

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA/FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**“BRINCANDO COM VETORES: UMA ANÁLISE DAS
GRANDEZAS VETORIAIS NO ENSINO MÉDIO”**

Gláucia Lopes

Orientador: Prof. Dr. Norberto Cardoso Ferreira

Dissertação apresentada ao Instituto de Física
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Ensino de
Ciências (Modalidade Física)

INSTITUTO DE FÍSICA

Serviço de Biblioteca e Informação

Tombo: 3594

ex. 2

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Norberto Cardoso Ferreira (IFUSP)

Norberto Ferreira

Profa. Dra. Maria Regina Dubeux Kawamura (IFUSP)

Maria Regina Dubeux Kawamura

Prof. Dr. Eugênio Maria de França Ramos (UNESP/Rio Claro)

Eugenio Ramos

SÃO PAULO

2001

deferido 06/11/01

L864b

M

ex. 2

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Lopes, Gláucia

Brincando com Vetores: Uma Análise das Grandezas
Vetoriais no Ensino Médio. São Paulo 2001.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo
Instituto de Física - Departamento de Física Aplicada/
Faculdade de Educação

Orientador: Prof. Dr. Norberto Cardoso Ferreira
Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Ensino e Aprendizagem de Vetores;
2. Projeto RIPE; 3. Lúdico e Educação.

USP/IF/SBI-067/2001

RESUMO

Neste trabalho, examinamos uma proposta de ensino para as grandezas físicas vetoriais presentes no 1º ano do Ensino Médio, baseada na utilização de materiais lúdicos. Em síntese o problema desta pesquisa repousa no fato de que o ensino de vetores, ou melhor das grandezas físicas vetoriais, na forma como vem sendo realizado nas escolas, não tem colaborado para gerar uma aprendizagem adequada aos educandos.

Especificamente, propomos e analisamos as atividades lúdicas do Projeto RIPE (Rede de Instrumentação para o Ensino) relacionadas aos conteúdos de cinemática. Cada atividade de ensino apresentada é analisada de acordo com o processo de ensino-aprendizagem vivenciados em sala de aula por uma turma de alunos.

Além disso, fizemos um levantamento do modo como os vetores surgem no ensino de Física, e a forma de representação que os alunos possuem para as grandezas físicas consideradas vetoriais.

ABSTRACT

In this report, we have examined a teaching proposal for the vectorial physics largeness which are studied in the first year of high school, based on the entertaining material. In synthesis, the problem of this research is the fact that the vector teaching, or the better, this vectorial physics largeness, as it has been accomplished in most school, has not been collaborating to generate a adapted learning to the students.

Specifically, we are proposing and analyzing entertaining activities of the RIPE project (Net of the Instruments for the teaching), reported for the kinematics contents. Each teaching activity presented is analyzed according to the process of teaching-learning in classroom by a group of students. Besides, we have made a survey of the ways vector appears in the teaching of physics and the form of representation which the students have for the physics largeness considered vectorial.

ABSTRACT

In this report, we have examined a teaching proposal for the vectorial physics largeness which are studied in the first year of high school, based on the entertaining material. In synthesis, the problem of this research is the fact that the vector teaching, or the better, this vectorial physics largeness, as it has been accomplished in most school, has not been collaborating to generate a adapted learning to the students.

Specifically, we are proposing and analyzing entertaining activities of the RIPE project (Net of the Instruments for the teaching), reported for the kinematics contents. Each teaching activity presented is analyzed according to the process of teaching-learning in classroom by a group of students. Besides, we have made a survey of the ways vector appears in the teaching of physics and the form of representation which the students have for the physics largeness considered vectorial.

ABSTRACT

In this report, we have examined a teaching proposal for the vectorial physics largeness which are studied in the first year of high school, based on the entertaining material. In synthesis, the problem of this research is the fact that the vector teaching, or the better, this vectorial physics largeness, as it has been accomplished in most school, has not been collaborating to generate a adapted learning to the students.

Specifically, we are proposing and analyzing entertaining activities of the RIPE project (Net of the Instruments for the teaching), reported for the kinematics contents. Each teaching activity presented is analyzed according to the process of teaching-learning in classroom by a group of students. Besides, we have made a survey of the ways vector appears in the teaching of physics and the form of representation which the students have for the physics largeness considered vectorial.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos a todos os amigos que, de diferentes formas, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço especialmente:

Ao Prof. Dr. Norberto Cardoso Ferreira por ter mostrado que é possível refletir, propor e inovar, mudando a nossa prática pedagógica a favor da aprendizagem dos alunos.

A Profa. Dra. Maria Regina Kawamura e ao Prof. Dr. Eugênio Maria de França Ramos, cujas discussões, observações e sugestões feitas no exame de qualificação deram novos rumos a este trabalho possibilitando novas reflexões.

Aos membros da CPGi pela atenção, compreensão e paciência que me dedicaram e que muito contribuíram para a minha continuidade enquanto aluna da área de ensino.

Aos meus pais, Altevir e Amabile, minha irmã Kátia, e meu eterno namorado Jurandyr, meus sinceros agradecimentos pelo amor, carinho e apoio irrestrito.

Obrigado aos funcionários da Biblioteca do IFUSP, particularmente ao José Carlos (Zeca), pelas conversas sempre despendidas e pelos trabalhos prestados; aos amigos e professores do corredor de ensino; aos colegas do CEES (sem restrições) e da E.E. Plínio Barreto, particularmente à Prof. Maria Cristina (Cris), que além da amizade e dos períodos de descontração, apoiou e colaborou, nos melhores e piores momentos que enfrentei durante a realização deste trabalho.

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	6
2. VOCÁBULOS, NÚMEROS E SÍMBOLOS DA FÍSICA	10
2.1 VOCÁBULOS DA FÍSICA.....	11
2.2 A LINGUAGEM MATEMÁTICA DA FÍSICA	12
2.3 SÍMBOLOS DA FÍSICA.....	15
3. OS VETORES E OS CONTEÚDOS DE FÍSICA	18
3.1 VETORES E LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA.....	20
3.2 OS VETORES E A REPRESENTAÇÃO DOS ALUNOS.....	23
4. O LÚDICO E A EDUCAÇÃO.....	35
4.1 O PAPEL DO EDUCADOR EM UMA ATIVIDADE LÚDICA	40
4.2 O LÚDICO E A FÍSICA NA ESCOLA	43
4.3 PROJETO RIPE: UMA PROPOSTA LÚDICA NO ENSINO DE FÍSICA	45
4.4 OS JOGOS DO PROJETO RIPE E SUAS REGRAS	48
5. BRINCANDO COM VETORES I.....	50
ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO	56
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	57
6. BRINCANDO COM VETORES II.....	68
6.1 LANÇAMENTO HORIZONTAL.....	68
ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO	72
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	75
6.2 LANÇAMENTO OBLÍQUO.....	81
ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO	82
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	84
7. BRINCANDO COM VETORES III.....	89
7.1 ATIVIDADE INICIAL: INTRODUZINDO O JOGO.....	89
ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO	91
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	92
7.2 RELAÇÃO ENTRE A “VELOCIDADE” E O “RAIO” DA POLIGONAL.....	94
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	95
7.3 RELAÇÃO ENTRE A “ACELERAÇÃO” E O “RAIO” DA POLIGONAL.....	97
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	99
7.4 LEVANDO O PROCESSO A UM LIMITE.....	101
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA.....	102
8. O APRENDIZADO DE UMA TURMA DO 1 ^o ANO DO ENSINO MÉDIO COM O PROJETO RIPE.....	106
8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA	118
9.1 BIBLIOGRAFIA GERAL PARA CONSULTA.....	121
9.2 ANEXOS.....	124

1. APRESENTAÇÃO

A educação escolar ainda desempenha um papel muito importante na vida das pessoas pois proporciona aprimoramento de idéias, ampliação de conhecimento, formação, transformação, adaptação e integração à sociedade.

Sendo a Física uma das disciplinas que faz parte dos componentes curriculares da escola, deve-se, em um curso de Física entender essa ciência de forma ampla, proporcionando ao estudante um maior conhecimento dos conceitos abordados assim como as aplicações e implicações dos mesmos.

Ensinar Física não é nada fácil, pois o ensino dessa disciplina possui características muito peculiares, que abrangem diferentes áreas: a própria Física, que engloba um amplo conhecimento e envolve idéias cada vez mais abstratas sobre o mundo; a Matemática; a Lingüística; a História; a Educação... As diferentes áreas que atuam no ensino em Física surgem com intenção de promover, explorar, interpretar e aprofundar a compreensão ou exposição de fenômenos, permitindo situar fatos e objetos junto aos conceitos que estes incluem.

Mas se ensinar Física é difícil, aprender Física também é!

Freqüentemente o que se apresenta em sala de aula, com relação ao ensino de Física, é uma contínua transmissão e repetição de conteúdos que não envolvem as descobertas e técnicas dessa ciência, nem mesmo desenvolvem capacidades e habilidades nos alunos, tais como: representação, comunicação, investigação, entre outras. O ensino de Física, de maneira geral, é pautado na tradição de apresentar os conhecimentos como coleções de fatos e descrições dos fenômenos.

O aprendizado está limitado à reprodução fiel dos "produtos da Física" e à resolução de alguns exercícios. Aprender Física significa decorar um conjunto de nomes e fórmulas, enunciados, princípios e leis, aplicando-os de modo conveniente aos problemas propostos, obtendo um resultado correto.

A realidade é que os exercícios de resolver-problemas presentes nas escolas, aplicando fórmulas, não servem para familiarizar os alunos com a

metodologia científica, pois são meros exercícios de aplicação do conhecimento de problemas já apresentados pelo professor. Os alunos não aprendem a resolver problemas, mas apenas memorizam soluções apresentadas pelo educador, executando simples exercícios de aplicação que favorecem a memorização.

O processo de memorização e repetição é proveniente da relação ensino-aprendizagem que valoriza um ensino de via única, no qual um professor, utilizando aulas expositivas, apresenta e transmite conteúdos cientificamente corretos e exige dos alunos a aplicação correta dos mesmos. Deste modo, a Física das salas de aulas atuais, é vazia de significados. Os conteúdos estão desarticulados e distanciados do mundo vivido pelos alunos.

Diante desse lastimável quadro em que se apresenta a educação em Física, algumas mudanças vêm sendo desejadas e realizadas por algumas instituições de ensino, públicas e particulares, que pretendem modificar a estrutura tradicional de ensino presente que é acumulativo, uniformizado e essencialmente transmissivo.

A idéia do aluno receptor dos conhecimentos e informações transmitidos por um professor vem sendo gradativamente superada no momento em que começam a surgir e a ser aplicadas outras propostas de ensino que tendem a mudar o conceito de Educação - propostas que partem de transformações em relação aos papéis assumidos pelas escolas, professores e alunos, como está demonstrado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 1999).

Segundo os PCNs (1999:8), as escolas devem assumir como objetivo principal *dar condições para o aluno se integrar à vida comunitária tendo condições de compreender e desenvolver consciência mais plena de suas responsabilidades e direitos, juntamente com o aprendizado de disciplinas.* Deste modo não cabe às escolas fornecer aos alunos conhecimento e preparo ~~para~~ provas, recuperações e vestibulares e sim um preparo mais amplo para a sua vida, afinal nem todos os alunos da escola possuem as mesmas pretensões enquanto estudantes.

Sob o aspecto do que deve ser a educação fornecida em uma escola, tratando-se do ensino de Física, espera-se que este:

... na escola média ou ensino médio, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza e como parte da própria natureza em transformação. Para isso é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humana que inclui a compreensão de equipamentos e procedimentos técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. O conhecimento físico deve ser entendido sobretudo como um meio, um instrumento para a compreensão do mundo, podendo ser prático, mas permitindo ultrapassar o interesse imediato. (PCNs, 1999:12)

O processo de ensino e aprendizagem de Física, de acordo com os PCNs, deve estar fundamentado em competências e habilidades a serem desenvolvidas, independente de um conteúdo específico. Estas competências e habilidades envolvem:

⇒ o desenvolvimento da capacidade de representação e comunicação;

⇒ o desenvolvimento da capacidade de investigação e compreensão, isto é, o desenvolvimento da capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Assim como, desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender;

⇒ o reconhecimento do sentido histórico da ciência como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou rupturas de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade. (PCNs, 1999:61)

A obtenção das competências e habilidades a serem desenvolvidas nos alunos somente se concretiza com a interação entre o sujeito e o conhecimento. Em busca desta interação, junto ao estabelecimento de diálogos construtivos em sala de aula, propomos, neste trabalho, a realização de atividades lúdicas no ensino de Física. As atividades lúdicas são fontes ricas de aprendizado e tornam o estudo da Física agradável, gratificante e ao mesmo tempo desenvolvem as competências e habilidades mencionadas nos PCNs.

Em princípio, o objetivo deste trabalho é examinar como se desenvolve o processo de ensino/aprendizagem com as atividades lúdicas propostas pelo projeto RIPE (Rede de Instrumentação para o Ensino). As atividades selecionadas envolvem o estudo de vetores e grandezas físicas vetoriais, que estão presentes em conteúdos de cinemática (deslocamento, velocidade, aceleração) vistos normalmente no início do 1º ano do Ensino Médio.

As atividades lúdicas, analisadas por nós, foram realizadas por uma turma de 28 alunos, de uma escola estadual do estado de São Paulo, no primeiro semestre de 1999. A introdução dos jogos em sala de aula ocorreu com a preparação de um planejamento escolar diferenciado, no qual a proposta de ensino para os diferentes conteúdos baseava-se em várias estratégias, tais como: pesquisas, atividades lúdicas, seminários, aulas em vídeo etc...

Utilizando a aplicação de alguns questionários, verificamos como ocorre o aprendizado dos vetores e grandezas físicas vetoriais com aulas tradicionais e com as atividades lúdicas do projeto RIPE. Os questionários e os resultados vistos em sala de aula apontam a importância e eficácia da utilização de atividades lúdicas no processo de ensino/aprendizagem dos conceitos Físicos.

O nosso trabalho é apenas um "tijolinho" de uma enorme construção chamada educação.

2. VOCÁBULOS, NÚMEROS E SÍMBOLOS DA FÍSICA

De acordo com a proposta dos PCNs (mencionada anteriormente), nas aulas de Física, se faz necessário desenvolver a capacidade de representação e comunicação dos alunos. Essa necessidade é proveniente da diferença existente entre a linguagem comum e a linguagem utilizada pela Física.

A Física, assim como outras ciências, possui uma linguagem denominada "linguagem científica", que integra em seu vocabulário: palavras, números, símbolos, etc... que descrevem conceitos e leis construídos através dos tempos, por meio de reflexões, imaginações, experimentos...

Conhecer a linguagem científica, ou melhor a linguagem da Física, significa:

- 1 - conhecer terminologias que descrevam o conhecimento científico de forma clara e correta, utilizando diferentes formas de representação para isso;
- 2 - conhecer as diferentes formas de representações utilizadas (tabelas, gráficos, expressões matemáticas, ícones...) para a expressão do saber físico, discriminando e traduzindo as linguagens matemática e discursiva entre si;
- 3 - conhecer os códigos e símbolos físicos, assim como compreender enunciados, sabendo interpretá-los de acordo com o interesse científico e tecnológico.

No momento em que o aluno adquire os domínios necessários sobre as terminologias da Física, interpreta a linguagem matemática que a descreve e entende o significado dos símbolos que a compõem, expressa-se de modo adequado na linguagem da Física, ou melhor, na linguagem científica.

2.1 VOCÁBULOS DA FÍSICA

A compreensão de um texto, seja de Literatura, História, Física, etc, envolve um conhecimento de vocabulário e interpretação adequada das palavras, dentro do contexto e da época em que foram escritos. A interpretação adequada das palavras de um texto faz com que este ganhe modelagens e simulações que variam de acordo com o leitor (SILVA, 1998b).

Conhecendo a diversidade e complexibilidade da Língua Portuguesa, percebe-se o quanto a leitura de um texto é rica e ao mesmo tempo complicada, afinal as palavras possuem um ou vários significados, que dependem do texto em que estão inseridas.

Um texto científico, que faz uso adequado da linguagem científica, é, na medida do possível, uma descrição clara e objetiva da realidade. De acordo com ARRUDA (1993:25), para esta descrição ser possível *é necessário o uso de termos com significados precisos, isto é, na linguagem científica não deve haver lugar para as ambigüidades provenientes do uso de metáforas, alegorias e outras figuras características da linguagem comum e poética.*

Esta idéia é um tanto quanto comprometedora, pois a linguagem utilizada não somente em Física mas em todas as ciências está permeada de construções metafóricas e analogias. Entendemos aqui que a metáfora consiste basicamente:

... "do emprego de uma palavra ou frase em um sentido diferente do que lhe é próprio", por exemplo: O homem é um lobo; A luz é uma onda... (Arruda, 1993:35).

A utilização de metáforas e analogias serve para ajudar a partilhar idéias de um grupo e estabelecer relações e extensões que vão além do significado das palavras. De acordo com Hamburger (1983):

"... não que a palavra seja imperfeita, nem que, em face do visível, ela acuse um "déficit" que se esforçaria em vão por superar. Trata-se de duas coisas (imagem, palavra) irreduzíveis uma a outra: por mais que se tente dizer o que se vê, o que se vê jamais reside no que se diz."

