos melhores ou aceitação, isto é, incorporar termos.

É necessário que haja comunicação entre o professor e o seu grupo de alunos e, portanto, a linguagem deve ser comum a ambos - alunos e professor devem compartilhar significados. De acordo com o modelo de ensino e aprendizagem de D. G. Gowin (1981) esse processo pode ser interpretado como uma relação triádica entre professor, aluno e materiais educativos do currículo na qual “o ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados” (Moreira, 1999, p. 120), aceitos no contexto da matéria de ensino. Assim, os significados são apresentados pelo professor e negociados com o aluno até que sejam por ele captado e progressivamente substituídos por significados cientificamente aceitos e compartilhados.

No exemplo da Figura 1, o teorema-em-ação referente à terceira Lei de Newton é utilizado — “Se A aplica uma força de 6 N em B, B aplica uma força de 6 N em A, pois eles constituem um par de ação e reação”. A aluna possui os invariantes operatórios do esquema referente às aplicações das

Leis de Newton no campo conceitual da Dinâmica, ainda que sua forma de expressar não seja completamente formalizada pois seus esquemas ainda estão em desenvolvimento.

A situação-problema da Figura 2, traz dois corpos presos pela mesma corda, estando um apoiado sobre o plano inclinado e o outro pendurado. Esta situação evoca o conceito de força resultante e a possibilidade de equilíbrio de forças.

A aluna analisa vetorialmente as forças aplicadas em cada corpo e verifica matematicamente os valores da componente P_x da força peso do corpo A e o peso do corpo de B. Os conceitos-em-ação presentes são: força Peso, componentes vetoriais da força Peso, vetor, equilíbrio, MRU e plano inclinado. Os teoremas-em-ação presentes são: $P = mg$ (Peso é o produto da massa pela aceleração da gravidade), $P_x = P \sin\theta$ (a componente x da força Peso é o produto da força Peso pelo seno do ângulo formado pelo plano inclinado com a horizontal) e $F_r = 0$ do qual a aluna relaciona com o seguinte teorema-em-ação “Se a força resultante que atua sobre um corpo for nula, este corpo estará ou em repouso ou em movimento retilíneo uniforme”.

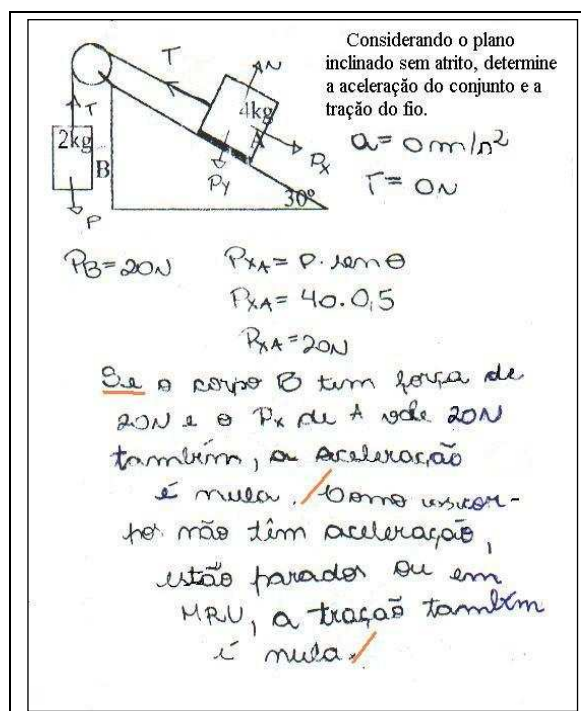


Figura 2: Situação-problema; exemplo de resolução usando raciocínio dedutivo.

A aluna verifica que a soma das forças que atuam sobre o conjunto resulta em uma aceleração nula e determina os possíveis estados de movimento do corpo a partir desta condição. O conjunto de esquemas-de-ação utilizados pela aluna demonstra certo domínio sobre o campo conceitual das aplicações das Leis de Newton. A aluna, no entanto, não verificou a condição de força resultante nula para cada corpo, e não apenas para o sistema, como condição da sua resolução e, por isso, concluiu equivocadamente a força de tração da corda.

Esta situação-problema poderia ter sido resolvida de maneira tradicional através do uso de sistemas de equações, como muitos alunos fazem e a maioria dos professores ensinam. Se fosse assim, provavelmente a aluna teria obtido a mesma resposta numérica final para a aceleração (0) e talvez tivesse encontrado a resposta correta para a tração. No entanto, regras deste tipo (uso organizado de regras/fórmulas matemáticas) podem ser aprendidas pelo aluno de forma mecânica, sem que ele necessariamente compreenda o significado do que está fazendo.

Falando/escrevendo mais sobre o problema fez com que a professora pudesse avaliar mais a resolução da aluna do que aquilo que foi solicitado – a questão pedia apenas os valores da aceleração e da tração na corda. A aluna, ao avaliar a figura, considerou a possibilidade de equilíbrio de forças para o sistema e relacionou a sua verificação com possibilidades de movimentos para o corpo pois, em seus conhecimentos-em-ação, tinha claro que uma aceleração nula não resulta, necessariamente, em repouso. Tal conclusão não pode ser verificada apenas através do uso de sistemas de equação da matemática.

(Unifor-CE) Na montagem representada no esquema abaixo não há atrito nem resistência do ar e a polia e o fio são considerados ideais.

As massas dos corpos M, N e P valem, respectivamente, 5,0 kg, 3,0 kg e 2,0 kg e a aceleração da gravidade é de 10 m/s^2 . Nessas condições, a intensidade da força que N exerce em M, em newtons, vale:

Se a aceleração é 2 m/s^2 para cada kg,
o bloco P consome 4 N
do força que move o conjunto
dos ($2 \times 2 = 4$ e $20 - 4 = 16$)
restando 16 N que é exercido
pela tração e chega
ao corpo M que consome 10 N dos
16 N que restaram ($5 \times 2 = 10$ e $16 - 10 = 6$) re-
stando 6 N para o bloco N que exerce
a sua força (6 N) em M

$P = m \cdot g$
 $P = 2 \cdot 10$
 $P = 20 \text{ N}$

$F = m \cdot a$
 $20 = 10a$
 $a = \frac{20}{10}$
 $a = 2 \text{ m/s}^2$

$P = 20 \text{ N}$

Figura 3: Exemplo de resolução de problema com o uso da linguagem verbal.

No exemplo da Figura 3, aluno calculou a aceleração do conjunto e sabe qual é o significado desta, tanto que o aplica na sua resposta verbal, sabe também qual é o papel do peso do corpo P sobre o conjunto, é capaz de determinar os valores da tração e da força de interação entre os corpos que estão sobre a superfície horizontal e compreende o significado da ação e reação entre estes corpos. O aluno compreendeu o que foi solicitado na situação-problema e, da sua maneira, resolveu a questão.

O aluno usou seus esquemas-de-ação para dar sentido à situação-problema proposta. Esses esquemas de ação contêm invariantes operatórios - conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem ainda não cientificamente aceitos, alternativos, mas que lhe são funcionais no domínio da situação proposta.