Em ciências há um mundo metafórico criado por campos, radiações, etc... Devido à dificuldade que existe na compreensão de determinados conceitos, o uso de metáforas e associações a outros fenômenos como exemplos semelhantes facilita o entendimento, isto é, as analogias criam imagens semelhantes ao fenômeno, facilitando a sua compreensão. Mas, de acordo com Otero (1997), *todo processo analógico requer componentes importantes que são capacidade de abstração, habilidade própria do pensamento formal, ao mesmo tempo que requer uma tomada de consciência sobre quais são os limites e alcances das analogias apresentadas.*

A utilidade de uma analogia depende da habilidade que a pessoa possui para estabelecer relações e reajustes entre os conceitos. Para que isso ocorra, é necessário centralizar as idéias sobre as estruturas conceituais comuns entre os dois modelos.

Analogias comuns no ensino de Física feitas por alguns professores são: o átomo e o sistema solar; vasos comunicantes e a pilha de Volta; movimento da água em tubulações e corrente elétrica em circuitos elétricos; entre outras.

2.2 A LINGUAGEM MATEMÁTICA DA FÍSICA

A linguagem científica vai além da forma verbal de expressão, isto é, além do uso de palavras. Em seu processo de construção, a ciência desenvolveu uma linguagem própria na qual desenvolveu esquemas de representações, compostos de símbolos e códigos específicos.

Na linguagem científica, em nosso caso mais especificamente na linguagem Física, não estão presentes somente termos verbais que influenciam

a interpretação e a aprendizagem de uma pessoa; temos também presentes nos textos expressões algébricas, ou melhor, relações entre grandezas físicas feitas por meio de uma linguagem matemática.

Em Física, as medições e coletas de dados são descritas por intermédio de tabelas, gráficos e relações matemáticas. Deste modo o *conhecimento em Física é construído com a mediação da matemática, e para fazer com que o estudante se aproprie deste conhecimento, é preciso que ele trabalhe com a linguagem que o constrói e entenda o papel que ela desempenha nessa construção* (Almeida, 1993).

De acordo com Robilotta (1995:1'4), negligenciar o formalismo matemático corresponderia à apresentação aos alunos de uma caricatura pobre da Física, já que esta é estruturada em termos matemáticos e é praticamente impossível saber Física sem dominar esta estrutura.

É verdade que os físicos fazem uso da matemática como uma linguagem, pois ela é capaz de sintetizar e generalizar alguns fenômenos, mas, segundo Menezes (1994), a caracterização da Matemática como uma simples linguagem é errônea, pois:

A Matemática é uma ciência que tem desempenhado um papel muito importante na elaboração da "linguagem" em que se expressam muitas das demais ciências, mas o que lhe dá um caráter distinto das demais é não só esta metodologia ou linguagem mas o seu tema de investigação. Disposições, em suas concepções mais livres, são alguns dos objetos de estudo desta ciência, que os trata num plano de absoluta abstração, associada à livre concepção dos temas, garante à Matemática uma natureza peculiar; limitada pela consistência interna de suas proposições e independente da comparação da natureza ou do criativo concreto, ela cria, recria e investiga sua "própria natureza". Exatamente por esta razão, e por nenhuma outra, é esta a ciência que consegue levar às últimas conseqüências quase todas as suas proposições e que, em certos reparos, pode ser literalmente considerada exata.

É comum e relativamente justificada a consideração da matemática como uma linguagem quando esta se torna necessária à formalização de outras ciências. Estas formalizações geralmente quantitativas, culminam na

construção de modelos matemáticos que pretendem descrever ou reproduzir o mundo natural microscópico ou macroscópico.

Mas um artigo de Física ou um conteúdo específico dessa ciência não se reduz unicamente aos números ou a uma expressão matemática. Por trás de um artigo ou de um conceito próprio de Física, há hipóteses, especulações, experimentações e "intuições Físicas", que permitem desprezar certas quantidades ou fazer aproximações que um matemático, que não esteja plenamente envolvido no processo, tem algumas dificuldades em descobrir.

O modo como os físicos vêem o mundo é muito influenciado pelo modo como compreendem os números; porém, o modo como os físicos o fazem se diferencia muito do modo dos matemáticos. Como afirma Krauss (1995):

"... os físicos vêem os números de forma muito diferente dos matemáticos. Os primeiros utilizam os números para ampliar a sua intuição física, não para superá-la. Os segundos lidam com estruturas idealizadas, não lhes interessando, na verdade, onde, e se, elas podem realmente se manifestar na natureza. Para eles um número tem existência própria. Para um físico, um número normalmente não tem nenhum significado independente."

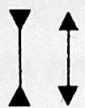
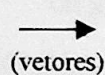
Os físicos abordam o raciocínio numérico de forma que venha a esclarecer por que querem utilizá-lo e o que ganham com esse processo. Se a visão do mundo começa com a compreensão dos números que utilizam para descrever a natureza, ela não pára por aí. Os números são elementos importantes para os Físicos, mas não são os únicos elementos utilizados para a compreensão de toda a natureza; existem também as relações matemáticas que são eficazes para descrever os processos físicos presentes na natureza com maior frequência. Mas uma relação matemática não se transforma em uma "fórmula" para a Física, em um belo dia, assim como a mesma não cai do céu. Ela insere-se na história das relações do físico com o seu objeto. As relações matemáticas são como ferramentas adaptadas aos problemas que os físicos se colocam. Reduzir a Física as expressões matemáticas é empobrecer muito

ambas as ciências; entretanto não podemos descartar a idéia de que a matemática seja assaz essencial.

2.3 SÍMBOLOS DA FÍSICA

Na linguagem científica, os símbolos utilizados na representações de grandezas e elementos são tão importantes quanto a linguagem matemática.

Os símbolos, através de sua imagem, sintetizam e descrevem de forma simplificada elementos e grandezas Físicas. A compreensão de um símbolo Físico está associada à inserção de sua imagem dentro de um texto científico. Como exemplos de representações pictóricas utilizadas em Física temos:



(lentes)



(resistores)



(capacitores)

A seta, símbolo que se vê com grande freqüência nos textos de Física, surge como descrição de grandezas ou elementos de acordo com o tema abordado. A imagem de uma seta, em Física, representa:

- uma grandeza vetorial (força, campo, etc...);
- raios de luz (no estudo da óptica);
- objetos colocados diante de espelhos e lentes.

Nos dois últimos casos, a seta é uma forma simples de ilustrar um elemento, enquanto no primeiro caso o símbolo da seta carrega consigo características úteis para a descrição de grandezas físicas e cálculos matemáticos.

O símbolo de uma seta é denominado cientificamente como um vetor quando permite estudar, analisar e descrever as grandezas físicas denominadas vetoriais.

A utilização da figura de uma seta como uma representação vetorial possui data desconhecida. Períodos e nomes de cientistas, na história da Matemática e da Física, convergem quando se busca a origem do vetor. Nos escritos de antigos autores gregos, encontra-se inclusive algumas idéias de soma de vetores assim como conceitos de paralelogramos de velocidades e forças, comuns nos séculos dezesseis e dezessete.

Estudos feitos por Crowe (1985) mostram que, segundo a história da Matemática, o símbolo do vetor foi introduzido nesta ciência por egípcios e babilônios que, na busca de progressos acerca do campo conceitual dos números, criaram figuras como formas de representação, não somente aos números inteiros positivos mas também aos negativos, às frações, aos números irracionais...

Segundo Crowe, na história da ciência física, os vetores surgiram a partir da busca por entidades e operações matemáticas que representavam aspectos da realidade. A filosofia natural do século dezessete, não satisfeita com a álgebra, buscou junto às heranças da geometria grega, métodos e construções geométricas que mostrassem e descrevessem situações com a mesma beleza com que a álgebra expressava as magnitudes. Desenvolveram-se, então, mudanças importantes - não repentinas, mas confinadas no século dezessete- acerca dos conceitos de posição, velocidade, aceleração, momento, força... utilizando símbolos vetoriais.

Crowe, em sua pesquisa sobre a história das análises vetoriais, menciona uma carta escrita por Leibniz (8 de setembro de 1679) para Chyistian Hyugens, que relata a importância da representação vetorial para a ciência. Nesta carta Leibniz acredita que *uma figura pode representar tudo que depende do sentido de percepção, tal como os movimentos, mesmo que em pensamento e estudar as direções, os sentidos e a magnitude... Uma figura, em sua forma de representar características, possui vantagens sobre a álgebra, mas não é solução de problemas. A solução de problemas ocorre quando a demonstração geométrica de fenômenos (figuras com características próprias), juntamente aos cálculos algébricos completos, determinam resultados.* (Crowe, 1985:3)

Percebe-se então que a função do símbolo do vetor, principalmente para os estudos em Física, é importante não somente pelo fato de descrever fenômenos por sua imagem, mas por possibilitar associações com operações algébricas que resultam em uma melhor interpretação da realidade.

3. OS VETORES E OS CONTEÚDOS DE FÍSICA

Em nosso dia-a-dia temos informações normalmente descritivas sobre a direção e o sentido de um lugar, de uma determinada posição... Estas descrições ocorrem por intermédio de frases e gestos tais como: *siga em frente, vire à direita, depois à esquerda, em frente à loja tal...*

Além das informações obtidas por frases e gestos, observa-se em nosso dia-a-dia placas que também são utilizadas como formas de orientações. Muitas placas e cartazes fazem uso do símbolo da seta para orientar (como algumas das placas de trânsito) e para apontar determinados locais (caixa, balcão, saída ...).

A seta, por ser uma figura simples e capaz de descrever com sua imagem uma direção e um sentido, tem a sua utilidade estendida além do cotidiano. Quando um valor numérico e uma unidade de medida estão associados à imagem da seta, essa se torna um símbolo (vetor) para os físicos, que caracteriza as grandezas físicas denominadas vetoriais.

Uma definição de vetor, encontrada em um Dicionário de Física diz que:

Vetor: "Grandeza caracterizada por um conjunto de três variáveis ordenadas, com o qual se definem operações (soma, produto por um escalar, produto escalar, produto vetorial).

Num espaço euclidiano tridimensional um vetor pode ser associado a um segmento de reta orientado que se caracteriza por módulo, direção e sentido.

É uma forma pictórica de representar o conceito..." (Macedo, 1976)

Em um livro de Física encontra-se como definição para vetor:

Vetor é ente matemático; grandeza física vetorial é vetor com atributos físicos. Para se caracterizar um vetor, é preciso dizer o que ele é e como operar com ele obedecendo a certas regras de operação. (...) Vetor sempre tem direção, sentido, intensidade (módulo) e é representado pelo símbolo da seta. (...) Grandeza Física Vetorial tem intensidade que se mede com uma unidade correspondente a grandeza. (Johnson, 1990:18)

19

O estudo das grandezas físicas vetoriais, nas escolas, inicia-se com a apresentação do *vetor* e descrição de suas características (módulo, direção e sentido). Este estudo é realizado de acordo com as pretensões do professor, ocorrendo em qualquer conteúdo de Física que apresente as grandezas vetorialmente.

De acordo com as necessidades vistas pelo professor, há várias possibilidades de se iniciar o estudo das grandezas vetoriais, como por exemplo nos conteúdos de:

✱ *Cinemática* - analisando movimentos: deslocamento, velocidade e aceleração.

✱ *Dinâmica* - analisando interações entre corpos: forças, campo gravitacional.

✱ *Eletrostática* - analisando interações entre cargas elétricas: força e campo elétrico.

✱ *Eletromagnetismo* - analisando o movimento e a força existente sobre cargas inseridas em um campo magnético.

O modo como o estudo vetorial das grandezas físicas é realizado não depende diretamente do conteúdo e da grandeza. Para qualquer grandeza física estudada de forma vetorial, a representação e as operações matemáticas realizadas (adição e subtração) seguem sempre as mesmas regras, que estão unicamente ligadas às características específicas do vetor (direção e sentido). Deste modo, o estudo dos vetores e das grandezas físicas vetoriais pode ocorrer em qualquer série do Ensino Médio ou mesmo em aulas de Física do Ensino Fundamental. No entanto, para a melhor compreensão do estudo vetorial, principalmente os que abordam vetores com características diferentes, não se deve negligenciar o fato de que os alunos precisam ter alguns conhecimentos, ou mesmo noções, sobre elementos de trigonometria, tais como seno e cosseno de um ângulo.

3.1 VETORES E LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

A maior parte dos livros didáticos de Física que estão em circulação, apresentam um capítulo específico para a definição do conceito de vetor e operações vetoriais. Este capítulo é apresentado após os conceitos da cinemática escalar, antes do estudo dos lançamentos ou antes do estudo de Dinâmica (forças), com exceção do livro Física do GREF*. Alguns autores, embora incluam o capítulo de vetores em suas obras, mencionam a possibilidade do professor dispensar o estudo do capítulo e aconselham o desenvolvimento do ensino de vetores diretamente com o ensino dos conteúdos de Física que seguem no livro. Os autores consideram dispensável o estudo do capítulo de vetores, pois como foi visto anteriormente, a introdução do estudo vetorial tem possibilidades de ocorrer em qualquer conteúdo de Física, de acordo com as pretensões de trabalho do professor com seus alunos.

O capítulo de vetores que está presente nos livros didáticos tem o intuito de "ensinar", por intermédio de exemplos, as operações matemáticas realizadas com os vetores, tais como: adição e subtração vetorial, produto de um escalar por um vetor e decomposição de vetores.

Observando vários livros didáticos de Física, nota-se que a definição de vetor e execução de operações realizadas com os mesmos, não diferenciam muito de autor para autor. Segundo três autores de livros didáticos para o Ensino Médio, tem-se como definição de vetor:

Vetor é a entidade matemática que torna mais simples a realização de operações envolvendo grandezas físicas vetoriais. Se caracteriza por possuir módulo, direção e sentido. Graficamente, é representado por um segmento de reta orientado (Nicolau, 1998:55).

* O projeto Gref possui um compromisso de ensino e uma metodologia diferenciada dos outros livros didáticos pois foge às regras de ensino tradicional trabalhando com os elementos da vida cotidiana, aproximando-se mais da proposta presente nos PCNs.

O vetor é o que representa as grandezas vetoriais. Ele se caracteriza por ter módulo (valor numérico), direção e sentido e é representado graficamente através de um segmento de reta orientado (Anjos, 1999: 54).

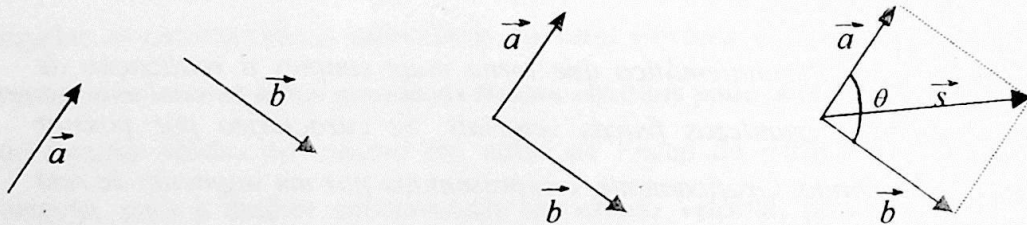
Vetor é o símbolo matemático utilizado para representar o módulo, a direção e o sentido de uma grandeza física vetorial (Bonjorno, 1994:53).

Todas as definições apresentam o vetor de acordo com o significado do símbolo, sua forma de representação e suas características, não diferenciando muito das definições de um dicionário ou de um livro universitário de Física. Não se verifica grandes problemas em relação às definições do que vem a ser um vetor segundo os livros didáticos; o que se vê são problemas relacionados ao modo como apresentada-se aos estudantes a forma de realizar as operações vetoriais.

Uma das formas de se realizar a operação da soma vetorial, muito comum nos livros didáticos, é o método do paralelogramo. De acordo com Nicolau (1998:58) este método consiste em uma seqüência:

A seqüência para a utilização da regra do paralelogramo é a seguinte:

- a) transportamos os vetores \vec{a} e \vec{b} de modo que suas origens coincidam, sem modificar seus módulos, direções e sentidos;
- b) pela extremidade de cada vetor traçamos uma reta paralela ao outro, obtendo um paralelogramo. O vetor soma \vec{s} corresponde à diagonal desse paralelogramo, com origem na origem comum de \vec{a} e \vec{b} .



Nesta regra, sendo θ o ângulo formado entre as direções de a e b , o módulo do vetor soma s é dado por:

$$|s|^2 = a^2 + b^2 \pm 2ab \cos \theta$$

A expressão $|s|^2 = a^2 + b^2 \pm 2ab\cos\theta$, inserida no texto de Nicolau (1998), é muito comum no capítulo destinado aos vetores, em qualquer livro didático de Física. No entanto, sua demonstração e a definição do ângulo θ nunca é vista. Para justificar a ausência das demonstrações desta expressão, alguns autores afirmam que:

- *como existe um ângulo θ entre \vec{a} e \vec{b} , a Matemática é responsável por demonstrar esta expressão (Anjos, 1999:54);*
- *a expressão é decorrente da lei dos cossenos para um triângulo, demonstrada matematicamente (Bonjorno, 1992:36).*

Os autores dos livros didáticos dispensam demonstrações e deduções de qualquer expressão pois julgam ser de responsabilidade do professor de Física, ou mesmo de Matemática, fazê-las aos alunos. Desta forma, o autor cumpre de forma parcial e inadequada a sua intenção inicial ao propor este capítulo, pois como mencionamos anteriormente, o mesmo só existe porque quer "*suprir necessidades relacionadas às operações matemáticas realizadas com vetores*". Para os autores, *suprir* estas *necessidades* significa simplesmente colocar no capítulo mais uma expressão matemática utilizada pela Física e vários exemplos de como resolver problemas aplicando fórmulas. Junto aos exemplos, coloca-se uma extensa lista de exercícios de aplicação do conhecimento, ou melhor, aplicação das fórmulas, as quais resolvem problemas idênticos aos que já foram apresentados pelo livro, garantindo assim o "ensino" e o "aprendizado".

Quando o livro didático omite informações sobre a forma de obtenção, a importância e a necessidade da utilização de uma expressão matemática pela Física, empobrece a ciência e estimula cada vez mais a "*memorização e reprodução fiel dos produtos da Física*". Os estudantes que utilizam o livro didático, não aprendem a resolver problemas mas a memorizar as soluções apresentadas pelo livro.

3.2 OS VETORES E A REPRESENTAÇÃO DOS ALUNOS

Os alunos sempre representam as grandezas físicas vetoriais utilizando a imagem de uma seta?

Para respondermos a esta questão aplicamos um questionário aos alunos da E.E. Plínio Barreto (Zona Leste de São Paulo), no início do ano letivo de 1998, a fim de verificarmos como os alunos representam, com a utilização de ilustrações, as grandezas físicas vetoriais: velocidade e força.

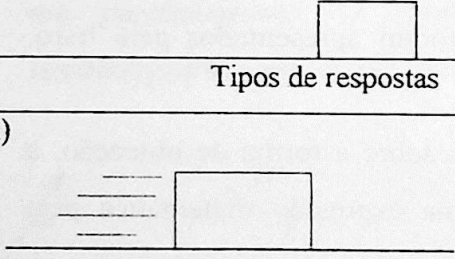
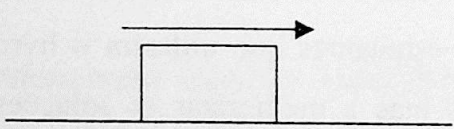
Os questionários foram distribuídos a 40 (quarenta) alunos de uma sala do 1ª ano do Ensino Médio. Não foi mencionado, nem sugerido, aos alunos como deveriam ser feitas as representações, ficando a critério deles o modo de fazê-las.

Dos quarenta questionários aplicados, analisamos as respostas presentes em trinta e dois, pois obtivemos oito questionários totalmente em branco, decorrentes de alunos que não tinham interesse em respondê-lo e assim não o fizeram.

Dos trinta e dois questionários analisados, conseguimos o seguinte levantamento de dados:

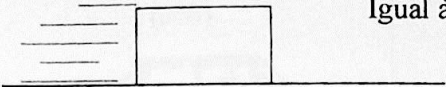
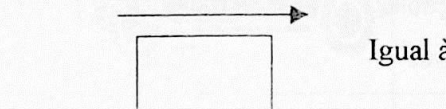
Levantamento de dados do 1º questionário destinado aos alunos do 1º Ano do Ensino Médio (1º semestre de 1998)

1º caso: *Supondo que o bloco* abaixo esteja em movimento sobre uma superfície lisa com uma velocidade de 4 m/s, como você faria a representação desta velocidade?*

Tipos de respostas		Frequência das respostas
A)		8 alunos (25%)
B)		10 alunos (31%)
C)	Não sei	14 alunos (44%)

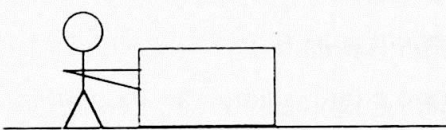
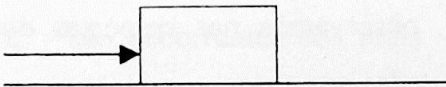
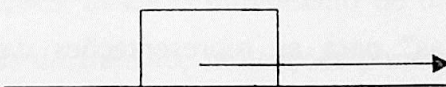
* A não utilização de carrinhos como ilustração da situação foi proposital já que queríamos evitar que os alunos representassem o sentido do movimento de acordo com o sentido que apontaria a frente do carrinho.

2º caso: Se dobrarmos a velocidade do objeto do caso anterior, isto é, passarmos a velocidade para 8 m/s, como será a representação do movimento nesta nova situação ?

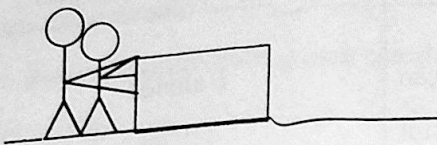
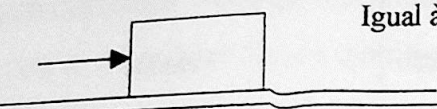
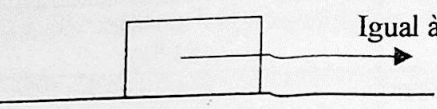
Tipos de respostas	Frequência das respostas
A)  Igual à representação anterior	6 alunos (19%)
B)  Igual à representação anterior	7 alunos (22 %)
C) Não sei	17 alunos (53 %)
D) Existe diferença, porém não lembro como modificar a representação	2 alunos (6%)

3º caso: Como você representaria uma força de 50 N aplicada no bloco abaixo?



Tipos de respostas	Frequência das respostas
A) 	6 alunos (19%)
B) 	15 alunos (47%)
C) 	11 alunos (34%)

4º caso: Se dobrarmos o valor da força aplicada ao bloco, isto é, se a força for 100N, como ficará a sua representação para esta nova situação ?

Tipos de respostas		Freqüência das respostas
A)		2 alunos (6%)
B)	 Igual à representação anterior	15 alunos (47%)
C)	 Igual à representação anterior	10 alunos (31%)
D)	Não sei	5 alunos (16%)

Neste questionário os alunos não resolveram nenhum problema específico, simplesmente apresentaram as diferentes formas que eles utilizam para representar as grandezas físicas vetoriais, normalmente estudadas no 1º ano do Ensino Médio.

A análise que buscamos com este questionário não está ligada ao fato do aluno saber ou não o que vem a ser uma força de 50 N ou 100 N. Uma modificação no valor das intensidades das grandezas é um fator que possibilita observar se os alunos fazem ou não modificações em suas representações a partir da mudança no valor dos módulos, isto é, se para o aluno o tamanho da grandeza interfere na forma da representação.

Utilizamos, nas ilustrações do questionário, superfícies lisas para obtermos somente a representação de uma força que não fosse a de atrito. Embora não tenhamos mencionado a inexistência do atrito, observamos nas respostas dos alunos somente as representações das forças solicitadas nos casos.

Verifica-se, de acordo com as respostas dos alunos, que estes nem sempre utilizam os vetores, ou melhor dizendo, “setas” para as representações das velocidades e forças. Algumas das representações são decorrentes de situações que

aparecem em livros e revistas infantis, como as que estão presentes nos exemplos de ilustrações abaixo:



Figura extraída do livro: Física e Química de Carlos Barros (8ª série)



Ilustração retirada de uma revista TURMA DA MÔNICA (nº 5/1993)

As representações animadas – tipo A - apresentadas pelos alunos, são semelhantes às representações observadas acima e respondem adequadamente àquilo que foi perguntado. Este tipo de resposta é importante pois mostra os elementos que fazem parte do cotidiano dos alunos e que fazem parte dos seus conhecimentos prévios, que não são científicos. Nestas representações a direção horizontal é bem definida em todas as respostas dadas pelos alunos, já que nenhum deles fez representações verticais. Quanto ao sentido das velocidades, os riscos que aparecem atrás do bloquinho indicam para qual lado ele está se movendo, isto é, se os riscos estão à esquerda do bloquinho é porque o movimento dele é para o lado direito. O mesmo pode ser dito quanto à posição dos bonecos desenhados nas situações da representação de forças.

As representações dos alunos que foram feitas pela imagem de setas – tipo B e C - são decorrentes dos mais variados tipos de informações que estão em nosso dia-a-dia. Atualmente encontra-se a figura de uma seta em diversas situações, desde o movimento de um elevador pelos andares de um edifício, às regras de trânsito, indicações para chegar ao balcão... até a posição em que o “mouse” se encontra na tela do computador.

Verificamos, após a análise deste primeiro questionário, junto ao professor daquela sala, que as representações por setas também decorrem de estudos vetoriais feitos durante a 8ª série do Ensino Fundamental. Alguns alunos utilizaram um livro didático¹ nas aulas de Ciências e aprenderam algumas noções vetoriais relacionadas à grandeza **força**. Concluímos que este fato colaborou significativamente para a utilização do símbolo das setas nas respostas dos alunos, principalmente na representação da grandeza **força**.

Observando o livro didático utilizado pelos alunos durante a 8ª série, podemos nos certificar sobre a conclusão acima. Segundo o autor do livro, os vetores, ou melhor as "setas", são as "representações gráficas para as forças"; deste modo os alunos em menor quantidade representaram com setas a velocidade do objeto.

Embora grande parte dos alunos tenham representado em suas respostas as grandezas **velocidade** e **força** com o símbolo dos vetores, no momento em que duplica-se o valor da intensidade das grandezas e pedem-se novas representações, não é observado, nas respostas de muitos dos alunos, o relacionamento entre o tamanho da seta e a sua intensidade. As respostas nas quais as representações são feitas por animações – tipo A – observa-se, nitidamente, que alguns alunos fazem a associação quando desenham dois "bonecos" empurrando o bloquinho.

A dificuldade em representar as grandezas quando os seus valores numéricos são duplicados existe devido ao fato dos alunos não conseguirem relacionar a intensidade das grandezas com a forma de fazer as representações. Consideramos ainda, neste caso, que os alunos não pensam na importância da relação entre os valores numéricos das grandezas e a forma de ilustrá-las, já que em nenhum momento isto é dito de forma clara no questionário.

É interessante notarmos que as representações para a grandeza **velocidade** são feitas sempre por ilustrações que não encostam no objeto, enquanto na representação da grandeza **força** as ilustrações aparecem em contato com o bloquinho, dando a noção de interação.

¹O livro utilizado por estes alunos durante a 8ª série do Ensino Fundamental é da autoria de: Carlos Barros e Wilson Roberto Paulino.

Tendo em vista que, durante o ano letivo de 1998, os alunos aprenderam grandezas vetoriais, principalmente no que se refere à cinemática e à dinâmica, resolvemos então passar um novo questionário ao final do ano letivo para estes mesmos quarenta alunos.

Com este segundo questionário, busca-se verificar como ocorreu o aprendizado das grandezas vetoriais durante o 1º ano do Ensino Médio, no qual os alunos utilizaram o livro didático adotado pelo colégio (Física, Volume Único - Bonjorno e Clinton. Editora FTD) e assistiram a aulas expositivas envolvendo conceitos com grandezas vetoriais.

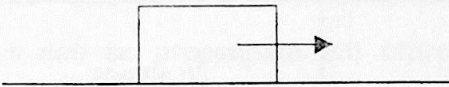
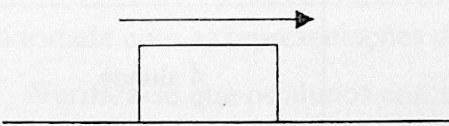
Aplicou-se aos alunos (no término do ano letivo) o mesmo questionário visto anteriormente, com o acréscimo de algumas questões específicas.

Dos 40 (quarenta) questionários aplicados, 05 (cinco) estavam totalmente em branco. Dos 35 (trinta e cinco) questionários analisados, obtivemos o seguinte levantamento de dados:

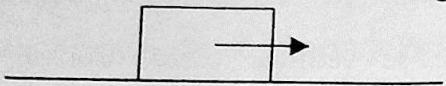
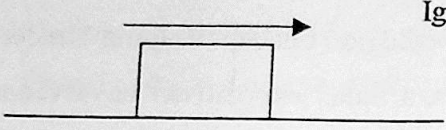
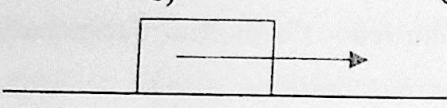
*Levantamento de dados do 2º questionário destinado aos alunos do
1º Ano do Ensino Médio (término do 2º semestre de 1998)*

1º caso: *Supondo que o bloco abaixo esteja em movimento sobre uma superfície lisa com uma velocidade de 4 m/s, como você faria a representação desta velocidade?*

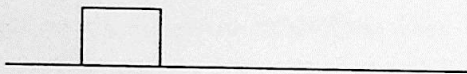


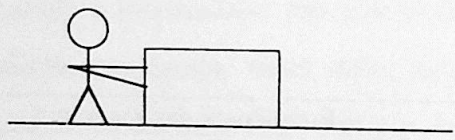
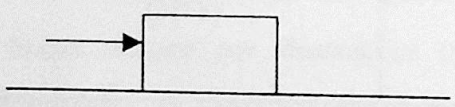
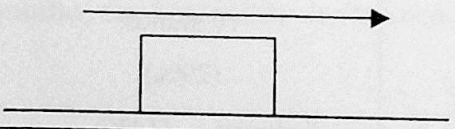
Tipos de respostas		Frequência das respostas	
A)		15 alunos	(43%)
B)		10 alunos	(29%)
C)	Não sei	5 alunos	(14%)
D)	Em branco esta questão	5 alunos	(14%)

2º caso: Se dobrarmos a velocidade do objeto do caso anterior, isto é, a velocidade for de 8 m/s, como será a representação do movimento nesta nova situação ?

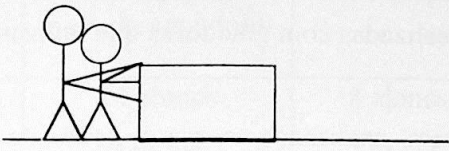
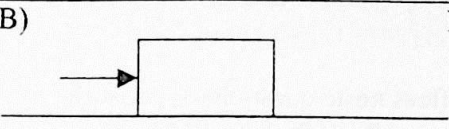
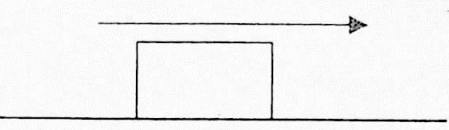
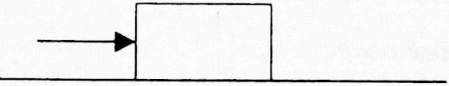
Tipos de respostas		Frequência das respostas
A)	 <p>Igual à representação anterior</p>	10 alunos (29 %)
B)	 <p>Igual à representação anterior</p>	7 alunos (20 %)
C)	 <p>O dobro do tamanho do caso anterior</p>	3 alunos (9%)
D)	Não sei	7 alunos (20 %)
E)	Existe diferença quando se aumenta o tamanho, porém não lembro como modificar a representação. (Não sei como modificar a representação).	3 alunos (9 %)
F)	Em branco esta questão	5 alunos (14 %)

3º caso: Como você representaria uma força de 50 N aplicada no bloco abaixo?



Tipos de respostas		Frequência das respostas
A)		3 alunos (9 %)
B)		26 alunos (74 %)
C)		4 alunos (11 %)
D)	Não sei	2 alunos (6 %)

4º caso: Se dobrarmos o valor da força aplicada ao bloco, isto é se a força for 100N como ficará a sua representação nesta nova situação ?

Tipos de respostas	Frequência das respostas
A) 	1 aluno (3 %)
B)  Igual à representação anterior	20 alunos (58 %)
C)  Igual à representação anterior	3 alunos (9 %)
D)  O dobro do tamanho do caso anterior.	2 alunos (6 %)
E) Existe diferença quando se aumenta a força, porém não lembro como posso modificar a representação.	5 alunos (14 %)
F) Não sei.	4 alunos (11 %)

Nessa segunda análise, percebe-se um maior número de representações vetoriais, isto é, os alunos fazem as representações de maneira mais precisa, buscando respostas de acordo com o conhecimento obtido durante o ano letivo. Ainda percebe-se, neste questionário, a existência de dificuldades em relação à representação de uma grandeza quando é modificada sua intensidade, isto é, os alunos não se preocupam em representar os vetores com módulos diferentes quando as intensidades são maiores (assim como foi verificado no primeiro questionário), embora nesta etapa do ano letivo já tenham adquirido uma maior familiaridade com as representações das grandezas vetoriais.

Verifica-se que os alunos continuam fazendo as representações sempre para a direita; isto ocorre devido ao sentido da escrita e ao fato do bloco desenhado localizar-se à esquerda do papel (utilizamos as mesmas ilustrações do questionário anterior).

Nas questões específicas, presentes neste segundo questionário, busca-se levantar os pontos de maior dificuldade dos alunos em relação aos vetores e às grandezas vetoriais. Espera-se, com estas questões, verificar os conhecimentos dos alunos acerca da definição de um vetor e a identificação das diferenças existentes na forma de representação das grandezas físicas (escalares e vetoriais), assim como os tipos de operações matemáticas realizadas com grandezas que utilizam a representação vetorial.

Dos quarenta questionários a serem analisados, a parte destinada às questões específicas obteve o maior número de questões em branco (08 questionários).

Foram feitas cinco perguntas específicas neste questionário, que são:

1. *O que é um vetor?*
2. *O que é uma grandeza vetorial?*
3. *Qual a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar?*
4. *Assinale com um V os conteúdos que você conhece como vetorial e com E os que você conhece como escalar:*

Deslocamento ()	trabalho ()
Velocidade ()	energia ()
Aceleração ()	potência ()
Força ()	impulso e quantidade de movimento ()

5. *Você sabe fazer operações vetoriais?*

Analisamos as respostas dadas pelos 32 alunos a estas questões, sendo o cálculo da frequência de respostas feito a partir deste número de questionários. Os tipos de respostas foram separados de acordo com as suas semelhanças e igualdades, já que cada aluno respondeu utilizando seus conhecimentos e suas próprias palavras.