A passagem da linguagem verbal para a linguagem formal é um processo que ocorre naturalmente nos alunos. Alguns sequer fazem uso da linguagem verbal pois dominam a

representação dos conceitos e dispõem de um repertório de esquemas eficazes ou são capazes de desenvolver, conforme a necessidade, novos esquemas de resolução. Outros alunos não têm predileção sobre uma forma de resolução ou outra. São capazes de resolver as situações-problema utilizando as duas formas. Vários, no entanto, se apegam ao conhecimento implícito e têm dificuldade em explicitar e torná-lo cientificamente aceito e compartilhado. Suas resoluções são em linguagem verbal e apresentam dificuldade em mudar desta linguagem para outra mais abstrata e geral — o conhecimento explícito é decorrente da evolução progressiva do conhecimento implícito do aluno.

Isso, como alerta Vergnaud, pode levar muito tempo, muitos anos talvez, mas o ensino e, em última análise, o professor têm papel essencial nesse processo. Sem o ensino, não há razão nenhuma para se acreditar que o sujeito passe a dominar campos conceituais complexos e formalizados como os científicos. (Moreira, 2004, p. 24).

A resolução em linguagem verbal deve ser progressivamente substituída por outra mais geral e abstrata, a linguagem formal cientificamente aceita e compartilhada. Este processo se dá com o desenvolvimento cognitivo (i.e., com a conceitualização) do aluno. Cabe ao professor prover situações frutíferas em que os alunos possam desenvolver seus repertórios de esquemas e representações, sendo mediador neste processo. O professor deve estar atento para as formas de resolução e linguagens que o aluno recorre e utilizá-las como indicadores da conceitualização e, conseqüentemente, do desenvolvimento cognitivo orientando o aluno neste processo.

“O ensino de ciências não pode deixar de lado a simbolização e a formalização, porque a ciência é simbólica, formal e explícita (...)” (Moreira, op.cit, p. 24). No entanto, a formalização que o professor espera pode estar ainda muito distante do seu aluno. A não aceitação por parte do professor da resolução em linguagem verbal nas situações-problema, não contribui para o desenvolvimento cognitivo do aluno, principalmente quando este ainda não é capaz de fazer uso da linguagem formal.

Este aluno, provavelmente, apresentará baixo rendimento e desânimo sentindo-se incapaz de acompanhar as aulas e desenvolverá, até mesmo, aversão à Física.

O uso da linguagem verbal pode ser aceito, temporariamente, pelo professor e com ajuda deste, ao oferecer situações potencialmente significativas, mas ela deve evoluir progressivamente para a linguagem formal. O processo desta forma ocorre naturalmente e as rupturas se dão a partir do desenvolvimento de esquemas e conceitos por parte do aluno que se sente motivado, conforme comentários anteriores, e sujeito do seu desenvolvimento cognitivo.

SUGESTÕES DE ATIVIDADES

Atividades que estimulam o uso da linguagem verbal, escrita ou falada, são recursos úteis ao professor na detecção de conceitos e teoremas-em-ação utilizados pelo aluno. Duas atividades, realizadas durante a intervenção didática da qual originou este texto de apoio, mostraram-se eficientes quanto à explicitação de conceitos e teoremas-em-ação. A partir delas, foi possível à professora determinar procedimentos importantes na sua prática que favorecem a transição de conceitos e teoremas-em-ação para verdadeiros conhecimentos científicos. As atividades, a construção e leitura de mapas conceituais e a leitura de gráficos, são relatadas a seguir e sugeridas como atividades.

A CONSTRUÇÃO E LEITURA DE MAPAS CONCEITUAIS

A atividade foi realizada com o objetivo de revisar os conceitos e princípios trabalhados no ensino da Dinâmica (mais especificamente, as Leis de Newton e suas aplicações). Inicialmente, os alunos construíram em conjunto, no quadro branco, um mapa conceitual do assunto e a seguir, cada aluno produziu um texto a partir do mapa conceitual construído. Todos os alunos puderam dar suas opiniões, dirigindo a construção do mapa.

Este esforço progressivo para reestruturar o seu conhecimento e apresentá-lo numa forma visual serve vários propósitos.

Em primeiro lugar, ajuda a clarificar os pensamentos e a interagir as idéias a partir de uma série de fontes, por exemplo: leituras, discussões, observações diretas e experiências pessoais de ensino. Para a maioria de nós, as idéias 'confusas' que evocamos precisam ser formalizadas, e o próprio ato de o fazer força-nos a lutar com sutilezas e inconsistências potenciais que inevitavelmente se acumulam no nosso pensamento. As idéias confusas não são sinal de más idéias, são um aviso que diz: 'Cuidado! Conhecimento em construção'. Os mapas conceituais e os diagramas em Vê podem ajudar-nos a separar as idéias boas das más, e a exercitar as ambigüidades no nosso pensamento.

Os mapas conceituais e os diagramas ainda nos ajudam de outro modo, permitindo-nos compartilhar as nossas idéias com as de outros, de modo resumido e oportuno. Uma boa investigação é, em geral, o produto de muitas mentes a trabalharem juntas, a negociarem significados e a chegarem a algum tipo de acordo que as aproxime de um consenso. (Mintzes; Wandersee; Novak, 2000, p. 86)

O mapa conceitual é uma relação de conceitos-chave sobre um determinado assunto apresentado em forma hierárquica. É um recurso útil para o ensino e avaliação da aprendizagem e pode ser construído para dar uma visão prévia do que será estudado ou como um organizador de conceitos já aprendidos. As palavras que se encontram dentro dos retângulos são os conceitos-chave e as que aparecem conectando um conceito ao outro explicitam a relação entre eles. Quando nos conectores existirem setas estas indicarão um único sentido para a leitura.

A figura 6 apresenta o mapa conceitual produzido em grupo pelos alunos. Todos os alunos contribuíram na construção do mapa seja indo até o quadro ou orientando o colega que estava escrevendo. É interessante observar o processo de construção de um mapa conceitual por um grupo grande de alunos — todos participam de alguma forma, trazem dados, fazem conexões, discutem uma estrutura melhor de apresentação, questionam a relevância de um conceito ou de um conector — a discussão, orientada pelo professor, pode torna-se bastante frutífera. O mapa passou por diversas alterações até que todos concordassem com o resultado.