Para cada uma das questões, obtivemos os seguintes levantamentos de dados:

1. O que é um vetor?

Tipos de respostas obtidos					
	Tudo aquilo que tem direção, sentido e módulo	é tudo o que tem força	é um segmento de reta, uma seta, que indica direção e sentido de um objeto	Não sei	Em branco
Freq	14 alunos (44 %)	8 alunos (25 %)	8 alunos (25 %)	2 alunos (06 %)	-----

2. O que é uma grandeza vetorial?

Tipos de respostas obtidos				
	São grandezas que precisam ser representadas através de vetores	a grandeza vetorial é velocidade, aceleração e força	Não sei	Em branco
Freq	10 alunos (31 %)	5 alunos (16 %)	11 alunos (34 %)	6 alunos (19 %)

3. Qual a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar?

Tipos de respostas obtidos					
	Grandeza Vetorial: são aquelas caracterizadas através de direção, sentido e módulo. Grandeza Escalar: são aquelas que para conhecermos necessitamos somente do seu valor numérico.	Grandeza Escalar é aquela que tem escala, e a vetorial não, pois é aquela que tem um vetor.	Grandeza escalar é aquela que tem só valor numérico. Grandeza vetorial é a que utiliza setas.	Não sei	Em branco
Freq	6 alunos (19 %)	3 alunos (9 %)	5 alunos (16 %)	8 alunos (25 %)	10 alunos (31 %)

4. Assinale com um V as grandezas que você identifica como vetorial e com E as que você identifica como escalar.

Grandeza física	Vetorial (%)	Escalar (%)	Em branco (%)
Deslocamento	31	44	25

Velocidade	62	25	13
Aceleração	62	25	13
Força	82	12	06
Trabalho	44	31	25
Energia	81	13	06
Potência	57	37	06
Impulso e quantidade de movimento	75	19	06

5. Você sabe fazer operações vetoriais?

	Tipos de respostas obtidos	
	Sim	Não
Frequência	81 %	19 %

Nas respostas dos alunos às questões específicas deste segundo questionário, pode-se perceber que:

- Os alunos consideram o vetor como uma figura (segmento de reta, setas) com características específicas (direção, sentido e módulo). Poucos são os alunos que consideram o vetor uma ilustração somente para a grandeza força.

- Muitos alunos afirmam não conhecerem a diferença entre uma grandeza física escalar e uma grandeza física vetorial. Segundo alguns alunos, uma grandeza vetorial se diferencia de uma grandeza escalar pelo modo de representação, isto é, uma grandeza física vetorial é aquela que necessita de um vetor (uma seta) para descrevê-la, enquanto a grandeza escalar necessita unicamente de um valor numérico.

Na tentativa de explicar o que é uma grandeza vetorial observa-se a utilização de exemplos (velocidade, força) como respostas.

- Embora um número considerável de alunos afirmem não saber a diferença entre uma grandeza escalar e uma grandeza vetorial, observa-se, na 4ª questão,

acertos em relação a quais grandezas mencionadas são grandezas vetoriais e quais são escalares. Estes acertos ocorreram pois, nesta questão, muitos alunos consideram todas as grandezas mencionadas como vetoriais.

- Do modo como as grandezas vetoriais são apresentadas aos alunos, em um curso de Física para o Ensino Médio, com o processo ensino-aprendizagem tradicional, não há relevância à diferença entre as grandezas físicas e sim à aplicação de fórmulas com problemas que as envolvam.

Os resultados até aqui apresentados demonstram a existência de dificuldades na assimilação de conteúdos por parte dos alunos, assim como em relação ao próprio processo de ensino-aprendizagem.

As dificuldades em relação aos conteúdos assimilados pelos alunos que investigamos estão unicamente nos conteúdos relacionados aos vetores e grandezas físicas vetoriais, o que não implica que ocorreram dificuldades em todos os conteúdos estudados pelos alunos.

Embora os educandos tenham estudado vários conceitos relacionados aos vetores durante o ano letivo, observa-se que continuam tendo dificuldades nas representações vetoriais (principalmente quando elas referem-se à intensidade das grandezas, isto é, quando uma grandeza aparece em módulos diferentes) e sobretudo, ao próprio conceito do que seja uma grandeza vetorial.

Assim sendo, é importante a modificação dos resultados aqui apresentados, aproximando os alunos ao melhor entendimento das grandezas físicas, distinguindo aquelas que necessitam de representações vetoriais em determinados momentos, daquelas que não necessitam de outras características além de um valor escalar e uma unidade de medida.

Em busca da modificação dos resultados atuais, propomos a realização de atividades lúdicas no ensino, não como mera motivação escolar, mas com vantagem para o conhecimento.

4. O LÚDICO E A EDUCAÇÃO

O texto de Saladini (2000 a) conta a história da tentativa de Lúdico Alegria dos Santos matricular-se na escola. Assim que a secretária fica sabendo o seu nome, recusa-se a receber a sua matrícula. Sua presença é indesejável, pois é acusado de promover a desordem e a indisciplina tendo em vista o barulho e a bagunça que acontecem quando está presente nas aulas. Buscando explicações para a atitude da escola, Lúdico percebe que o aluno Disciplina Ordem da Silva conseguiu efetuar a sua matrícula, sem maiores obstáculos, visto que este aluno é muito disciplinado, permanece quieto em seu lugar o tempo todo da aula e não faz perguntas... entende tudo! Para a escola, este é o exemplo de aluno inteligente, embora Lúdico tenha argumentado que nem sempre este aluno realmente entende tudo. O silêncio e a obediência podem indicar insegurança e medo. Lúdico ainda tenta argumentar com a secretária sobre a necessidade de uma relação entre professor e aluno que esteja fundamentada no diálogo, na vivência de diferentes práticas corporais e na discussão das diferentes e possíveis maneiras do jogo acontecer na escola. Para o nosso insistente Lúdico, esta seria uma das formas de valorizar a cultura dos alunos. Tudo sem sucesso! A secretária defende-se dizendo que é pura teoria e até ameaça chamar a diretora. Então, já cansado de tentar convencer a escola de suas reais virtudes, Lúdico resolve usar alguns disfarces para entrar na escola, como por exemplo: o Recreio Jogo de Arantes, a Gincana Festa Medeiros e o Passeio Quermesse Pontes, embora ainda assim não consiga manifestar-se por inteiro, visto que até mesmo em atividades extra-escolares, o Lúdico é controlado e até impedido de fazer-se presente. Vigora os padrões de seriedade e comportamentos impostos pelo mundo adulto.

Este texto apresenta, de forma criativa, uma crítica à relação entre o lúdico e a escola. A vivência do lúdico no cotidiano da escola e da sociedade, em geral, é vista como contrária à disciplina e à ordem. Esta última preza pela economia do tempo e a disciplinização dos corpos. Tal exclusão é reafirmada constatando-se que o lúdico, para estar presente na escola, deve fantasiar-se em atividades extra-classe sendo, ainda assim, controlado pela ordem do mundo adulto.

Na escola tradicional, o valor cultural básico é a manutenção da ordem e da disciplina. O lúdico, o prazer e a alegria só poderão, na maioria das vezes, entrar na escola se vierem disfarçados em atividades periféricas já estabelecidas, como recreio, passeios e festas ocasionais.

Mais do que qualquer outros especialistas, professores e pesquisadores do processo ensino-aprendizagem buscam valorizar a Educação que contribui para o desenvolvimento da criança e do adolescente em todos os aspectos, pois almejam sua formação integral, sua autonomia, seu bem-estar no mundo em harmonia com seus semelhantes e com seu meio.

Em vista disso, nos perguntamos: que bem-estar e harmonia serão possíveis quando essa pretendida educação se desenvolve por meio de atividades escolares mais próximas do sofrimento do que do prazer? Por que toda atividade prazerosa, na escola, é sempre vista com desconfiança por pais e educadores? Por que será que para ser valorizada uma atividade escolar tem que ser difícil, inacessível, “dura” e exigir esforço e sofrimento?

É comum as pessoas pensarem que, em se tratando de adquirir conhecimento, isto só pode ser feito por meio escolar, fazendo tarefas, lições sobre conteúdos “científicos”, que vêm programados por especialistas em livros didáticos e apostilas. Parece que quanto mais distante do mundo infanto-juvenil, mais os pais, professores e as próprias crianças o valorizam!

Porem, será que isto corresponde a verdade?

Em geral, nem as crianças nem seus pais atribuem importância às aprendizagens que possam vir de atividades lúdicas ou que envolvam algum prazer. Alias, parece ser o contrário: quando as pessoas se deparam com este tipo de atividade, em que as crianças estão envolvidas e interessadas, pensam logo: “Ah! Estão apenas se divertindo!” e as próprias crianças dizem: “Ah! Estamos so brincando!”

Entretanto, pelo que sabemos do processo de construção do conhecimento, as crianças aprendem muitas coisas essenciais para a sua vida posterior como adultas, por si mesmas, espontaneamente e por meio de brincadeiras e jogos.

Quando, por exemplo, dos 2 aos 6 anos, nos jogos de “faz-de-conta”, brincam de filhinho, mamãe, papai, médico, enfermeira, professores, motorista,

piloto de avião, jogador de futebol, artista de TV, etc., estão exercitando papéis sociais relativos ao meio em que vivem, buscando conhecer as suas características essenciais. Essa aprendizagem é fundamental para a compreensão desse mundo social, tanto para a formação de sua personalidade quanto para a sua vida adulta posterior.

É brincando com o colega que uma criança aprende que para chegar a vencer o jogo será necessário coordenar sua própria atividade com a atividade de seu oponente, de maneira a evitar que este o vença. Essa coordenação de pontos de vista é essencial para o desenvolvimento social, já que a obriga a descentralizar seu pensamento, o que, por sua vez, a ajuda na superação do egocentrismo, levando-a a cooperar.

É dessa maneira que a criança vai aprendendo coisas e adquirindo condutas essenciais ao seu desenvolvimento pessoal, caminhando cada vez mais em direção à autonomia e cooperação.

É preciso compreender que as crianças aprendem quando têm prazer em fazer as coisas, o que não quer dizer que as realizem facilmente. Só que, quando se interessam e podem escolher a atividade que querem realizar, principalmente se esta for uma brincadeira ou um jogo, ela se torna gostosa e, mesmo que tenha que fazer muito esforço para executá-la, fazem-na com satisfação!

Dentro de um referencial construtivista, o jogo e a brincadeira são processos que fazem parte do mundo da criança, fluindo para outras atividades cognitivas de sua vida diária.

Nicolau (1988:78) deixa muito claro a importância do jogo e do ato de brincar na construção do conhecimento e diz que:

"... brincar não constitui perda de tempo, nem é simplesmente uma forma de preencher o tempo (...). O brinquedo possibilita o desenvolvimento integral da criança, já que ela se envolve afetivamente e opera mentalmente; tudo isso de uma maneira envolvente em que a criança imagina, constrói conhecimento e cria alternativas para resolver os imprevistos que surgem no ato de brincar. O brinquedo facilita a compreensão da realidade e é muito mais um processo do que um produto (...). É ao mesmo tempo a atividade e a experiência envolvendo a

participação do indivíduo (...) . (...) é um meio natural que possibilita à criança explorar o mundo (...), elaborando regras, construindo conceitos, selecionando idéias, estabelecendo relações lógicas e integrando percepções... ''

Para Kamii (1994) os jogos são excelentes meios para o desenvolvimento porque permitem a experiência física e a experiência lógica, promovendo uma educação para a construção do conhecimento, do pensamento lógico e da criticidade.

Assim sendo, uma atividade lúdica, que pode ser um jogo ou uma brincadeira, assume papel importante na construção do conhecimento pois através dela é possível compreender e trabalhar melhor com o mundo que nos cerca - portanto, é indesejável tê-la somente como atividade extra-escolar. Mas fazer com que as brincadeiras e os jogos tenham um lugar nas instituições educativas e sejam utilizados sob um ponto de vista pedagógico, é uma tarefa que requer certos estudos, preparos e cuidados tanto do educador como da instituição em si.

Nas escolas, as atividades lúdicas assumem seu verdadeiro significado educativo somente quando definida como um trabalho-jogo, pois desta forma possui o enfoque de trabalho *no sentido de busca, esforço, seriedade, produção-satisfação e jogo no sentido de liberdade para brincar e criar estratégias que satisfazem suas necessidades de modo alegre e com prazer* (Jacquim, 1963). Isto quer dizer que não se deve encarar uma atividade lúdica como um jogo supérfluo de esparecimento mas também não se pode designar a ela um caráter único de trabalho adulto sem ludicidade; deve-se dar uma dosagem certa para o jogo e transformá-lo em uma atividade de trabalho realizado com prazer.

Segundo Kishimoto (1996), os atuais significados do jogo na educação possuem duas funções que divergem:

1. *Função lúdica - o jogo propicia a diversão, o prazer e até o desprazer quando escolhido voluntariamente, e*
2. *Função educativa - o jogo ensina qualquer coisa que complete o indivíduo em seu saber, seus conhecimentos e sua apreensão do mundo.*

A utilização de um jogo educativo em uma instituição exige um equilíbrio entre estas duas funções, pois se perder a sua função lúdica em detrimento da aprendizagem, deixa então de ser um jogo para se tornar uma ferramenta de trabalho do educador, um material didático. Se agir em direção à pura atividade lúdica, deixa de ser um recurso de aprendizagem e passa a ser pura diversão. Para evitar este desequilíbrio é necessário que alguns princípios de ensino sejam aplicados aos jogos.

Três princípios de ensino que se aplicam a todos os jogos e brincadeiras podem ser extraídos da teoria de Piaget (1972):

1. *Com relação aos adultos*, gostaríamos que as crianças desenvolvessem sua autonomia através de relações seguras nas quais o poder do adulto é reduzido ao máximo possível.
2. *Com relação aos colegas*, gostaríamos que as crianças desenvolvessem a sua habilidade de descentrar e coordenar diferentes pontos de vista.
3. *Com relação à aprendizagem*, gostaríamos que as crianças fossem alertas, curiosas, críticas e confiantes na sua própria capacidade de pensar e de dizer honestamente o que pensam. Também gostaríamos que elas tivessem iniciativa, levantassem idéias, problemas e perguntas interessantes e relacionassem umas com as outras.

Estes três princípios fazem referência ao ensino das crianças, mas nada impede que sejam aplicados ao ensino de adolescentes e adultos. Nestes princípios estão presentes um novo desenvolvimento de trabalho pelo educador que é a atividade de orientação, lançamento de desafios...

Dois outros princípios estão muito relacionados à utilização dos jogos e das brincadeiras, pois proporcionam e criam ambientes que possibilitam maior socialização além de instigar as capacidades mentais.

A existência de um certo modismo, com relação à utilização dos jogos e brinquedos no âmbito educacional, não é ignorada por nós, principalmente por

estes estarem sendo vistos como uma estratégia ou um recurso que busca uma melhoria na qualidade do ensino. O modo como é introduzida esta visão dentro da instituição escolar é que vai determinar os aspectos positivos e negativos desta ação pedagógica.

4.1 O PAPEL DO EDUCADOR EM UMA ATIVIDADE LÚDICA

A observação da realidade escolar mostra que a apreensão do referencial teórico, pelo educador, desvinculada da realidade social do educando, não é suficiente para que venha a ocorrer a integração do conhecimento que este já possui ao entrar na escola com o conhecimento científico, que constitui o patrimônio da humanidade.

Partir do conhecimento do aluno significa respeitá-lo, enquanto indivíduo que está inserido em determinado contexto social. Essa compreensão da realidade do aluno permite, ao educador, trabalhar com o conhecimento científico de forma não alienada.

E para que esse conhecimento não seja alienado torna-se necessário reconstruí-lo, dentro de uma perspectiva crítica, partindo da realidade e do foco de interesse do aprendiz. Ao contextualizar o conhecimento científico pressupõe-se que o educador deva integrá-lo à realidade social do educando, por intermédio de atividades lúdicas e concretas, propiciando um ambiente pedagógico no qual ele possa vir a manipular objetos e idéias.

A organização de um ambiente pedagógico, no qual existam as oportunidades para que o aluno venha a manipular idéias; construir hipóteses; confrontar diferentes perspectivas sobre um mesmo assunto, por meio de atividades significativas e contextualizadas, implica, na ação do professor enquanto elemento que está atuando diretamente com o processo de construção do conhecimento coordenado e que está desequilibrando o processo ensino-aprendizagem. Em princípio, considera-se que ao educador não cabe mais a

função de um mero transmissor de conhecimentos, já que este agora possui outros elementos de trabalho e uma outra ação pedagógica. Ele, no desenvolver de uma atividade lúdica, é um orientador que deve estar atento, acompanhando as atividades desenvolvidas pelos alunos, auxiliando-os durante o desenrolar das mesmas e encaminhando-os de modo coerente às finalidades que deseja.

As atividades lúdicas podem ser pensadas em um espaço chamado experimentoteca ou oficinas - ludotecas -, as quais, quando criadas por educadores, podem inclusive ter auxílio dos próprios alunos.

Ramos (1990), em seu trabalho, define a experimentoteca como uma biblioteca de instrumentos didáticos-pedagógicos, enquanto uma oficina corresponde a um espaço didático onde existem instrumentos que permitam ao sujeito realizar diversas construções. A oficina é, portanto, um espaço de apoio à experimentoteca ou, dependendo da concepção, pode estar contida na mesma. De qualquer forma, independente do espaço geográfico, ela deve ser acessível às crianças e às pessoas que desejem fazer diferentes montagens.

A criação da experimentoteca ou da oficina auxilia o educador que não possui um laboratório em sua escola, mas que queira aproximar os alunos do conhecimento científico através da ação, do manuseio e da familiarização. Afinal *conhecer um objeto é agir sobre ele e transformá-lo, aprendendo os mecanismos dessa transformação vinculados com as ações transformadoras. Conhecer é, assimilar o real às estruturas de transformações; e são as estruturas elaboradas pela inteligência, enquanto prolongamento direto da ação.* (Piaget, 1972). *Não se conhece, realmente, um objeto senão agindo sobre ele ou transformando-o (assim como o organismo não reage ao meio senão assimilando-o, no sentido amplo do termo).* (Piaget, 1973)

Os jogos, os brinquedos e a criação de objetos por alunos, com o auxílio do educador, levam ao conhecimento a partir de uma totalidade de sensações que desenvolvem a percepção e a compreensão sobre um determinado fato. No entanto, essa percepção não deve ser confundida com o conhecimento definitivo, o conhecimento aprendido pelo sujeito. O conhecimento vai além da percepção, devido à reelaboração interna realizada.

De acordo com Kishimoto (1994), a sensação e a percepção estão agindo nos estágios elementares de formação dos conhecimentos, mas jamais agem sozinhas; e o que se lhes acrescenta é, pelo menos, tanto importante quanto elas, em tal elaboração.

Em um jogo ou em uma brincadeira o aluno é levado a certas percepções, desafios, indagações e questionamentos a respeito da própria realidade. Porém, a brincadeira realizada dentro da instituição escolar não é a mesma que acontece fora desta, pois é constituída de certas pretensões e de certos padrões e limites diferentes, nos quais o sujeito é provocado no sentido da aprendizagem.

O jogo e a brincadeira dentro da escola se diferenciam destas atividades fora dela a começar pelo objetivo que este assume, pela determinação do tempo estipulado a sua realização e pelas regras impostas pelo educador ou pelo grupo.

Em uma atividade lúdica assumida na escola, o educador não é o espectador das atividades dos alunos, mas também não interfere na opinião e no trabalho deles a ponto de causar constrangimento. Em uma instituição escolar que utiliza os jogos e brinquedos na educação, *os "papéis" do professor e aluno não são necessariamente de "quem sabe" e "quem não sabe", mas de "quem organiza" e de "quem participa"* (Ramos, 1990).

O grande desafio do educador está ligado ao fato do aluno estar sempre modificando a sua maneira de brincar e jogar. Assim sendo, por mais que o educador prepare uma aula ou planeje um certo trabalho com um jogo ou uma brincadeira, os seus resultados acabam sempre por ser imprevisíveis.

Os jogos ou as brincadeiras são fontes naturais de atração. Neles existe um desafio para cada idade, para cada nível de conhecimento cognitivo. Igualmente, existe um tipo de atividade lúdica para cada idade, ou melhor, para cada sujeito (Ramos, 1990). No entanto, cabe ao educador adaptá-los e utilizá-los como meio de educação sem fazer com que estes percam seu caráter lúdico. Se o educador dispõe de uma experimentoteca para desenvolver o seu trabalho, este deve sugerir, sempre que for do seu interesse, um jogo, uma brincadeira ou uma construção que possuam um caráter mais pedagógico e se aproximem mais de um raciocínio lógico e estruturado, voltado a um certo "conteúdo" que ele pretenda desenvolver. Isto não é uma atividade fácil e muito menos simplista, pois se o professor não

souber estimular os alunos, incentivá-los e levá-los a solucionar alguns problemas, o seu trabalho não possuirá nenhum significado importante e conseqüentemente não estará promovendo nenhum desenvolvimento de novas estruturas cognitivas. Não tratamos aqui a utilização dos jogos e brinquedos como atrativos ao ensino e sim como ações pedagógicas que permitam acesso ao conhecimento. Não tratamos aqui de “brincar de ensinar” e nem “ensinar a brincar”, A nossa intenção vai muito mais além, pois não buscamos somente os atrativos e sim a construção de um conhecimento que tenha a participação atuante do aluno.

Com brincadeiras, jogos e construções provoca-se o sentido da aprendizagem. Os subsídios deste processo partem da própria ação do aluno e de um acompanhamento questionador de um educador.

Mais do que a aprendizagem de um certo conteúdo, o professor deve estar consciente de que o conhecimento do aluno é uma construção permanente dele, tal como analisado por Piaget e é sobre esta construção que ele deverá trabalhar.

É importante que o educador adapte os jogos e as brincadeiras dos alunos e, quando possível, modifique-os de maneira a introduzir alguns novos significados, a ponto de familiarizá-los com alguns novos desafios que tragam conceitos mais específicos ou referentes a algum conteúdo disciplinar que este queira trabalhar. Porém, não podemos nos esquecer que os alunos deverão ver um significado naquilo que está sendo proposto ou mostrado, pois se isto não ocorrer, não haverá interação com o mesmo.

4.2 O LÚDICO E A FÍSICA NA ESCOLA

A busca de renovação, inovação e mudança no setor educacional é uma constante; em vista disso, novas exigências são feitas à educação. Sabe-se que a grande maioria das instituições educacionais é pautada numa prática que considera a idéia do conhecimento-repetição. O ensino de Física não foge a isso, já que é incapaz de promover uma socialização de conhecimentos, um compartilhamento de informações e é fechado dentro de um molde passivo. Nas escolas, o ensino de

Física está longe de propiciar uma criação e reflexão inteligentes para a solução de determinadas situações-problemas que apresentam um desafio científico - afinal o desafio científico (quase) nunca está presente.

Para contrapor a pedagogia da repetição surgem as atividades lúdicas como estratégia mediadora da prática pedagógica por seu uso permitir a construção do conhecimento de forma alegre e prazerosa.

Almeida (1998) afirma que a educação lúdica integra uma teoria profunda e uma prática atuante. Seus objetivos, além de explicar as relações múltiplas do ser humano em seu contexto histórico, social, cultural, psicológico, enfatizam a libertação das relações pessoais passivas, técnicas para as relações reflexivas, criadoras, inteligentes, socializadoras, fazendo do ato de educar um compromisso consciente intencional, de esforço, sem perder o caráter de prazer, de satisfação individual e modificador da sociedade.

Se a educação lúdica é capaz de proporcionar modificações no ensino atual, pode-se, então aplicá-la à Física presente nas escolas, rompendo com a passividade, repetição e o tradicionalismo em que a mesma se encontra.

No ensino de Física, a importância dos jogos e brinquedos está nas possibilidades de aproximar os alunos do conhecimento científico, levando-os a vivenciar situações e soluções de problemas que os aproximem daquelas que realmente o homem enfrentou. O ensino de Física realizado com ludicidade envolve desafios, isto é, problemas em que o sujeito é instigado a pesquisar e propor soluções que acabam por provocar a aprendizagem. Logo, a escolha do material que será utilizado é muito importante, pois nela devem estar embutidas uma proposta da utilização destes materiais, assim como a clientela ao qual eles irão atender e os objetivos definidos do que se pretende alcançar.

Não basta comprar ou criar vários jogos e brinquedos, é necessário verificar para quais objetivos estão sendo designados e o quanto estes são capazes de proporcionar o aprendizado de determinados conteúdos sem perder as suas características específicas.

Quando se trata do ensino de Física, é possível selecionar um determinado número de atividades para realizar com os alunos de forma mais prazerosa, fazendo uso das atividades lúdicas. Entretanto, ainda não é comum ouvirmos falar

em uma educação lúdica praticada com alunos de Ensino Médio, principalmente no que se refere ao ensino de Física.

Desta forma, nosso trabalho pretende demonstrar como é possível integrar a Física e o lúdico na escola, através da proposta apresentada pelo projeto RIPE (Rede de Instrumentação para o Ensino).

A proposta lúdica, apresentada pelo projeto RIPE, somente se realiza com a intenção e vontade do professor e dos alunos. O momento certo para a introdução das atividades será determinado a partir do planejamento dos conteúdos e estratégias, seguindo uma seqüência previamente estabelecida e programada.

4.3 PROJETO RIPE: UMA PROPOSTA LÚDICA NO ENSINO DE FÍSICA

Hoje alguns jogos e brincadeiras estão sendo desenvolvidos para se ensinar Física no Ensino Médio. Nesta etapa de nosso trabalho, pretendemos verificar como se dá o aprendizado de um determinado conceito físico quando o mesmo é realizado através de brincadeiras e jogos e o quanto este aprendizado é prazeroso e eficaz quando comparado ao ensino tradicional. Para isto utilizamos a atividade "Brincando com Vetores" do projeto **RIPE - Rede de Instrumentação para o Ensino de Física** - com alunos do 1º ano do ensino Médio.

O que é o Projeto **RIPE**?

O Projeto **RIPE - Rede de Instrumentação para o Ensino** é um projeto que congrega várias Universidades do Brasil (Universidade Estadual de Londrina e Maringá, UNESP de Marília e Guaratinguetá, Universidade Federal da Paraíba e Escola Técnica Federal de Goiânia). O projeto, financiado pela CAPES, tem polo central no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) - Projeto Experimentoteca/Ludoteca - e desenvolve pesquisas sobre a produção de materiais

e atividades experimentais para o ensino de Física com alunos do 1º, 2º, 3º ano do Ensino Médio.

As finalidades do projeto RIPE são:

- dar subsídios aos professores de ciências, em particular de Física, principalmente com relação as atividades experimentais.
- desenvolver atividades lúdicas com alunos e professores de modo dinâmico, experimental e prazeroso, favorecendo aqueles que não possuem um laboratório específico de Física, o que normalmente exige a aquisição de materiais que são de alto custo monetário. Todo material utilizado nos experimentos presentes no projeto RIPE, é de fácil aquisição, baixo custo e pode ser encontrado em casa ou até mesmo na própria escola.

O desenvolvimento das atividades incluem a descrição do material, montagem e procedimentos experimentais. Ao montar os experimentos e realizar as análises sobre os mesmos, os alunos são incentivados a envolverem-se com os conceitos científicos no sentido da construção de um conhecimento efetivo.

Do projeto RIPE selecionamos três atividades, que são:

- 1- Brincando com vetores I (corrida vetorial).
- 2- Brincando com vetores II (lançamento de objetos).
- 3- Brincando com vetores III (movimento circular uniforme).

Escolhemos as atividades “Brincando com Vetores I, II e III”, pois todo o nosso trabalho está baseado no ensino das grandezas físicas vetoriais. São nossos objetivos ao aplicar esta atividade:

- ♣ Treinar o estudante em soma de vetores, bem como mostrar o movimento de um objeto sujeito a um campo uniforme (gravitacional por exemplo).
- ♣ Dar uma interpretação para o estudo de lançamento de objetos.
- ♣ Introduzir o movimento circular uniforme.
- ♣ Apresentar a velocidade e a aceleração do MCU, sob uma forma vetorial.

- ♣ Discutir a dependência entre velocidade de um móvel em MCU e o raio da trajetória.
- ♣ Discutir a direção do vetor aceleração como um processo de limite da aceleração média.

Estes objetivos foram propostos à uma sala de aula com 28 alunos do 1º ano do Ensino Médio, da E.E. Plínio Barreto (São Paulo/SP), durante o 2º bimestre do ano letivo de 1999.

Entretanto, queremos deixar claro que, o curso dado a estes alunos do 1º ano do Ensino Médio é diferenciado de um ensino tradicional e o planejamento realizado para esta série não está totalmente baseado na utilização do Projeto RIPE. O planejamento das aulas foi programado por bimestres e envolvia pesquisas, resoluções de problemas abertos, atividades lúdicas, experimentos em laboratório com os materiais da empresa Phybe, etc. O planejamento bimestral, realizado pelo professor, continha objetivos essenciais (como os descritos pelo PCNs) e objetivos específicos, tais como: levantamento de conceitos prévios, desenvolvimento do conteúdo, aplicação do conhecimento, generalizações...

Durante o primeiro bimestre as atividades realizadas com os alunos estavam baseadas nos princípios de cinemática. Partindo da análise do movimento de um tatu-bola (tatuzinho de jardim) determinou-se conceitos de velocidade, aceleração, movimento progressivo, entre outros...

Ao término da atividade do tatu e das discussões sobre os conceitos físicos presentes no estudo dos movimentos deu-se início à utilização da atividade "Brincando com Vetores".

A atividade "Brincando com Vetores" possui duas etapas distintas, porém seqüenciais. Na primeira etapa - Brincando com Vetores I, os alunos irão participar de um jogo denominado "corrida vetorial". Este jogo pode muito bem representar uma corrida de verdade já que muitos dos conceitos envolvidos em uma corrida comum deverão ser notados nele, tais como: deslocamento, velocidade e aceleração. A partir da definição destes conceitos será possível dar continuidade à atividade.

Em uma segunda etapa – Brincando com Vetores II, é feito um aprofundamento destes conceitos, porém, agora o estudo é feito sobre lançamentos na vertical, horizontal e obliquamente além dos movimentos circulares.

De início todas as atividades são trabalhadas ludicamente. Após os alunos participarem do jogo é que serão levantados, por meio de discussões e comentários, os conceitos propriamente ditos. Em cada uma das atividades, os alunos trabalham em grupos de quatro componentes ou duplas - dependendo da atividade. O professor fica encarregado de auxiliá-los a estabelecerem as regras para os jogos, além de se responsabilizar, no decorrer da atividade, por estimulá-los a participarem das atividades e por realizar sínteses dos comentários e conclusões dos grupos e da sala, orientando-os para a formação do conceito mais correto.

4.4 OS JOGOS DO PROJETO RIPE E SUAS REGRAS

O aprendizado com as atividades do projeto RIPE ocorre a partir do instante em que os alunos se envolvem com o jogo e suas regras. As regras contêm determinados conhecimentos que serão obrigatórios ao jogador dominar para que ele possa atuar com diferentes alternativas e estratégias.

Nas regras dos jogos, surgem as discussões sobre os conteúdos físicos de interesse tanto ao professor quanto ao aluno. As limitações e possibilidades existentes em cada uma das regras são fatores predominantes para a sua existência; no entanto o que surpreende e torna os jogos do projeto RIPE atrativos é o fato de algumas destas regras serem criadas pelo próprio jogador.

A oportunidade de criar regras para o jogo, como o que ocorre na 1ª atividade (Brincando com Vetores I), foge aos jogos tradicionais com os quais os alunos estão acostumados. Ao criar as regras do jogo, o aluno se sente estimulado a envolver-se com a atividade, operando diretamente com o conhecimento que ele já tem e o que é pretendido alcançar.

Nas atividades "Brincando com Vetores II e III", os alunos não mais serão responsáveis pela criação das regras do jogo, pois estas atividades são mais restritas ao desenvolvimento do conteúdo. As regras passam a ser normas do jogo assim como relações entre conceitos físicos a serem desenvolvidos. Nestas regras, agora (im)postas pelo jogo, surge a oportunidade de discutir: o material, a atividade, a existência das regras restritas, a realidade física que as regras do jogo descrevem, suas falhas, limitações e pontos positivos enquanto um modelo para a realidade.

Os diálogos estabelecidos sobre o jogo e as suas regras mostram os limites existentes entre o modelo da atividade e a realidade, além de desencadear o processo de ensino e aprendizagem que se pretende obter. O ato simplista de jogar não é um processo de ensino assim como não propõem o aprendizado de nenhum conceito. É nos diálogos entre os alunos sobre as regras criadas ou propostas, nas conversas existentes a cada jogada e na intervenção mediadora do professor que se obtém o processo de ensino e a aprendizagem dos conteúdos físicos pretendidos.

5. BRINCANDO COM VETORES I

As descrições que seguem foram extraídas do próprio projeto RIPE*. Apresentamos, além da descrição dos jogos (objetivos, materiais e procedimentos), o modo como eles se realizaram em sala de aula, a participação e envolvimento dos alunos, os questionamentos do professor e os resultados obtidos com o término da atividade.

No entanto, algumas modificações e novas considerações foram acrescentadas com o intuito de explicitarmos as diferentes implicações dos jogos, enriquecendo ainda mais a proposta e aprofundando os conceitos envolvidos nas atividades.

CORRIDA DE VETORES

1. Objetivo:

Esta atividade tem como objetivos: introduzir o conceito de vetor como forma de representação das grandezas físicas vetoriais; desenvolver noções sobre operações vetoriais; discutir conceitos físicos relacionados aos movimentos (deslocamento, velocidade e aceleração).

2. Material:

- Folhas de papel quadriculado
- Canetas hidrocolor.
- Régua

3. Procedimento:

a) A corrida de carros

* A descrição das atividades extraídas do projeto RIPE aparecem em destaque (negrito)

Esta atividade simula o comportamento de um carro de corrida andando numa pista. O movimento deste carro segue regras restritas ao jogo e ao material, além de regras elaboradas e estabelecidas pelos jogadores.

O carro parte de um determinado ponto da pista com um certo "deslocamento inicial" (dependendo das considerações feitas posteriormente, considera-se que o carro partiu com uma certa "velocidade inicial") que pode ser nulo ou admitir qualquer valor de interesse do jogador. As modificações neste deslocamento seguem as regras (im)postas pelo jogo.

Em uma folha de papel quadriculado desenha-se uma pista, como mostra a figura.

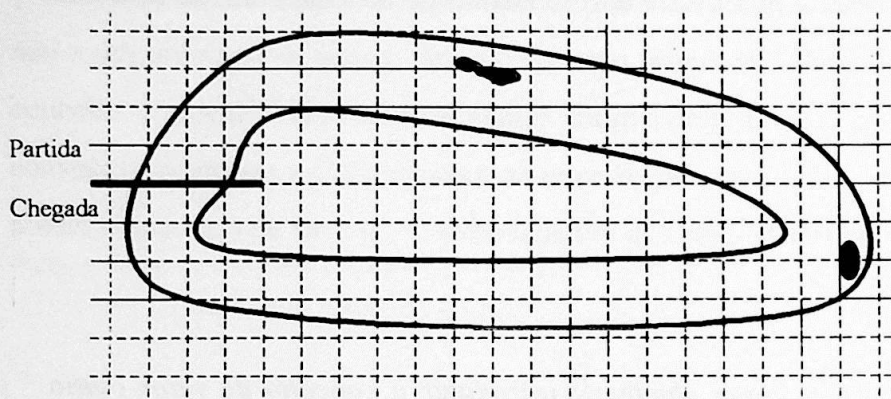


Fig. 1

Uma linha que é, ao mesmo tempo, a partida e a chegada deve ser colocada na pista, assim como o desenho de alguns obstáculos.