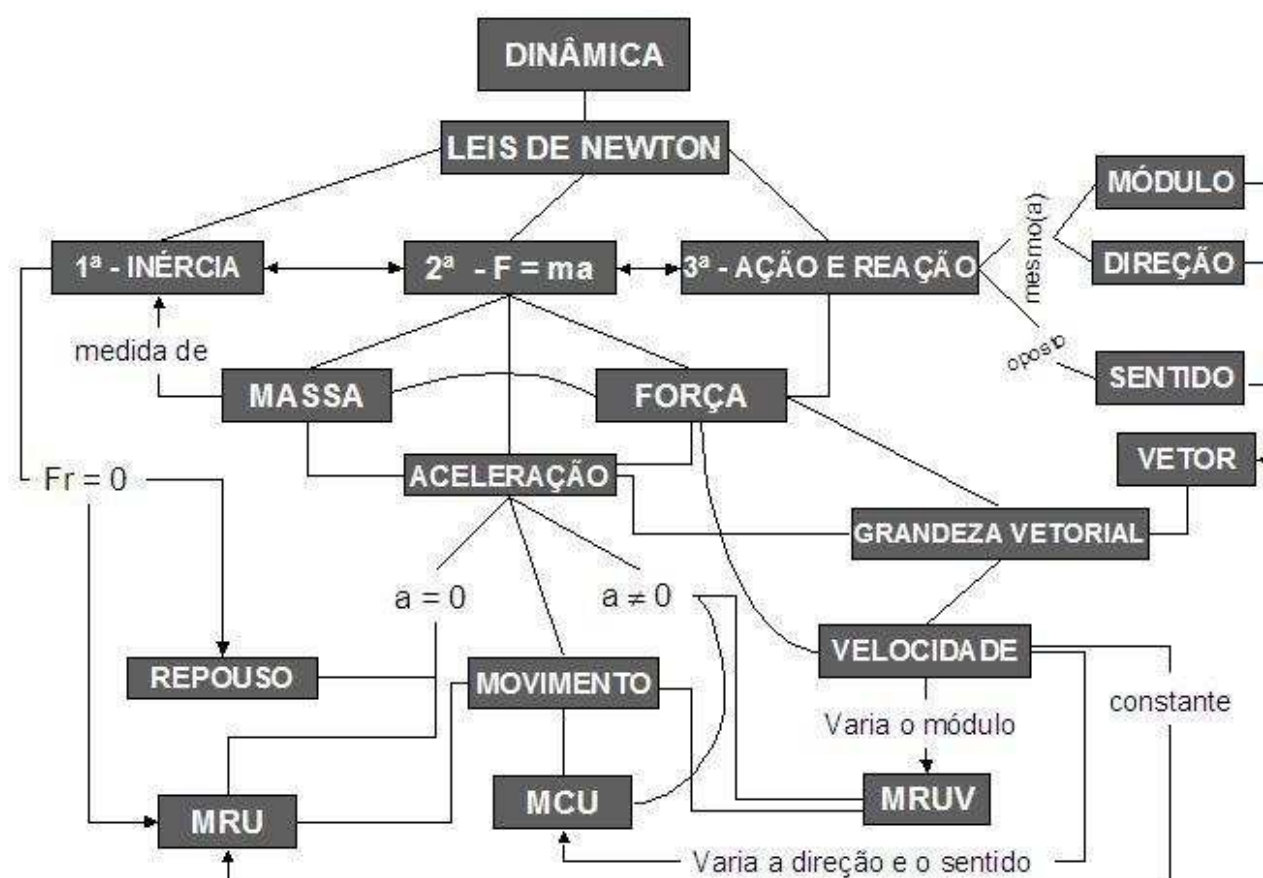


Figura 4: Mapa conceitual construído, em grupo, pelos alunos.

Este mapa foi construído a partir de conceitos e relações trabalhados em aula até aquele momento e, por esse motivo, não apresenta outros conceitos e relações pertinentes aos tópicos que foram tratados posteriormente.

Dois textos produzidos por alunos, a partir do mapa conceitual foram selecionados e reproduzidos aqui com o objetivo de se fazer uma análise comparativa entre o texto produzido pelo aluno e algumas de suas respostas (do mesmo aluno) em uma avaliação posterior à atividade. A análise dos resultados da atividade foi realizada à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (Moreira, 2004).

ALUNO 1

Texto:

“As Leis de Newton.

As Leis de Newton tratam da relação entre força e movimento.

A primeira Lei é da inércia, que fala sobre a resistência de um corpo modificar seu estado de movimento. Ela diz que se nenhuma força se aplica a esse corpo, ou se essa força é nula, o corpo permanece em repouso, se estiver em repouso ou permanece em movimento se estiver em movimento.

A segunda lei é $F = m a$. A força é uma ação capaz de modificar o movimento de um corpo.

A força depende da quantidade de inércia (massa) de um corpo. Várias forças atuam sobre um corpo mas o que faz ele modificar ou não seu estado de movimento é a FR (força resultante). A resultante é o resultado de todas as forças somadas, conforme a soma dos vetores. Se a força resultante for igual a 0, a aceleração também é 0 e o corpo permanece em repouso ou MRU, pois não modifica seu estado de movimento. Se a resultante for diferente de 0, a aceleração é diferente de 0 e o corpo modifica seu movimento.

A terceira lei é a Lei da Ação e Reação. Ela diz que toda ação produz uma reação. Essa reação tem mesmo módulo e direção da ação mas o sentido é contrário. Ação, direção e sentido são características vetoriais, logo a força é uma grandeza vetorial. A força sempre atua aos pares, ocorrendo ação e reação em corpos diferentes.”

No teste:

Questão 1. A força resultante sobre uma pequena esfera, que cai verticalmente no interior de um líquido homogêneo, em repouso, torna-se zero a partir de determinado instante. Isso significa que, a partir daquele instante, a esfera

() permanece em repouso em relação ao líquido.

() é acelerada de baixo para cima.

- () é acelerada de cima para baixo.
 () move-se com velocidade constante, para baixo.
 () move-se com velocidade constante, para cima.

Justifique a sua escolha.

Resposta do aluno: *“Move-se com velocidade constante, para baixo.”*

Justificativa: *“Se a força for anulada é porque não existe mais aceleração, pois $F = m a$, se $a = 0$, $F = 0$. Então a velocidade é constante, pois no MRU $a = 0$ e o corpo continua caindo.”*

Questão 2. Considere as seguintes afirmações:

- I – Quando uma partícula é acelerada, a soma das forças exercidas sobre ela é diferente de zero.
 II – As forças de ação e reação, referidas na terceira Lei de Newton do movimento, são iguais em intensidade, direção e sentido.
 III – Quando a soma das forças exercidas sobre uma partícula é zero ela está em repouso ou com velocidade constante.

Quais são corretas? Justifique a sua resposta.

Resposta do aluno: *“I e III”*

Justificativa: *“I – Se existe aceleração a força é diferente de zero, pois $F = ma$.*

III – Pela lei da inércia, se nenhuma força atuar sobre um corpo ele permanece parado se estiver parado ou em MRU se estiver em movimento. Ou seja, se a resultante das forças é nula é porque não existe aceleração (pois $F = ma$), podendo existir repouso ou MRU.”

O aluno 1 demonstrou coerência em suas respostas com relação ao texto produzido (a partir do mapa conceitual). Utilizou os conceitos e teoremas-em-ação trabalhados e soube relacioná-los, mostrando domínio a respeito do campo conceitual envolvido.

ALUNO 2

TEXTO:

“As Leis de Newton que baseiam a dinâmica são 3: inércia, $F = m a$, ação e reação.

A inércia está relacionada com a massa, isto quer dizer, que quanto maior a massa, maior inércia, que é a resistência do corpo em alterar seu estado de movimento. $mg = P$

$F = m a$, está relacionada à massa, ao peso e a força. A força é uma ação capaz de modificar o estado de movimento de um corpo. Força é uma grandeza vetorial. Se a força resultante for igual a 0, a aceleração será igual a 0 e se for diferente, a aceleração também será diferente de zero. O movimento causado pela ação pode ser MRU, onde $a = 0$, ou MRUV, onde $a \neq 0$.

Toda ação resulta numa reação. A ação e reação possuem mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos. Essas são grandezas vetoriais.”

No teste:

Questão 1. Para manter um carrinho em movimento retilíneo, com velocidade constante sobre uma mesa horizontal, verifica-se que é preciso puxá-lo com uma força constante F , paralela à superfície da mesa. Isso indica que, sem levar em conta a resistência do ar.