O jogo pode ter vários participantes. O objetivo é conseguir dar a volta rapidamente.

O JOGO CONSISTE EM:

A1) deslocamento inicial ou velocidade inicial

Cada jogador desenha um traço como na figura 2, unindo dois pontos do papel quadriculado.

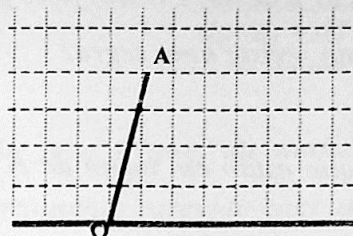


Fig. 2

O tamanho do traço inicial é escolhido pelo jogador. Neste exemplo (figura 2), o jogador andou 1 quadradinho para a direita e 4 quadradinhos para cima. Ele está agora no ponto A. Saiu da origem O e foi para A.

O tamanho do primeiro traço pode representar o deslocamento ou a velocidade inicial do carro, dependendo das considerações feitas. Posteriormente, alguns cuidados com o jogo devem ser realizados, principalmente quando as análises assumirem que o vetor é representante das duas grandezas simultaneamente.

A descrição deste jogo segue com a consideração dos vetores presentes como representantes da grandeza física **deslocamento**.

A2) Mudando o deslocamento

No movimento seguinte o jogador pode conservar o seu deslocamento. Nesse caso, ele andará, novamente um quadradinho para a direita e 4 para cima, repetindo o seu primeiro deslocamento a partir do ponto A.

Ele vai agora do ponto A para o ponto B, como mostra a figura 3.

Note que os dois deslocamentos são indicados pelo mesmo vetor d_1 . (Ver figura 3)

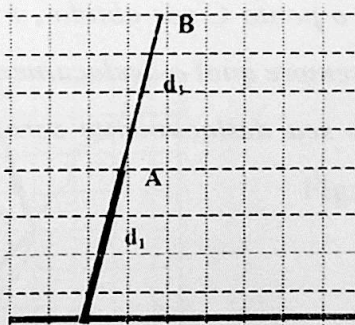


Fig. 3

*Mas poderá também modificar o deslocamento feito pelo carro (acelerar).
Para a modificação do deslocamento existe uma regra:*

- ele deve ir para um dos pontos que estão em torno de B. Os pontos possíveis estão indicados na figura 4.

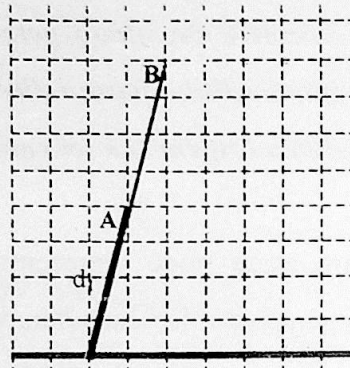


Fig. 4

*Vamos supor que o jogador tenha escolhido um ponto C (ver figura 5).
Isso significa que ele tinha o objetivo de ir um pouco mais para a direita.*

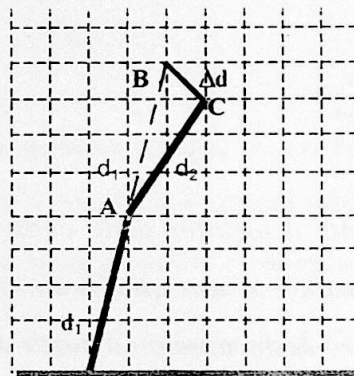


Fig. 5

*Note que, para o ponto C ser obtido, é necessário saber onde está o B.
Isto é, devemos saber sempre qual o deslocamento anterior.*

De A para C o seu deslocamento será d_2 . Este deslocamento pode ser escrito como:

$$d_2 = d_1 + \Delta d$$

O interessante do jogo é que, da maneira com que é concebido, os "carros" têm um comportamento parecido com um carro na pista.

Na figura 6 estão representados alguns lances de uma corrida hipotética.

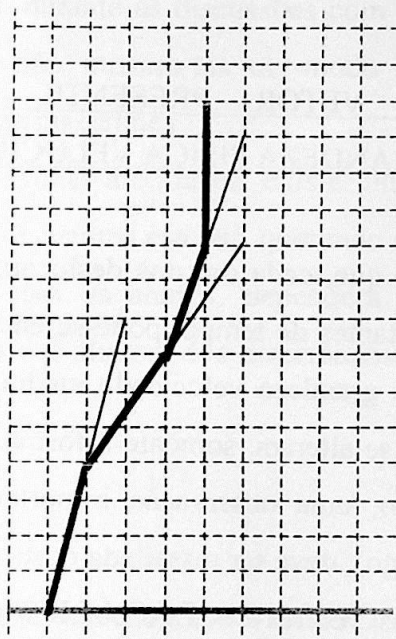


Fig. 6

A3) Batidas

Às vezes o carro "sai fora da pista" ou "bate" num obstáculo. Quando isto acontecer, novas regras podem ser propostas, inclusive a do jogador sair com o menor deslocamento possível, ou seja, ele deverá ir para um dos pontos que rodeiam o ponto mais próximo do local onde se deu a trombada como está na figura 7.

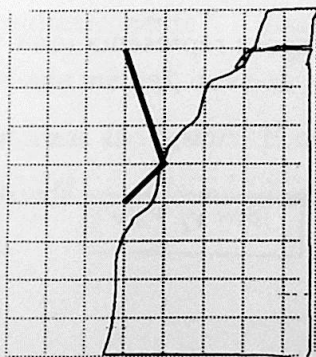


Fig. 7

Pode-se estipular que, quando um jogador bate, fica sem jogar uma ou mais vezes. Pode-se combinar que o limite de batidas sejam duas ou mais.

De início é interessante realizar o jogo sem fazer considerações com as noções de vetores. Numa segunda fase, é que esse problema é discutido. Na atividade o caráter vetorial do deslocamento fica bem evidenciado e possibilita discussões sobre as modificações neste vetor.

CONSIDERAÇÕES DO VETOR PRESENTE NO JOGO COMO REPRESENTANTE DA GRANDEZA FÍSICA VELOCIDADE

Partindo da idéia, de que, cada um dos deslocamentos presentes no jogo ocorrem em intervalos constantes de tempo, pode-se então considerar o vetor do jogo como representante da grandeza velocidade média. Quando isto é feito os procedimentos do jogo não se alteram, somente a forma de escrever os vetores é que modificam. No entanto, uma observação importante referente a figura 5 (presente na descrição do jogo), deve ser ressaltada nesta nova consideração.

Ao considerarmos os vetores do jogo como representantes da grandeza velocidade média temos, para a figura 5, a seguinte representação:

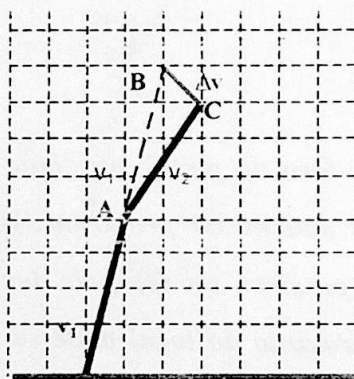


Fig. 5

O vetor que vai de A até C agora representa uma velocidade v_2 , que pode ser escrita como:

$$v_2 = v_1 + \Delta v$$

O estudante poderá perceber que uma mudança no vetor, considerado como **velocidade**, quando associado a um intervalo de tempo, significa uma aceleração, isto é, ao associarmos um intervalo de tempo também constante para o vetor Δv este passará a representar a aceleração do "carro". Logo "brecar" também é "acelerar".

Essas novas considerações são válidas, estimulantes e muito enriquecedoras, no entanto, durante as discussões com os alunos acerca do jogo deve-se ter atenção para não misturá-las de modo que os conceitos sejam construídos de forma confusa ou errônea.

Assim como nas próximas atividades, existe um problema intrínseco nos jogos, sobre qual grandeza os vetores estejam querendo representar. Levantar esta questão em sala de aula com os alunos, dependerá muito das intenções do professor, das participações dos alunos, dos direcionamentos dados as atividades entre outros fatores.

ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO

Com este jogo pretende-se introduzir o conceito de vetor e operações vetoriais junto aos conceitos físicos deslocamento, velocidade e aceleração vetorial. No entanto, alguns cuidados com o jogo devem ser levados em consideração quando este se torna elemento gerador da aprendizagem de conceitos. Isto é, deve-se levar em consideração que:

- o vetor presente no jogo, segundo as descrições do projeto RIPE, representam a grandeza física **deslocamento**. No entanto, quando a ele é associada uma unidade de tempo, o mesmo pode estar representando a grandeza **velocidade média**.
- ao representar "simultaneamente" duas grandezas físicas distintas (deslocamento e velocidade média), deve-se tomar cuidado para não *reforçar* a idéia de que essas grandezas são *iguais*. É necessário distinguir e diferenciar, mesmo que fora da atividade, as duas grandezas físicas, ou melhor os dois conceitos físicos.

- mudar *as características* do vetor *deslocamento* (direção, sentido e módulo) durante as jogadas é o mesmo que mudar as características do vetor *velocidade média* quando se considera um intervalo de tempo constante para todas as jogadas.
- ao admitir que o vetor do jogo represente a grandeza *velocidade média*, a mudança em suas características é tida como a variação de velocidade (Δv), o que não caracteriza uma aceleração. No entanto, quando se associa um intervalo de tempo a variação da velocidade (Δv), o vetor passará a ser um representante da aceleração média naquele intervalo.
- é pouco comum, menções sobre velocidade média vetorial e aceleração média vetorial. Assim sendo, pode-se levar os intervalo de tempo associados com esses vetores à um limite, tendendo a um valor muito pequeno, próximo de zero. Desta forma os vetores representarão a velocidade e aceleração vetorial instantânea.

A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Para a realização da atividade "Brincando com Vetores I" foram utilizadas duas aulas (50 minutos cada), nas quais desenvolveu-se o seguinte planejamento:

- 1ª aula \Rightarrow explicação do jogo e a realização do mesmo pelos alunos;
- 2ª aula \Rightarrow discussão dos conceitos envolvidos no jogo por meio de questões propostas pelo professor.

O jogo utilizado durante a primeira aula permite ao professor explorar os conhecimentos prévios dos alunos do tipo procedimental, pois o jogo propicia a observação de maneira direta da seqüência dos passos dos alunos em relação aos seus procedimentos, às atitudes e às normas adotadas. Os questionamentos feitos após o término da atividade lúdica, em uma segunda aula, permitem ao professor explorar os conhecimentos prévios de tipo conceitual, a partir das respostas dos alunos. Ao levar em consideração as respostas e realizar retrospectivas das mesmas, o professor ajuda o aluno a tomar consciência das mudanças ocorridas

nos seus conhecimentos prévios em relação à nova aprendizagem, o que auxilia muito o andamento da aula e a avaliação do trabalho que está sendo realizado.

Rescrevemos neste trabalho as questões propostas pelo professor e as respostas dadas pelos alunos. No entanto, em momento algum pretendemos propor as questões como única forma de abordagem de conteúdo. Consideramos mais adequado o uso de questões, pois elas proporcionam um diálogo inicial e contínuo entre professor e aluno, além de permitir uma exploração flexível e conseqüentemente rica (a partir de perguntas abertas, de problemas ou situações que devem ser resolvidos, exemplos, etc...) dos conhecimentos prévios e adquiridos nas aulas. Os resultados da atividade desenvolvida com esta turma necessariamente não corresponderá ao de outras turmas, já que depende do envolvimento dos alunos e do direcionamento da aula, feito pelo professor.

A atividade "Brincando com Vetores" tem início com a formação de grupos compostos por quatro alunos (este número depende do número de alunos presentes em sala de aula). A formação dos grupos é necessária para a realização do jogo, mas também é considerada por nós como uma importante forma de estabelecer maior relação afetiva entre os educandos e resultar em um maior entrosamento e troca de idéias entre eles. Nos grupos, nem todos participam da atividade do mesmo modo e isto favorece diretamente a troca de conhecimentos e auxilia a avaliação do professor sobre a atividade.

Com os grupos definidos, a folha de papel quadriculado com uma pista desenhada é distribuída pelo professor; desta forma cada grupo possui uma folha diferente com os obstáculos e o marco de saída e chegada do jogo (que é o mesmo). O professor poderia optar pela distribuição das folhas quadriculadas em branco e sugerir aos grupos que desenhassem a própria pista; entretanto isto não foi o que ocorreu no caso analisado por nós.

Ao aplicar esta atividade em sala de aula, o professor realizou suas explicações de acordo com o que está apresentado no próprio projeto RIPE, isto é, com ilustrações na lousa, mostrou como seria realizado e qual seria o objetivo do jogo (que é conseguir dar a volta na pista rapidamente). Consideramos que não é conveniente ao professor fazer explicações ou mesmo mencionar aos alunos que as setas são vetores e que o jogo é uma "corrida vetorial", o interesse e a

disposição dos alunos a princípio devem estar voltados à realização do jogo e à vitória.

Como em qualquer jogo, a atividade lúdica "Brincando com Vetores" possui regras; no entanto, estas foram estipuladas pelos alunos. Na turma em que a atividade foi aplicada, observou-se grande demonstração de interesse, entusiasmo e rigor no estabelecimento de normas a serem seguidas. De acordo com os alunos, estabeleceram-se os seguintes critérios:

⇒ cada jogador deve ter uma caneta de cor diferente dos demais colegas para que não haja confusão entre as setas.

⇒ para cada batida o jogador deve ficar uma jogada sem participar e quando retornar ao jogo deve partir do ponto mais próximo do local da batida. Além disto, a sua seta não pode ter um tamanho muito grande.

⇒ o número máximo de batidas que um jogador pode ter são duas. Em uma terceira batida ele ficará fora do jogo.

⇒ os obstáculos no meio da pista não são considerados como batidas, mas o jogador ao cair neles fica uma jogada sem participar.

As regras apresentadas pelos alunos assemelham-se muito às regras que estão presentes na descrição da atividade feita no capítulo anterior. É importante que a escolha das regras do jogo seja feita pelos alunos, pois os envolve na construção da atividade e contribui significativamente na sua participação e motivação desde o princípio. A partir do estabelecimento das regras é que se dá o início do jogo pelos grupos.

Observou-se em sala de aula, durante a realização do jogo, grande euforia e entusiasmo entre os alunos a cada jogada realizada. A troca de informações entre os que compunham os grupos ocorreu na forma de auxílios e sugestões sobre as estratégias utilizadas durante as jogadas.

O tempo de duração desta primeira aula foi 50 minutos, dos quais 15 minutos (aproximadamente) foram para explicações sobre a atividade e para o estabelecimento das regras. O tempo restante (35 minutos aproximados) foi para a realização do jogo.

A segunda aula se inicia no retorno à sala com a folha quadriculada que possui o jogo concluído*; é então realizada a segunda etapa planejada. Para esta segunda etapa, foram elaboradas algumas questões referentes ao jogo a fim de levantar discussões entre os alunos. Estas questões não deveriam e não foram respondidas em uma folha e sim, oralmente pelos alunos. As respostas dadas às questões foram anotadas em sínteses na lousa pelo professor para que este não esquecesse o que havia sido comentado durante a aula. Os diálogos de todas as atividades estão registrados em fitas K-7 e as sínteses da lousa foram copiadas em folhas como notas de aula para que pudéssemos analisá-las, sempre que quiséssemos, em nosso trabalho.

Obtivemos desta aula os seguintes resultados para cada questionamento realizado pelo professor:

1ª Questão: Quais foram as estratégias utilizadas para chegar até ao final do jogo?

Resposta dos alunos:

...não desenhar uma seta muito grande na saída, pois quem fez isso bateu rápido.

...desenhar uma seta sempre pensando nas jogadas seguintes, isto é, desenha-se a seta, sabendo-se o que deverá fazer pelo menos nas próximas duas jogadas.

...sempre que estivesse em uma parte reta da pista procurar aumentar sempre um quadradinho; aumentando o tamanho da flecha isto faz correr mais.

...Quando víamos que estávamos perto de uma curva, na jogada seguinte escolhíamos um quadradinho sempre ao lado daquele que era o previsto, deste modo podíamos fazer a curva direito, sem bater. Não adiantava inclinar a flecha quando se estava na curva, a inclinação deveria começar a ser feita pelo menos duas jogadas antes.

...Quando tínhamos uma curva, não podíamos aumentar o tamanho da seta, para

* Um exemplo encontra-se anexado.

não batermos. O certo era diminuir o tamanho da seta o máximo possível antes da curva, às vezes mais de duas jogadas antes. Dependendo da situação não era possível diminuir o tanto que desejávamos, então batíamos... Tínhamos que diminuir aos poucos antes da curva e aumentá-lo depois

2ª Questão: O que representam estas setas que foram desenhadas na pista?

Resposta dos alunos:

Elas podem representar o trajeto de um carrinho...

Podem representar o quanto se andou.

Podem representar a velocidade de um carrinho

3ª Questão: O que podemos representar usando setas?