- () apenas a força F está sendo exercida sobre o carrinho.
- () apenas a força F e o peso estão sendo exercidos sobre o carrinho.
- () a força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é igual, em módulo, à força F aplicada.
- () a força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é menor, em módulo, do que a força F aplicada.

Justifique a sua escolha.

Resposta do aluno: *“A força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é menor, em módulo, do que a força F aplicada.”*

Justificativa: *“A força F deve ser maior que F_{at} para que haja o movimento do corpo.”*

Questão 2. Considere as seguintes afirmações:

- I – Se um corpo está em movimento, necessariamente a resultante das forças sobre ele é diferente de zero e tem a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade.
- II – Em um determinado instante, a velocidade de um corpo pode ser zero e a resultante das forças ser diferente de zero.
- III – Se nenhuma força externa atua sobre um corpo, certamente ele está em repouso.

Quais são corretas? Justifique a sua resposta.

Resposta do aluno: *“Apenas a I é correta.”*

Justificativa: *“Devido ao fato que se a F_R fosse contrária à v , não haveria o movimento.”*

OBS.: O aluno circula as palavras *“necessariamente”* na primeira afirmação e *“certamente”* na última afirmação e escreve ao lado *“ou em movimento uniforme”*.

O aluno 2 não traz em seu texto a possibilidade do repouso para caso de força resultante nula, apenas faz referência ao movimento uniforme de velocidade constante. No entanto, no teste, o aluno corrige uma das afirmações (questão 2, III afirmação) dizendo que *“se nenhuma força externa atua sobre um corpo, ele está em repouso ou em movimento uniforme”* e, mesmo assim, não faz extensão deste teorema à questão anterior, não conseguindo aplicá-lo a uma outra situação. Seu conhecimento prévio e alternativo é de que, *para haver movimento, é necessária uma força resultante diferente de zero no mesmo sentido do movimento*, mesmo tendo trabalhado diversas situações

diferentes, questões do tipo “um corpo lançado verticalmente sob efeito da força peso” ou “um corpo lançado horizontalmente sobre uma superfície com atrito não nulo”.

Esta análise e a comparação da leitura do mapa conceitual e respostas nas avaliações não foi por acaso. Por se tratar de um grupo grande, turma normal, nem sempre é possível acompanhar individualmente o aluno em aula e, por isso, uma atividade como esta pode vir a ser um bom instrumento de avaliação. Assim como o aluno pode reproduzir mecanicamente resoluções em situações-problema semelhantes, o mesmo pode ser observado com relação a uma suposta conceitualização – o aluno faz uso dos conceitos e teoremas sem que eles tenham, necessariamente, significado para ele.

O domínio de um campo conceitual por parte do aluno, ocorre de forma progressiva e muitas vezes lenta. Cada indivíduo, conforme suas condições individuais e capacidade cognitiva, tem seu próprio tempo para que seu conhecimento implícito evolua para o explícito, cientificamente aceito. Sua bagagem, concepções prévias, é constituída por conceitos-em-ação e teoremas-em-ação que, apesar de não serem verdadeiros teoremas e conceitos científicos, podem evoluir para eles. No entanto, muitas vezes, estas concepções prévias precisam ser abandonadas para que os novos conceitos possam ser construídos.

O professor, ao acompanhar “mais de perto” os seus alunos, poderá verificar diferentes níveis cognitivos, concepções prévias, muitas vezes alternativas, conceitos-em-ação e teoremas-em-ação no grupo. E assim como o grupo apresenta diferenças no começo do trabalho também apresentará ao final, isto é, nem todos os alunos terão evoluído seus teoremas e conceitos implícitos para teoremas e conceitos científicos.

Nas avaliações (testes, provas) muitos alunos acabam reproduzindo de forma mecânica o que supostamente aprenderam, como uma receita, um esquema automatizado, mas que, no entanto, é ineficaz ao se propor uma nova situação onde apenas aqueles que, efetivamente obtiveram uma aprendizagem significativa serão capazes de resolver relacionando seu conhecimento adquirido, acomodando, descombinando e recombinando seus esquemas.

O professor deve oferecer situações, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aluno, para que este seja capaz de ampliar e desenvolver seu repertório de esquemas e representações levando-o ao desenvolvimento cognitivo. Cada aluno é um indivíduo único em um grande grupo o que torna esta tarefa difícil e, porém, no entanto, imprescindível.

A LEITURA DE GRÁFICOS COMO ATIVIDADE DE AVALIAÇÃO

Situações-problema que envolvem gráficos, são comuns ao longo de todo o Ensino Médio. O gráfico traz relações entre os conceitos e teoremas-em-ação envolvidos e indica os procedimentos

para resolução. A professora, ciente da dificuldade de muitos alunos com relação aos gráficos trabalhados, propôs que fizessem, a título de atividade, uma leitura, por extenso, em forma de textos, de gráficos. Esta atividade apresentou-se como uma situação relevante no processo de conceitualização e também foi avaliada, individualmente, em entrevistas com os alunos.

A atividade era referente a uma situação-problema representada por um gráfico semelhante a outros já trabalhados em aula onde o aluno deveria escrever o máximo de informações que pudesse obter através da leitura e análise do gráfico. A professora pretendia que, através desta atividade, o aluno fosse levado a fazer uma análise da situação-problema de forma semelhante ao que ela, em conjunto com a turma, conduzia em aula.

Um campo conceitual requer domínio de vários conceitos para dar conta das situações apresentadas e estes conceitos obtêm sentidos a partir de diversas situações propostas. Vários alunos manifestam dificuldade em trabalhar situações que envolvam gráficos pois não dominam os conceitos relacionados nem a forma de representação das situações-problema.

Nesta atividade, o gráfico foi desenhado no quadro e todos os alunos deveriam escrever sobre ele. Tratava-se de um gráfico da posição em função do tempo para um movimento uniforme. A seguir, são apresentados exemplos de resoluções desta atividade que podem exemplificar bem os resultados obtidos na turma.

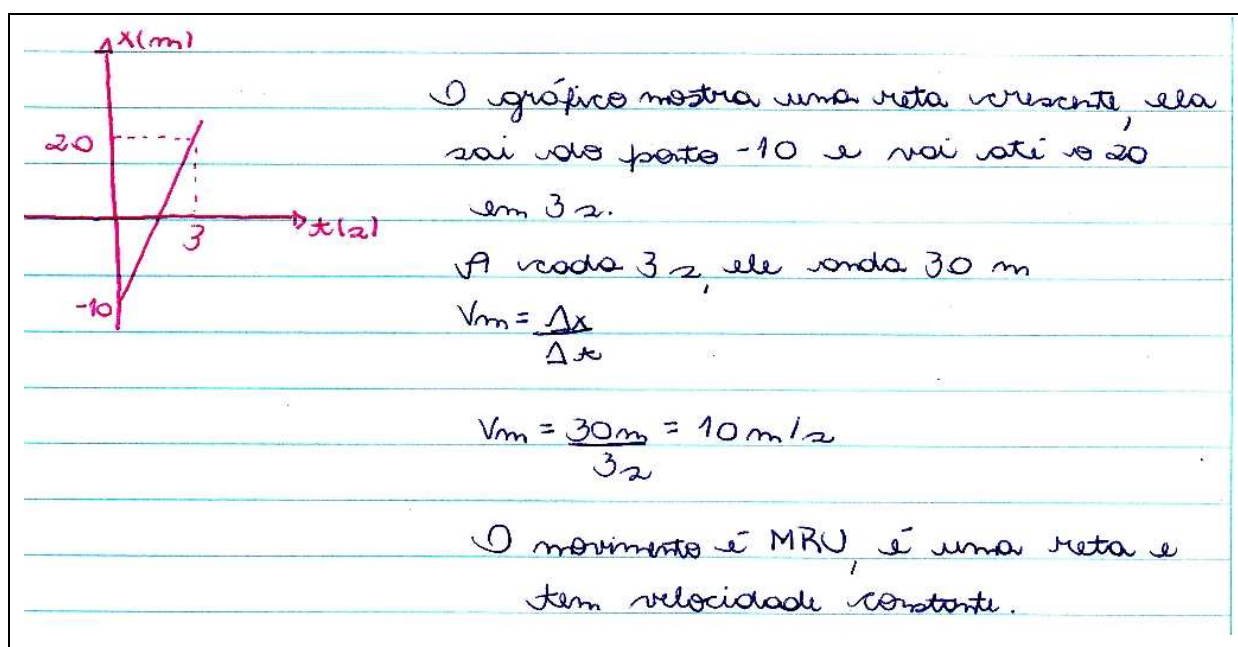


Figura 5: Leitura de um gráfico, exemplo.

Na Figura 5, a aluna copia o gráfico do quadro e faz a sua leitura. A aluna diz que o gráfico mostra uma reta crescente sem fazer relação com o significado físico correspondente. Identifica as posições inicial e final e o tempo para esta variação. A partir destes dados, determina o módulo da

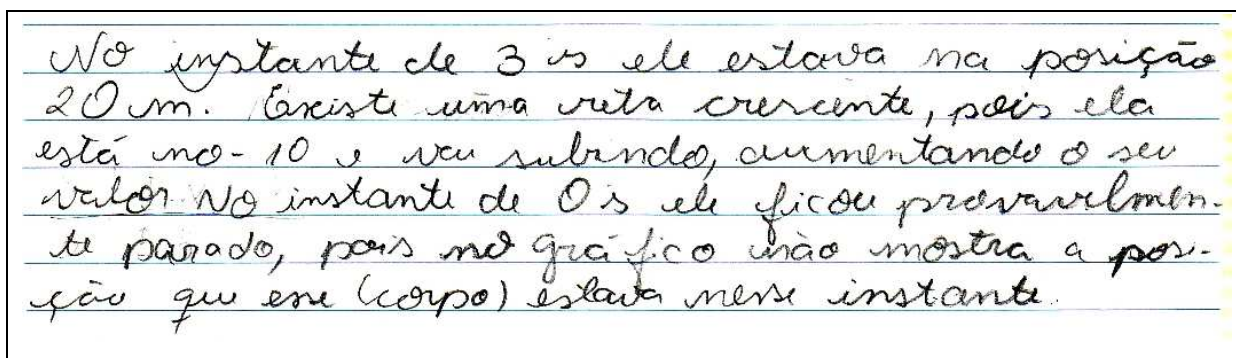
velocidade. Ao final conclui dizendo que trata-se de um MRU, é uma reta e tem velocidade constante.

Quando questionada quanto à afirmação “é uma reta” a aluna justifica apontando para a reta crescente do gráfico. A professora questiona sobre o significado desta reta e a aluna responde que é a trajetória do corpo, é o “R” do MRU.

A professora verifica que a aluna não tem apenas dificuldade de identificar e relacionar grandezas físicas como também em relação a conceitos-em-ação como funções lineares que foram trabalhados em anos anteriores na Matemática.

Na entrevista, a professora conduziu a aluna a verificar seus erros quanto à leitura do gráfico e, principalmente, quanto à conclusão sobre a trajetória do corpo. O mesmo erro foi verificado em outras atividades – os alunos identificam a reta do gráfico com a trajetória e não com a variação constante e crescente da posição e do tempo e de uma velocidade (implícita para o aluno) consequentemente constante.

Na Figura 6 outra aluna descreve o mesmo gráfico. A aluna identifica apenas o ponto (x,t) para o instante 3 s e não o faz para o instante 0. Não identifica a posição -10 m para o instante 0, considera a possibilidade de repouso para este instante não identificando o movimento como sendo de velocidade constante. Não determina o valor da velocidade e nem verifica o seu caráter constante.



No instante de 3 s ele estava na posição 20 m. Existe uma reta crescente, pois ela está no -10 e vai subindo, aumentando o seu valor. No instante de 0 s ele ficou provavelmente parado, pois no gráfico não mostra a posição que esse (corpo) estava nesse instante.

Figura 6: Leitura de gráfico, exemplo.

A aluna apresenta dificuldades conceituais, não faz relações e reflete estas mesmas dificuldades em outras situações propostas. A aluna ainda não dispõe de domínio sobre os conceitos requeridos pelas situações propostas e nem de esquemas eficazes de resolução. Em entrevista, a professora, juntamente com a aluna, retoma o gráfico discutindo os dados apresentados, o movimento descrito, as informações obtidas e verifica que, para esta aluna, o gráfico apresenta-se muito abstrato, ainda muito distante da sua compreensão. A professora propõe mais situações-problema, revisão dos tópicos e conceitos trabalhados e um novo encontro para avaliação.

No exemplo a seguir (Figura 7) tem-se a mesma atividade feita por outra aluna que, de início, diz que não sabe escrever sobre o gráfico. Nem mesmo o que ela considera saber está correto – “Só sei que a cada 3 s o carrinho percorre 20 m”.

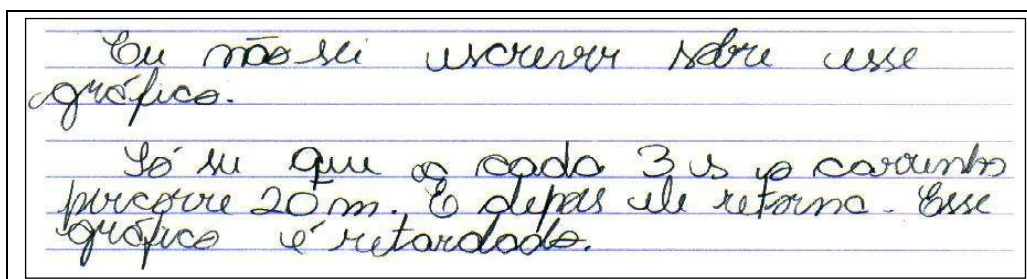


Figura 7: Leitura de gráfico, exemplo.

Com relação à afirmação de que “o gráfico é retardado”, quando questionada pela professora, a aluna não soube justificar. O termo ela “ouviu” em sala de aula e o utilizou sem ter realmente um significado para ela. Os termos “retardado” e “acelerado” são relacionados ao movimento uniformemente variado com relação às grandezas velocidade e aceleração.

A aluna apresenta dificuldades com relação ao campo conceitual do movimento uniforme (e também sobre outros tópicos) e, como se trata de um assunto trabalhado no começo do ano letivo, seguido por outros tópicos também já trabalhados, ficou claro, para a professora, que esta aluna acabou ficando a margem do grupo, isto é, a aluna precisaria de um tempo maior para dar conta dos campos conceituais trabalhados. A professora propôs atividades de revisão dos tópicos trabalhados e aulas complementares.