Resposta dos alunos:

Distância. ... deslocamento

Velocidade

Forças

Aceleração

Raio de luz

4ª Questão: Por que estas grandezas físicas podem ser representadas por setas? O que estas grandezas possuem em comum para que possam ser representadas desta forma?

Resposta dos alunos:

Para representarmos qualquer uma delas precisamos saber se são para a direita ou para esquerda,...

É necessário, quando comentarmos sobre eles descrevermos, se é na vertical... na horizontal... no jogo pode ser até inclinado.

É necessário sabermos estas duas coisas, se é pra direita ou esquerda, se é pra

cima ou pra baixo. Representando qualquer uma delas com a seta já estamos demonstrando isso, até no caso de ela ser inclinada.

5ª Questão: O que significa aumentar o tamanho do vetor no jogo?

Resposta dos alunos:

Quando se aumenta a seta, ou melhor, o vetor, está aumentando a distância que o carrinho andou; quando diminui o tamanho do vetor estamos diminuindo a distância que ele andou.

É como se aumentando o tamanho do vetor estivéssemos aumentando a sua velocidade; e quando estivéssemos diminuindo o tamanho do vetor, estaríamos diminuindo a sua velocidade.

Aumentar o tamanho do vetor é aumentar a distância e a velocidade ao mesmo tempo. Pois, se aumenta a velocidade, você está aumentando a distância percorrida naquele tempo. Quando diminui o tamanho do vetor, está diminuindo a velocidade do mesmo, isto faz com que a distância percorrida naquele tempo pelo vetor seja menor.

6ª Questão: O que significa manter o vetor sempre com o mesmo tamanho no jogo?

Resposta dos alunos:

Significa que ele percorreu de novo uma distância igual à distância anterior

Manter o mesmo tamanho do vetor, significa que o carro manteve a mesma velocidade, se considerarmos um tempo igual a cada jogada.

Se isso acontecer muitas vezes, significa que percorre sempre a mesma distância... se considerarmos que ele faz isso sempre, com o mesmo tempo, vai significar que a velocidade é constante.

7ª Questão: Se estes vetores podem estar representando a velocidade, então o que significaria fisicamente modificar o vetor ?

Resposta dos alunos:

Modificar o tamanho do vetor significa que estamos indo mais rápido ou mais

<i>devagar.</i>
<i>Modificar o tamanho, sempre em quantidades iguais, significa que a velocidade mudou sempre na mesma quantidade... mas se compararmos o último vetor este será muito maior ou menor que o primeiro.</i>
<i>Se considerar que isto é um carrinho, posso dizer que ele está acelerando quando eu mudo o tamanho ou a direção do vetor. Quando mudo a velocidade</i>
<i>Vai ser também aceleração, se diminuir o tamanho do vetor, diminuir a velocidade...</i>
<i>Modificar o tamanho do vetor, se este representa a velocidade, significa então que tem aceleração... de valor grande nas retas e de valor pequeno nas curvas.</i>
<i>... nesse caso que ele falou não é aceleração na curva, mas desaceleração</i>

8ª Questão: Como podemos determinar o tamanho de um vetor?

Resposta dos alunos:

<i>Podemos utilizar os próprios quadradinhos do papel.</i>
<i>Usando os quadradinhos do papel dá para saber o tamanho só de alguns vetores, não dá para determinar o tamanho de um vetor que estaria inclinado a não ser se medíssemos com uma régua.</i>
<i>... podemos medir todos com uma régua.</i>
<i>Se não tivermos a régua podemos considerar que este vetor é a diagonal de um quadrado e tentar de alguma forma sair por aí...</i>
<i>Em vez de considerarmos um quadrado, podemos considerar um triângulo... o vetor seria o lado maior; deste modo usamos o Teorema de Pitágoras</i>

A análise destas aulas realiza-se de acordo com:

- 1- a atividade em sala de aula;
- 2- a participação dos alunos durante a atividade;
- 3- a participação do professor durante a atividade;
- 4- o questionamento realizado pelo professor;

5- os resultados obtidos pelos alunos com a atividade e com o questionamento do professor.

Nessa atividade lúdica, observa-se que os conteúdos físicos interessantes para o ensino estão diretamente associados às regras do jogo. Sendo as regras criadas pelos alunos, estes são incentivados a segui-las e não modificá-las. As regras envolvem os alunos de forma intensa com o conhecimento embutido no jogo e, é a partir delas, que se desenvolve e se estimula o aprendizado dos "conteúdos físicos".

Na realização do jogo pelos grupos de alunos, percebeu-se que além do entusiasmo pelo jogo e estipulação de regras, houve a cooperação e o interesse em ajudar colegas que apresentavam dificuldades em realizar as jogadas. A atividade permitiu o estabelecimento do respeito mútuo entre os alunos, assim como um companheirismo durante a competição.

O andamento da segunda aula, na qual realizaram-se questionamentos acerca do jogo, a princípio pareceu o oposto do que acabamos de dizer. Observou-se ansiedade por parte dos alunos para expor suas idéias, principalmente ao responderem às primeiras questões. A ansiedade dos alunos proporcionou um certo tumulto à aula, com todos demonstrando pressa para falar. À medida que as discussões foram sendo direcionadas pelo professor, houve a diminuição gradativa do tumulto. Os alunos perceberam, durante as discussões, a necessidade de ouvir outras hipóteses e explicações que iam além das suas idéias e com isto refletiam melhor sobre as próprias respostas.

Não foi necessário, durante as aulas, o professor fazer correções às falas ou respostas dos alunos. O professor, em todos os momentos, procurou aproveitar os argumentos e as respostas dos alunos para estar sempre estimulando as discussões pelos grupos. Para cada questão proposta, obtiveram-se respostas variadas, o que propiciou o aumento das discussões.

A intervenção do professor no andamento das aulas ocorreu como participação ativa da construção do conhecimento, cujo centro não é a matéria mas os alunos que atuam sobre o conteúdo que devem aprender. Os estímulos dados

pelo professor aos alunos surgiram com as próprias perguntas propostas e ao resgatar algumas das respostas dadas por eles.

Realizando observações acerca das questões feitas pelo professor, verificase que estas:

- buscam mostrar que as estratégias utilizadas pelos alunos não estão simplesmente na previsão das jogadas a serem realizadas mas estão relacionadas às experiências vivenciadas. Ao pensar sobre as estratégias das jogadas se tem uma reflexão do significado do jogo, da simulação que este proporciona;
- mostram a importância e o significado do símbolo no jogo assim como a importância dele na representação de um conceito, no caso uma grandeza física;
- direcionam o pensamento acerca das modificações nas jogadas e o que estas modificações podem proporcionar conceitualmente.

Nas respostas dos alunos ao questionamento, observou-se que:

- as estratégias utilizadas pelos grupos não estavam relacionadas somente às experiências vivenciais anteriores ao jogo; elas relacionavam-se também às experiências adquiridas durante as jogadas;
- o símbolo presente no jogo (seta) estava relacionado às grandezas físicas: *deslocamento* e *velocidade*. Em nenhum momento este símbolo foi mencionado como representante de algo que não fosse uma grandeza física. Mesmo quando o professor questionou o que poderia ser representado pelo símbolo da seta, grande parte dos alunos mencionaram as grandezas físicas vetoriais ou elementos da Física que utilizam este símbolo como forma de representação. Nenhum aluno comentou que as setas também são símbolos utilizados pela sinalização do trânsito ou orientação pois isto não estava envolvido ao jogo.
- as características do símbolo utilizado no jogo eram elementos necessários para a descrição completa das grandezas físicas. No

entanto, as características mencionadas pelos alunos foram somente: direção e sentido. Estas são características de qualquer seta; o que diferencia as setas comuns de um vetor é exatamente a característica do módulo, não observada diretamente nas respostas. Embora os alunos não tenham mencionado a importância do tamanho das setas na representação das grandezas físicas vetoriais, eles perceberam que a modificação no tamanho da seta é importante para a análise da grandeza física representada no jogo;

- a palavra vetor foi incorporada ao vocabulário dos alunos a partir de breves comentários do professor acerca do que o símbolo representa para a Física. A palavra vetor, ao invés de seta, presente nas respostas dos alunos, significa que eles começaram a atribuir novos significados a seus conhecimentos, "enganchando" algo novo àquilo que já era conhecido;
- o vetor do jogo foi reconhecido pelos alunos como sendo representante da grandeza física *deslocamento*. Quando os alunos o descreveram como sendo um vetor *velocidade* associaram-no a um intervalo de tempo, como é observado nas respostas da 6ª questão;
- ao supor que o vetor represente a grandeza física *velocidade*, as variações em suas características no decorrer do jogo, segundo os alunos, significou uma aceleração, inclusive quando houve diminuição no módulo do vetor. Quando a variação da velocidade, isto é, a mudança no tamanho do vetor ocorreu sempre na mesma "quantidade", existiu então uma aceleração constante. Para os alunos, a mesma quantidade significou que as variações de velocidade (Δv) ocorriam sempre como um quadradinho ou a diagonal de um quadradinho do papel utilizado. Desta forma os alunos "definiram" o conceito de aceleração como sendo a variação no módulo do vetor velocidade não mencionando em nenhum momento o intervalo de tempo;
- em nenhum momento observaram-se nas respostas dos alunos confusões acerca de qual grandeza estaria realmente sendo representada no jogo. De acordo com as considerações feitas nos diferentes

momentos da aula, as associações às grandezas foram efetuadas de modo correto pelos alunos não proporcionando nenhum problema perceptível quanto à geração de conceitos;

- as medições do módulo de um vetor, de acordo com as respostas dos alunos, poderia ser feita com uma régua ou pelo Teorema de Pitágoras quando o módulo do vetor não coincide exatamente com os quadradinhos da folha utilizada, isto é, quando o vetor se apresentar com inclinação no papel. A utilização do Teorema de Pitágoras serviu como ponto de partida para uma terceira aula, assim como possibilitou uma pesquisa sobre o assunto.

A sugestão de pesquisa não encerrou a atividade com o jogo; ela possibilitou a preparação de uma terceira aula que, a princípio, não havia sido planejada no desenvolvimento do trabalho. A pesquisa sobre o Teorema de Pitágoras ofereceu aos alunos a oportunidade de ampliar os seus conhecimentos junto a outras fontes de informação - livros, enciclopédias etc... A importância da terceira aula surgiu com a necessidade de se discutir os resultados obtidos pela pesquisa, assim como refletir sobre os cálculos matemáticos utilizados nas medições dos módulos dos vetores. Nesta terceira aula, conseguiu-se extrair a idéia de soma vetorial e decomposição de vetores quando feita a análise dos vetores presentes no jogo.

Quando o vetor do jogo não coincidiu com a direção das linhas do papel quadriculado, discutiu-se que este vetor é decomposto em dois outros e que ele é o resultante da soma destes dois, que não aparecem diretamente desenhados nas jogadas, mas que são responsáveis por elas. Durante a terceira aula, percebeu-se que o jogo, além de gerar discussões sobre conceitos físicos, possibilitou trabalhar de forma intensa com o conceito de vetor e suas operações.

6. BRINCANDO COM VETORES II

1. Objetivos

Esta atividade tem por objetivo aprofundar os conceitos vivenciados no texto "Brincando com Vetores", bem como servir de introdução para o estudo de lançamento de objetos.

2. Material

- *Papel quadriculado ; lápis; régua (facultativo)*

3. Procedimentos

Os procedimentos serão divididos em duas atividades diferentes, que são: lançamento horizontal e lançamento oblíquo. Após a apresentação dos procedimentos são comentadas outras implicações referentes a própria atividade e o modo como elas se desenvolveram em sala de aula, com o mesmo grupo de alunos que realizaram a atividade anterior.

6.1 LANÇAMENTO HORIZONTAL.

Nesta etapa, vamos simular o lançamento horizontal de um objeto sujeito à força da gravidade. Vamos admitir também que a resistência no ar não influa no movimento.

Em um papel quadriculado faz-se um desenho que represente uma colina de onde o objeto vai ser lançado a partir de um certo "deslocamento" (ver figura 1).

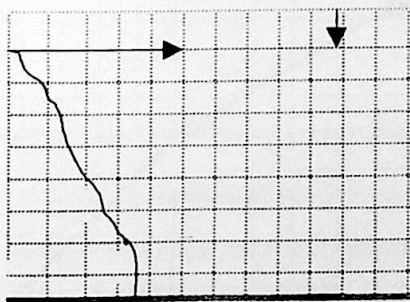


Fig. 1.

A regra deste jogo difere da atividade anterior. Ao invés de existirem as nove possibilidades do jogo anterior, tem-se apenas uma: descer um quadradinho.

Assim, o jogador após ter feito o primeiro movimento, isto é, escolhido quantos quadradinhos ele se deslocará para a direita e chegando ao ponto A, o movimento seguinte será feito da seguinte maneira. Repetem-se quantos quadradinhos foram movidos para a direita, obtendo-se o ponto B e, em seguida, abaixa-se um quadradinho obtendo-se o ponto C.

O movimento é, então, de A até C. (ver figura 2).

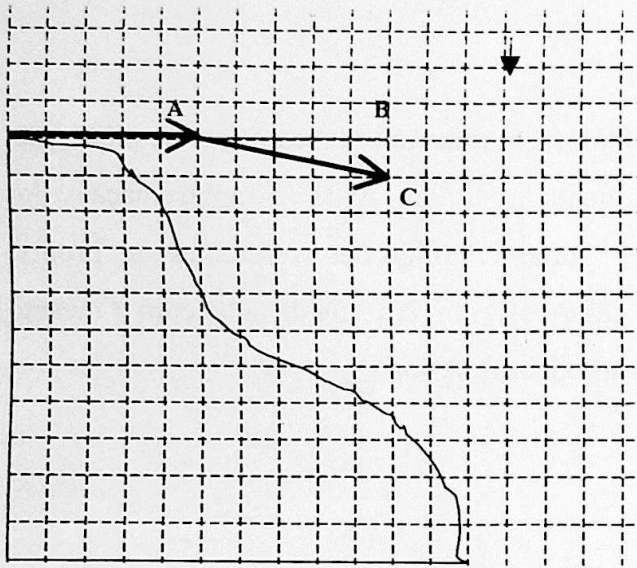


Fig.2

Os outros movimentos são feitos da mesma maneira até atingir o "solo", isto é, repete-se sempre o deslocamento anterior e em seguida abaixa-se um quadradinho (ver figura 3)

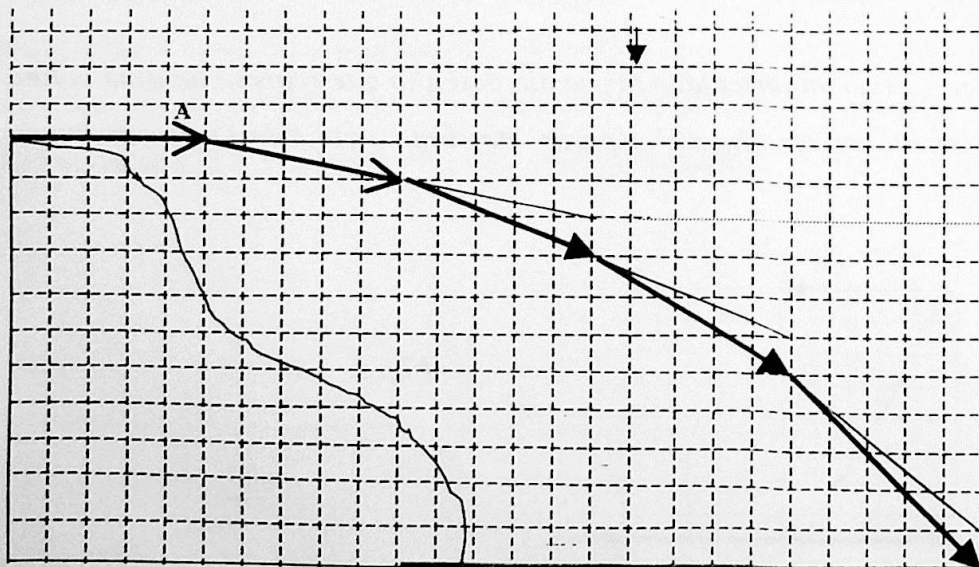


Fig.3

70

Esse movimento, no papel, é semelhante ao lançamento de um projétil na horizontal.

Essa simulação guarda semelhanças com o lançamento horizontal sem resistência do ar pois:

- a) os deslocamentos horizontais são todos iguais. Na figura, em cada etapa, o objeto desloca-se 5 quadradinhos para a direita. Teríamos, desta maneira, um movimento retilíneo e uniforme, nessa direção. Se chamássemos o eixo horizontal de x , ao longo desse eixo o movimento seria uniforme;*
- b) se analisássemos o deslocamento na vertical, veríamos que o objeto, no primeiro instante, caiu um quadradinho em relação à direção em que foi lançado. No segundo instante, ele já dista 3 quadradinhos dessa direção. No terceiro, 6 quadradinhos, depois 10,15, 21 etc...;*
- c) a figura que se forma ao término do jogo assemelha-se à trajetória descrita por um objeto quando este é lançado em uma direção horizontal.*

POSSIBILIDADES ACERCA DA ATIVIDADE

Ao refletirmos sobre o modo como essa atividade é proposta pelo projeto RIPE, resolvemos realizar algumas alterações em seu seguimento.

Vemos que, existem possibilidades de aprofundamento sobre as semelhanças do jogo com o lançamento horizontal, fazendo-se análises mais minuciosas a respeito do jogo e suas regras. No entanto estas análises devem ser consideradas somente quando se pretende aprofundar o assunto já que o modelo aqui apresentado possui algumas falhas quando comparado à descrição fiel da realidade.