As mesmas dificuldades foram verificadas com outros alunos. A figura a seguir (Figura 8) apresenta a resolução de outra aluna sobre a mesma situação-problema. A leitura que a aluna faz do gráfico demonstra uma grande dificuldade com relação ao campo conceitual correspondente – a aluna considera a reta do gráfico como sendo o próprio móvel que segue uma trajetória retilínea.

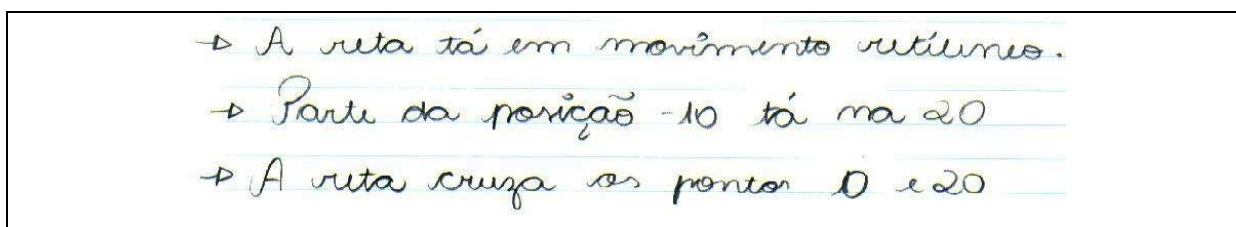


Figura 8: Leitura de gráfico, exemplo.

Os procedimentos adotados pela professora com relação a esta aluna foram os mesmos adotados com a aluna anterior, ou seja, a professora propôs atividades de revisão dos tópicos trabalhados e aulas complementares.

O último exemplo, figura 9, traz uma leitura mais completa e com menos erros que as anteriores. No entanto, a definição de um gráfico linear como sendo obrigatoriamente de um movimento retilíneo uniforme, com trajetória retilínea, ainda persiste. Esta aluna faz a leitura do gráfico considerando os conceitos de posição e tempo. Descreve o tipo de movimento através da condição do conceito de velocidade constante representada no gráfico e determina o valor desta velocidade utilizando a linguagem matemática. Na entrevista, a professora pergunta qual é o significado do “R” no “MRU”, a aluna responde dizendo que é “retilíneo”. A professora pergunta o que é retilíneo naquele movimento e a aluna responde que é a trajetória. Então a professora questiona de que forma ela (a aluna) pode verificar esta informação através do gráfico e a aluna verifica, analisando novamente o gráfico, que esta informação não está nele e tão pouco pode ser inferida a partir dele.

O móvel iniciou seu movimento na posição -10 m, no tempo 0. Ele se deslocou por 3 s e foi para a posição 20 m.

Seu movimento foi em MRU, ou seja, ele não varia sua velocidade.

O movimento desse móvel pode continuar, sendo assim (se ele manter sua velocidade), no tempo 6 s ele estará na posição 50 m.

Com este gráfico, podemos calcular sua velocidade. Sendo ela:

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{30}{3} = \boxed{10 \text{ m/s}}$$

Figura 9: Leitura de gráfico, exemplo.

A aluna apresentou dificuldade com relação à trajetória descrita pelo corpo e às informações contidas no gráfico. A professora retoma o gráfico juntamente com a aluna — questiona a aluna quanto a dados e informações do gráfico, refaz a leitura utilizando suas respostas, intervém no andamento fornecendo (lembrando) informações dadas por ela e conduzindo o processo de resolução.

A maior dificuldade por parte dos alunos com relação a situações-problema como esta, parece estar relacionada a esquemas não eficazes no trato matemático dos gráficos no campo conceitual da Cinemática. No entanto, verificou-se através desta atividade, que a dificuldade pode

ser ainda maior com relação aos conhecimentos-em-ação, ou a falta deles, utilizados pelo aluno na sua leitura e interpretação.

Se a resolução da situação-problema cujos dados, informações e relações entre as grandezas físicas pertinentes são representados através de gráficos, fosse apresentada unicamente a partir do uso da linguagem formal, seria quase impossível, para a professora, verificar os conhecimentos-em-ação e a eficácia do conjunto de esquemas utilizados pelos alunos. A professora tem papel mediador no processo de resolução de problema (RP). (...), a RP é uma construção cognitiva e, como tal, pode ser facilitada. A tomada de consciência e o papel mediador do professor certamente são elementos facilitadores dessa construção. (Moreira, 2004. p. 79)

Novamente, a comunicação mais direta, através de entrevistas, entre o professor no papel mediador e o aluno, demonstra ser um recurso eficiente no desenvolvimento do processo de resolução de problema. No grande grupo (toda a turma), este procedimento, através de entrevistas posteriores as atividades e individuais, pode ter sua viabilidade comprometida pelo tempo disponível. Sugere-se então, que este procedimento ocorra posteriormente a algumas atividades e não todas – o professor deverá escolher as mais relevantes e, se for necessário e viável, realizar as entrevistas em horários fora de aula.

COMENTÁRIOS DE ALUNOS EM RELAÇÃO À PROPOSTA

O objetivo principal da professora era detectar conhecimentos-em-ação utilizados pelos seus alunos nas resoluções de situações-problema para que pudesse avaliar e orientá-los favorecendo mudanças conceituais. O uso da linguagem verbal, escrita ou falada, mostrou-se muito eficiente quanto a este objetivo. Para muitos alunos a dificuldade em resolver situações-problema, através do uso da linguagem formal, apresentava-se como um empecilho na sua aprendizagem e a linguagem verbal veio como uma solução, mesmo que temporária, facilitando o processo de aprendizagem. Os comentários a seguir são de alguns alunos que vivenciaram esta proposta e foram feitos após a realização de uma avaliação (teste).

Aluno(a) 1: *“Na minha opinião a maneira que a profª Carla nos ensinou (a maneira escrita) é mais simples, mais clara e mais objetiva. Como tenho mais afinidade com as palavras prefiro escrever, assim os conceitos ficam mais claros, mais fáceis de entender, o que não me impede de entender pela matemática, mas na minha opinião a parte escrita é melhor.”*

Aluno(a) 2: *“Bom, eu acho mais fácil responder explicando, pois tenho dificuldade em matemática. Em relação ao 1º trimestre, estou bem melhor. Aprendi conceitos e como explicar as fórmulas.”*

Aluno(a) 3: *“A maneira escrita para encontrar o atrito (mais fácil), mas para achar aceleração, força e massa é melhor fazer matematicamente. Consigo compreender ‘força’, só atrito e aceleração não muito bem, mas é legal essa matéria (Física), tinha dificuldade apenas no 1º trimestre mas espero ir melhor neste”.*

Aluno(a) 4: *“Ao meu ver a melhor maneira de resolver os problemas de física depende do problema, às vezes acho melhor fazer as questões de forma escrita porém algumas vezes eu acho melhor aplicar a fórmula porque é muito simples. Mas, na minha opinião, eu prefiro na verdade a forma escrita de resolver os problemas.*

Aluno(a) 5 : *“Primeira vez, que numa prova eu sei o que eu estou fazendo. Eu me sinto mais segura na parte escrita. Na parte matemática eu me confundo muito, aí, mais uma razão para escrever. Tenho muita dificuldade em matemática. Esse ‘método’ é melhor.”*

Aluno(a) 6: *“Para mim a melhor maneira de conseguir realizar um problema na prova é escrevendo, pois tenho muita dificuldade em matemática. Eu achei mais fácil esse conteúdo que o outro.”*

Aluno(a) 7: *“Para mim a melhor maneira é pela linguagem. E eu acho o conteúdo do 2º trimestre mais fácil que o do 1º, pois ele envolve mais linguagem que cálculos e não tem tantas fórmulas.”*

Aluno(a) 8: *“Para mim a maneira mais fácil de calcular é pela forma matemática, pois não tenho tanta facilidade em me expressar pela forma escrita. Eu consigo entender os conceitos.”*

Aluno(a) 9: *“O método que eu tenho mais facilidade é o de escrita. Estou entendendo bem o conteúdo.”*

Aluno(a) 10: *“A maneira que prefiro é a escrita, prefiro colocar o que entendi através da escrita explicando meu raciocínio. É mais fácil de entender os problemas. Estou aprendendo a ligar assuntos relativos.”*

Aluno(a) 11: *“Para resolver os problemas de Física, eu acho melhor desenvolver os cálculos, pois tenho mais certeza que está correto. Mas se eu olhar para o problema e ver que se resolver sem fazer cálculos não me incomoda. Eu tento desenvolver os dois lados, pois um dia posso precisar saber os dois.”*

Aluno(a) 12: *“Para mim, a maneira matemática é a mais prática. Também tenho facilidade na hora de resolver mentalmente, mas não consigo escrever o que eu penso. É mais fácil colocar os cálculos e resolver por eles. Eu assimilo os conceitos, para mim não mudou muita coisa.”*

Aluno(a) 13: *“Eu prefiro resolver os problemas escrevendo. Meu raciocínio evoluiu muito nesse último conteúdo por causa disso. Com relação aos conteúdos passados, eu senti muita dificuldade, não sei se porque eu não entendia ou o meu raciocínio estava ‘devagar’. Sobre as aulas de física, eu gosto da maneira que a professora ensina. Eu consigo entender, pois é diferente das outras professoras.”*

Aluno(a) 14: *“Esse método de ensino é muito bom pois consigo entender um pouco mais, porque quando eu escrevo tenho mais facilidade de gravar, isto também depende de cada um, mas também me dou bem com o método das fórmulas, pois gosto de cálculos (matemática).”*

Aluno(a) 15: *“Gostei bastante de poder expressar minhas idéias com palavras, pois tenho mais facilidade de escrever do que memorizar fórmulas matemáticas. Estou achando este conteúdo mais fácil do que os outros trabalhados até o momento.”*

Aluno(a) 16: *“Na minha opinião o conteúdo desse trimestre está mais fácil, porque mesmo eu tendo mais facilidade na parte matemática ou consegui entender melhor o conteúdo com a parte linguística.”*

Através dos comentários é possível verificar o que já foi dito antes, alguns alunos podem não se sentir confortáveis em escrever em palavras a sua resolução pois se sentem seguros em resolver de maneira formal — comentários dos alunos 8, 11 e 12. Alunos como estes, observados pela professora em aula, mostram-se bons resolvedores de problemas e apresentam um domínio maior dos campos conceituais trabalhados que o restante do grupo, maioria da turma. Então, para alguns alunos, a proposta *“não mudou muita coisa”*, comentário do aluno 12. Para outros alunos, maioria da turma, no entanto, a proposta mostrou-se válida — *“primeira vez, que numa prova eu sei o que eu estou fazendo”*, comentário do aluno 5.

CONCLUSÃO

O professor, no seu papel de mediador, deve estimular o aluno a explicitar seus conhecimentos-em-ação, componentes dos esquemas, para que possa conhecer e avaliar o quanto são verdadeiros teoremas e conceitos científicos, nos quais o aluno poderá apoiar-se para aprender, ou o quanto são equivocados e prejudiciais à aquisição e interação com novos conhecimentos e que, portanto, precisam ser modificados.

Explicitar o conhecimento é uma tarefa muito difícil e que no contexto das aulas de Física poder ser ainda mais complicado tendo em consideração o seu caráter como ciência formal. A linguagem formal, matematizada, não encontra, em muitos alunos da primeira série do ensino médio, conhecimentos prévios nos quais possa ser apoiada — é algo ainda muito novo. Em contrapartida, a linguagem verbal, expressa através de palavras em discurso escrito ou falado, verificou-se mais acessível na tarefa de explicitação e avaliação dos invariantes operatórios constituintes dos esquemas ao longo deste trabalho.

Através da linguagem verbal, escrita ou falada, os alunos são estimulados a explicitarem seus conhecimentos que podem ser científicos ou não, decorrentes de concepções prévias que podem ser alternativas e prejudiciais ao processo de aprendizagem. Aqui foram propostas algumas aplicações de situações significativas que servem de subsídio na análise do desenvolvimento cognitivo. Nestas situações, os esquemas evocados, conceitos e teoremas-em-ação, e as representações simbólicas utilizadas pelos alunos, poderão orientar o professor para a forma como deverá proceder na sua prática em sala de aula visando conduzir o seu aluno no processo de aprendizagem. Os tópicos abordados são relativos ao estudo da Dinâmica na primeira série do Ensino Médio e os resultados obtidos podem ser aplicados em outras situações do ensino de Física.

Além de envolver um número maior de alunos nas aulas de Física, o uso da linguagem verbal possibilita a verificação de falhas nas avaliações, principalmente em avaliações objetivas de múltipla escolha nas quais, alguns alunos, poderão recorrer a teoremas-em-ação, constituintes de concepções alternativas muito distantes do conhecimento científico supostamente compreendido.

A mudança que é proposta é quanto à conduta do professor — mediador e atento aos processos de desenvolvimento cognitivo do seu aluno. O professor deve escolher situações frutíferas que desenvolvam o repertório de esquemas e representações e fazer uma avaliação mais detalhada destes. A partir da explicitação dos esquemas e representações adotados pelo aluno, o professor poderá ser capaz de identificar dificuldades e conduzir o aluno no processo de desenvolvimento cognitivo.

A resolução de situações-problema através da linguagem verbal, cujo tratamento é quase pejorativo no que se refere ao estudo da ciência, é revista e toma importância no processo de

conceitualização do aluno. A linguagem verbal pode preceder a linguagem formal e, devidamente conduzida, poderá evoluir para tal. A rapidez deste processo, no entanto, depende de cada indivíduo.

A proposta deste trabalho, de que o aluno possa falar/escrever em linguagem verbal nas suas resoluções, possibilita maior motivação da turma, participação das aulas, aprendizagem mais consistente e significativa e, até mesmo, a melhora da auto-estima de alguns alunos. Além destes benefícios a proposta também traz uma explicitação sobre a forma de pensar do aluno sobre a situação — seu conjunto de esquemas fica mais “visível” e o professor tem mais condições de avaliá-lo e ajudá-lo no processo de desenvolvimento cognitivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. *Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis*. Campinas: Mercado de Letras, 2004. 128 p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 626 p.
- AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 212 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- BRASIL. Lei de diretrizes e bases da educação nacional, Lei nº 9.394, dez. 1996. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/9394.htm>. Acesso: 15 jan. 2008.
- BUTELER, L.; GANGOSO, Z. Diferentes enunciados del mismo problema: ¿Problemas diferentes? *Investigaciones em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 269-283, set. 2001. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso: 10 jan. 2006.
- CARVALHO, A. M. P. de. *Física: proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: EPU, 1989. 65 p.
- ESCUADERO, C.; FLORES, S. G. Resolución de problemas em nível médio: um cambio cognitivo social. *Investigaciones em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 155-175, ago. 1996. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I. (Org.). *A solução de problemas*. Porto Alegre: ArtMed, 1998, p. 13-42.
- GANGOSO, Z. Investigaciones en resolución de problemas en ciencias. *Actas del PIDECE*, Porto Alegre, v. 1, p. 67-110. 1999.
- GASPAR, Alberto. *Física: manual do professor*. São Paulo: Ática, 2001. 216 p.
- GIL-PÉREZ, D. et. al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 7-19, abr. 1992.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. Ensaio. *Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 1-16, mar. 2003. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: 14 jan. 2006.
- KLAJN, S. *Física: a vilã da escola*. Passo Fundo: UPF, 2002. 192 p.

LLANCAQUEO, A.; CABALLERO, M. C.; MOREIRA, M. A. El aprendizaje del concepto de campo en Física: una investigación exploratoria a luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 4, p. 399-417, dez. 2003.

MINTZES, J.; WANDERSEE, J. H.; NOVAK, J. *Ensinando ciência para a compreensão*. Lisboa: Plátano, 2000. 304 p.

MOLL, L. C. *Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 432 p.

MOREIRA, M. A.; COSTA, S. S. C. A pesquisa em resolução de problemas em Física: uma visão contemporânea. *Actas del PIDEDEC*, Porto Alegre, v. 1, p. 39-66, 1999.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Teorias construtivistas. *Textos de Apoio ao Professor de Física*. n. 10, Porto Alegre: IF – UFRGS, 1999.

MOREIRA, M. A. Sobre monografias, dissertações, teses, artigos e projetos de pesquisa: significados e recomendações para iniciantes da área de educação científica. *Actas del PIDEDEC*, Porto Alegre, v. 4, p. 3-23, 2002.

_____. La teoría del aprendizaje significativo. *Actas del PIDEDEC*, Porto Alegre, v. 2, p. 31-52, 2000.

_____. *Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 164 p.

_____. *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de física e a investigação nesta área*. Porto Alegre: IF - UFRGS, 2004.

_____. *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre, 2005. 47 p.

PIAGET, J. *Fazer e compreender*. São Paulo: Melhoramentos, 1978. 186 p.

_____. *A linguagem e o pensamento da criança*. São Paulo: Martins Fontes, 1989. 282 p.

POZO, J. I. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor, 1987. 271 p.

ROSA, P. R. S.; MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. Alunos bons solucionadores de problemas de Física: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 94-100, jun. 1992.

SCHROEDER, C. Atividades experimentais de Física para crianças de 07 a 10 anos. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, Porto Alegre: IF – UFRGS, v. 16. n. 1. 2005.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

SOUSA, C. M. S. G.; FÁVERO, M. H. Análise de uma situação de resolução de problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 55-75, jan. 2002.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro: UFRJ. p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista do GEEMPA*, Porto Alegre, n. 4. p. 9-19, 1996.

VERGNAUD, G. ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 285–302, 2007.

VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987, 135 p.

SÉRIE: TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

nº 1 Um Programa de Atividades sobre Tópicos de Física para a 8ª Série do 1º Grau
Axt., R., Steffani, M.H. e Guimarães, V. H., 1990.

nº 2 Radioatividade
Brückmann, M.E. e Fries, S.G., 1991.

nº 3 Mapas Conceituais no Ensino de Física
Moreira, M.A, 1992.

nº 4 Um Laboratório de Física para Ensino Médio
Axt, R e Brückmann, M.E., 1993.

nº 5 Física para Secundaristas – Fenômenos Mecânicos e Térmicos
Axt, R. e Alves, V.M., 1994.

nº 6 Física para Secundaristas – Eletromagnetismo e Óptica
Axt, R e Alves, V.M., 1995.

nº 7 Diagramas V no Ensino de Física
Moreira, M.A, 1996.

nº 8 Supercondutividade – Uma proposta de inserção no Ensino Médio
Ostermann, F., Ferreira, L.M. e Cavalcanti, C.H., 1997.

- nº 9 Energia, entropia e irreversibilidade
Moreira, M.A. 1998.
- nº 10 Teorias construtivistas
Moreira, M.A, e Ostermann, F., 1999.
- nº 11 Teoria da relatividade especial
Ricci, T.F., 2000.
- nº 12 Partículas elementares e interações fundamentais
Ostermann, F., 2001.
- nº 13 Introdução à Mecânica Quântica. Notas de curso
Greca, I.M. e Herscovitz. V. E., 2002.
- nº 14 Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do ensino médio
Ricci, T. F. e Ostermann, F., 2003.
- nº 15 O quarto estado da matéria
Ziebell, L. F. 2004.
- v.16, n.1 Atividades experimentais de Física para crianças de 7 a 10 anos de idade
Schroeder, C., 2005.
- v.16, n.2 O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física
Silva, L. F. da e Veit, E. A., 2005.
- v.16, n.3 Epistemologias do Século XX
Massoni, N. T., 2005.
- v.16, n.4 Atividades de Ciências para a 8ª série do Ensino Fundamental: Astronomia, luz e cores
Mees, A. A.; Andrade, C. T. J. de e Steffani, M. H., 2005.
- v.16, n.5 Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein
Wolff, J, F de S e Mors, P. M., 2005.
- v.16, n.6 Trabalhos trimestrais: pequenos projetos de pesquisa no ensino de Física
Mützenberg, L. A., 2005.
- v.17, n.1 Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio
Moraes, M. B. dos S. A., Ribeiro-Teixeira, R. M., 2006.

- v.17, n.2 A estratégia dos projetos didáticos no ensino de física na educação de jovens e adultos (EJA)
Espindola, K. e Moreira, M. A., 2006.
- v.17, n.3 Introdução ao conceito de energia
Bucussi, A., 2006.
- v.17, n.4 Roteiros para atividades experimentais de Física para crianças de seis anos de idade
Grala, R. M., 2006.
- v.17, n.5 Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma proposta para professores
Webber, M. C. M. e Ricci, T. F., 2006.
- v.17, n.6 Unidades didáticas para a formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental.
Machado, M. A. e Ostermann, F., 2006.
- v.18, n.1 A Física na audição humano.
Rui, L. R. , 2007.
- v.18, n.2 Concepções alternativas em Óptica.
Almeida, V. O; Cruz, C. A. da e Soave, P. A., 2007
- v.18, n.3 A inserção de tópicos de Astronomia no estudo da Mecânica em uma abordagem epistemológica.
Kemper, E., 2007.
- v.18, n.4 O Sistema Solar – Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio.
Uhr, A. P., 2007.
- v.18, n.5 Material de apoio didático para o primeiro contato formal com a Física: fluidos.
Felipe Damásio e Maria Helena Steffani
- v.18, n. 6 Utilizando um Forno de Microondas e um disco rígido de computador como laboratório de Física.
Mai, I., Balzaretti e Schmidt, J. E.
- V19. n. 1 Ensino de Física térmica na escola de nível médio: aquisição automática de dados como elemento motivador de discussões conceituais.
Sias, D. B. e Ribeiro-Teixeira, R. M.