Em princípio pode-se fazer uma análise do movimento partindo da admissão de um eixo vertical orientado para baixo, o que não é muito usual, observando-se o que aconteceu com o número de quadradinhos a cada deslocamento durante a

queda. Associa-se a cada deslocamento efetuado na direção deste eixo um intervalo de tempo constante, obtendo-se uma tabela semelhante a que segue:

TEMPO	DESLOCAMENTO (em quadradinho sobre um eixo vertical orientado para baixo)
0	0
1	1
2	3
3	6
4	10
5	15
6	21
...

O primeiro instante ($t=0$) é determinado a partir da posição de onde o objeto foi lançado.

Com esta tabela, pode-se verificar que o deslocamento na direção vertical, em função do tempo, não é efetivamente uma função do primeiro grau.

Os lançamentos feitos na direção vertical possuem suas posições em função do tempo descritas pela função de segundo grau:

$$Y = Y_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Sendo que: Y corresponde a posição final;

Y_0 corresponde a posição inicial;

a corresponde a aceleração;

O modelo apresentado neste jogo não permite obter diretamente esta função, pois o modelo trabalha com intervalos de tempos e deslocamentos, enquanto a função relaciona instante com posição final. No entanto as informações que se obtém através da tabela permitem reproduzir, com algumas vantagens, o que acontece na realidade.

Considerando que cada deslocamento teve como posição final o valor descrito na tabela (0, 1, 3, 6, 10...), pode-se construir um gráfico de Y (posição) em função de t e notar que a figura que se forma na construção deste gráfico é um trecho de parábola, ou seja, a relação entre Y e t é uma função matemática de segundo grau.

A regra "descer um quadradinho" é análoga a uma variação de velocidade constante, ou seja, uma aceleração constante, o que caracteriza um movimento uniformemente variado na vertical. Como não se aplica nenhuma regra que possibilite modificações na direção horizontal, o que se tem é um movimento retilíneo uniforme nesta direção.

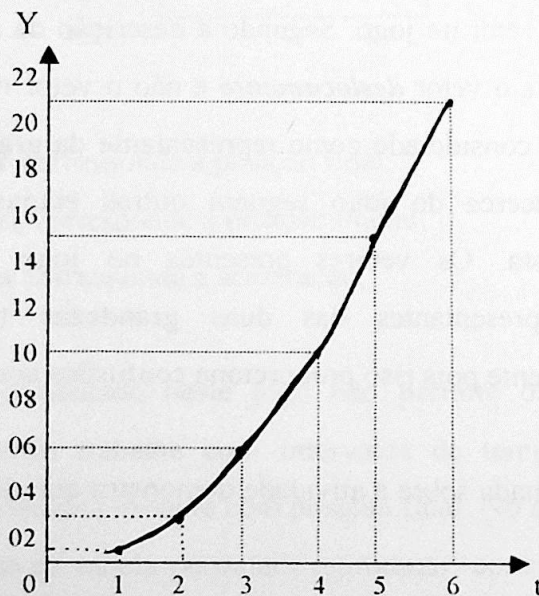
ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO

Sendo a regra deste novo jogo muito restrita, as discussões formadas em sala de aula estão diretamente ligadas a ela e às decomposições dos vetores. Estas discussões levam a uma análise do movimento que envolve três grandezas físicas (deslocamento, velocidade e aceleração) e exige alguns cuidados que devem ser levados em consideração.

Deve-se ter atenção, inicialmente, sobre qual das grandezas físicas está sendo representada pelo vetor no jogo. Segundo a descrição da atividade, o vetor apresentado nas jogadas é o vetor *deslocamento* e não o vetor *velocidade média*. Caso o vetor passe a ser considerado como representante da grandeza *velocidade média*, as discussões acerca do jogo seguem outras etapas que não estão apresentadas na proposta. Os vetores presentes no jogo não devem ser considerados como representantes das duas grandezas (*deslocamento* e *velocidade*) simultaneamente pois isso proporciona confusões acerca dos conceitos gerados.

Uma análise detalhada sobre a atividade demonstra que deve-se ter atenção aos seguintes fatos:

1. A figura apresentada no papel quadriculado, após o término do jogo, se assemelha a um semi-arco de parábola e é uma aproximação da trajetória descrita pelo suposto objeto lançado horizontalmente. Este semi-arco de parábola não deve ser confundido com um gráfico da posição do objeto em função do tempo.
2. O primeiro vetor desenhado, por corresponder a um vetor *deslocamento*, não descreve uma realidade física, afinal é impossível obter um deslocamento em um lançamento horizontal sem que a queda livre se inicie de imediato quando uma superfície é abandonada por qualquer objeto. Deste modo deve-se discutir o significado deste primeiro vetor e levantar hipóteses sobre a desconsideração do mesmo. Ao desconsiderar o primeiro vetor *deslocamento*, a análise da queda tem o seu verdadeiro início a partir do segundo vetor *deslocamento* desenhado, isto possibilita a obtenção da função de segundo grau que descreve os movimentos uniformemente variados como é mostrado mais adiante.
3. Os dados da tabela (deslocamento, tempo), quando interpretados como posições finais e instantes, permitem obter um gráfico semelhante ao de qualquer movimento acelerado, o que possibilita discussões acerca do movimento do objeto nesta direção. O gráfico construído será idêntico ao gráfico abaixo:



4. Mesmo com os dados da tabela sendo tratados como posições e instantes, ainda não é possível obter a expressão $Y = Y_0 + v_0 t + at^2/2$. A expressão que se obtém é $Y = t/2 + t^2/2$, sendo $Y_0 = 0$. Isto pode ser demonstrado a partir das seguintes etapas:

- substituindo os valores de Y e t na função $Y = Y_0 + v_0 t + at^2/2$ encontram-se as seguintes equações:

$$\text{Para } Y = 1 \text{ e } t = 1 \quad 1 = Y_0 + 1 \cdot v_0 + a/2 \quad (I)$$

$$\text{Para } Y = 3 \text{ e } t = 2 \quad 3 = Y_0 + 2 \cdot v_0 + 2a \quad (II)$$

$$\text{Para } Y = 6 \text{ e } t = 3 \quad 6 = Y_0 + 3 \cdot v_0 + 4,5 a \quad (III)$$

- subtraindo a primeira equação da segunda e a segunda da terceira encontra-se:

$$2 = v_0 + 1,5 a \quad (IV)$$

$$3 = v_0 + 2,5 a \quad (V)$$

- subtraindo as duas equações acima, chega-se aos valores de $Y_0 = 0$, $a = 1$ e $v_0 = 0,5$.

O valor $a = 1$ encontrado com as equações pode ser justificado pela própria regra (im)posta pelo jogo, que ao propor "descer **um** quadradinho" sempre em relação a direção vertical, simula o movimento com aceleração constante (de valor 1) nessa direção.

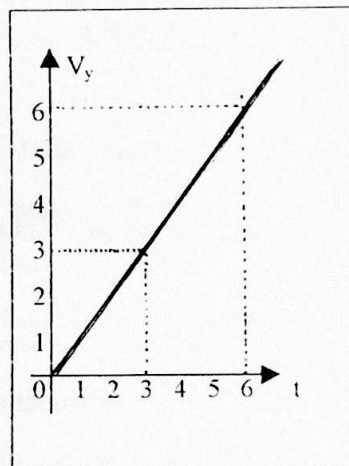
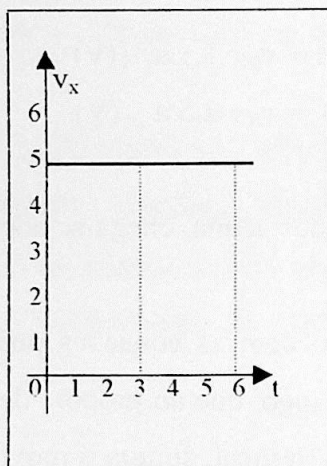
O valor $v_0 = 0,5$ não corresponde a uma realidade, se compararmos o jogo com um lançamento horizontal verdadeiro ou mesmo uma queda livre, os quais possuem velocidade inicial na direção vertical igual a zero.

O fato de encontrarmos o valor de $v_0 = 0,5$ é que implica na expressão $Y = t/2 + t^2/2$. Levando o processo a um limite**, no qual o tempo tende a um valor muito próximo a zero, é possível corrigir a expressão $Y = t/2 + t^2/2$ a ponto de se obter $Y = Y_0 + v_0 t + at^2/2$.

** A descrição deste processo matematicamente, com todos os passos necessários, é dispensável aos alunos do Ensino Médio.

5. Os vetores do jogo, quando considerados como representantes da *velocidade* de um objeto em uma queda, não permitem a construção da tabela do deslocamento/tempo. Nesta consideração é conveniente a construção de uma tabela de $v = f(t)$, na qual as medidas da velocidade podem ser escritas pelo tamanho das componentes v_x e v_y de cada um dos vetores. Quando isto acontece, o primeiro vetor do jogo necessariamente não precisa ser desconsiderado, pois ele pode indicar a velocidade do objeto no instante inicial do lançamento, isto é, v_{0x} . Todas as análises que seguem quando o vetor é tido como velocidade, mostram que ao se decompor este vetor em duas direções, ele descreve um movimento uniforme na direção horizontal e uniformemente acelerado na direção vertical. A construção dos gráficos de v_x e v_y estão de acordo com qualquer gráfico de um movimento uniforme e de um movimento uniformemente variado.

t	v_x	v_y
0	5	0
1	5	1
2	5	2
3	5	3
4	5	4
5	5	5
6	5	6



A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Esta atividade proporciona uma compreensão do que é um modelo e induz o aluno a um comportamento crítico dos conceitos presentes em lançamentos e queda dos corpos. Mas, somente a realização da atividade não proporcionará o que acabamos de mencionar. É necessário discutir com os alunos o significado dos vetores e os conceitos físicos que estão presentes no jogo (que para nós é

considerado como um modelo), comparando-os com a realidade existente nos lançamentos.

Neste jogo, como as regras são previamente estipuladas e as jogadas são mais simples do que as do jogo anterior, observa-se uma menor empolgação dos alunos ao realizá-lo. Embora as regras sejam fixas, o conhecimento físico que se pretende obter está diretamente embutido nelas. O fato de não poder modificá-las é o que estimula as discussões e mostra as "normas" do conteúdo físico estudado.

Este jogo foi realizado pelos mesmos grupos de alunos do 1º ano do Ensino Médio, com um tempo de duração de aproximadamente 10 minutos.

Com o termino do jogo, partindo do desconhecimento dos alunos sobre os objetivos pretendidos com a atividade, ocorre o início do estudo dos lançamentos com o questionamento do professor. Tornamos a lembrar que isto não é uma regra para a aplicação da atividade, mas sim uma das maneira de desenvolvê-la. Nada impossibilita que o questionamento seja feito pelos alunos; no entanto, como este fato não foi observado, coube ao professor tomar a iniciativa da discussão em aula.

Obtivemos desta aula os seguintes resultados para cada questão proposta pelo professor.

1ª Questão: Qual era o objetivo deste jogo?

Respostas dos alunos:

<i>Atingir a parte de baixo do papel.</i>
<i>Ver onde o vetor atingia o chão.</i>
<i>Se tivesse um alvo desenhado embaixo, seria atingir o alvo, mas como não tem, é só o de atingir o chão.</i>
<i>É mostrar como as coisas podem cair do alto de algum lugar.</i>
<i>... é mostrar como as coisas caem, mas não quando largadas, quando jogadas por alguém para fora.</i>

2ª Questão: Se este jogo representa um lançamento de um objeto feito na horizontal, do alto de uma colina - para fora - , existem diferenças que podemos considerar em relação ao jogo anterior? (sem ser nas regras em si)

Respostas dos alunos:

No jogo anterior era como se fosse o movimento de um carrinho no chão e o movimento deste objeto não, ele é no ar.

Neste jogo de agora o movimento é sempre o mesmo, o vetor varia para baixo, como se fosse uma queda, porém não é só para baixo, é para baixo e para direita, no caso da colina estar à esquerda... No outro jogo, o movimento era totalmente diferente, pois podíamos modificar o vetor sempre, para qualquer lado.

O vetor que sai da colina tem sempre o mesmo tamanho na horizontal, o que muda é a inclinação dele... Esta inclinação muda sempre da mesma forma pois na vertical aumentamos sempre um quadradinho... No carrinho, isso se assemelha às curvas que fazíamos...

3ª Questão: Sendo o movimento fora do chão, por que aumentávamos somente um quadradinho para baixo?

Respostas dos alunos:

Aumentava-se somente um quadradinho por que esta era a regra.

Acho que aumentávamos, por que, em um caso deste, a velocidade aumentaria só para baixo.

É que para baixo terá aceleração, pro lado não.

Todos os objetos caem pra baixo e quando caem sempre começam devagarinho e depois aumentam sua velocidade pra baixo. por que a gravidade é pra baixo e não pros lados.

A gravidade está em todo lugar até dos lados, mas ela só age pra baixo e sempre igual.

4ª Questão: O que significa dizer que o deslocamento em números de quadradinhos na horizontal é sempre o mesmo?

Respostas dos alunos:

Se o número de quadradinhos na horizontal é sempre o mesmo, isto significa que ele andou sempre da mesma forma na horizontal.

Se o número de quadradinhos na horizontal é sempre o mesmo, isto significa que ele teve sempre o mesmo deslocamento e também a mesma velocidade na horizontal; ele não foi acelerado. Na vertical, o número de quadradinhos aumenta sempre um Quadradinho Quando desenhamos o próximo vetor; isto quer dizer que ele aumenta o

deslocamento na vertical por que aumenta a velocidade... ele foi acelerado.

O vetor é sempre o mesmo na horizontal, o que representa que ele se deslocou sempre da mesma forma... sempre com a mesma velocidade... não acelerou, se considerarmos que isto aconteceu sempre no mesmo intervalo de tempo. Já na vertical o vetor aumenta um quadradinho, o que significa que o deslocamento aumentou e a velocidade é maior. Se todos os vetores modificaram-se no mesmo intervalo de tempo, na vertical a velocidade aumentou... é o caso de uma aceleração.

Como isso não é real não tem nada que aumente a velocidade na horizontal, mas pra baixo teria uma aceleração. Se fosse real poderia ter vento e a velocidade aumentar ou diminuir na horizontal também...

5ª Questão: O que vocês consideram interessante na representação feita através deste jogo?

Respostas dos alunos:

Quanto maior o vetor inicial, ou melhor, a velocidade inicial, mais longe da colina o objeto alcançará o chão.

O deslocamento em números de quadradinhos na horizontal é sempre igual, sua velocidade é sempre igual. Enquanto na vertical não... aumenta sempre um pra baixo.

O vetor vai ficando cada vez mais inclinado para baixo quanto mais próximo ao chão. Se a colina for muito alta, o vetor que chega na base é muito maior do que o vetor que saiu do topo da colina.

O primeiro vetor é a velocidade inicial e está totalmente na horizontal, o que significa que, quando sai da colina, só tem essa velocidade, depois é que aparece uma aceleração na vertical que vai aumentando a inclinação do vetor pra baixo.

Acho interessante o fato do vetor ficar mais e mais inclinado, mas nunca ficar totalmente na vertical... isso significa que o vetor inclinado representa na verdade dois vetores, um horizontal que é sempre igual e um vertical que se modifica por causa de uma aceleração que não dá pra saber se é mesmo a da gravidade ou não.

6ª Questão: Qual é o valor da aceleração no movimento deste suposto objeto?

Respostas dos alunos:

A aceleração é 1, depois dois, três, quatro...

A aceleração sempre vale 1 pois a variação do vetor velocidade é sempre de um Quadrado.

A análise desta aula é feita de acordo com os resultados obtidos no jogo e no questionamento do professor.

O jogo, de acordo com as suas regras, proporciona aos alunos um trabalho intenso com o conceito de vetor assim como os conceitos físicos estudados em um lançamento horizontal ou queda livre.

O questionamento do professor estimula a discussão do conhecimento físico pretendido, partindo do objetivo do jogo e das regras que o envolvem.

Com as questões propostas pelo professor, consegue-se obter os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conceitos estudados em queda livre. Para os alunos, o objetivo do jogo não está somente associado ao cumprimento das suas regras, mas na realidade física que estas pretendem demonstrar.

Para alguns alunos os vetores presentes no jogo são considerados vetores que representam o deslocamento enquanto para outros estes vetores representam a velocidade do objeto em queda. Indiferentemente da grandeza física representada por estes vetores, o modo como os alunos operam com eles ocorre de forma natural tanto que a decomposição de vetores é vista claramente nas respostas dos alunos quando estes analisam o movimento nas duas direções (vertical e horizontal).

De acordo com as respostas dadas, o movimento descrito pela componente do vetor na direção horizontal apresenta características de um movimento constante no qual o vetor não sofre nenhuma modificação, seja este vetor um representante do deslocamento ou da velocidade média. A regra (im)posta no jogo não é feita por acaso, já que corresponde a uma realidade para os movimentos verticais, isto é, ser uniformemente variado nessa direção.

Tratando-se da componente do vetor na direção vertical, os alunos percebem que as suas modificações estão associadas a um movimento variado, no

qual a aceleração possui um valor constante, isto é, um quadradinho na direção vertical a cada novo vetor desenhado. Os alunos que não percebem isto têm a sua atenção voltada para os alunos que a fizeram, repensando e reavaliando sua resposta vindo posteriormente a concordar com seus colegas.

O professor não discutiu com os alunos o que o vetor estava representando enquanto grandeza física, mas optou pela análise da atividade considerando o vetor do jogo como o representante da grandeza *deslocamento*. A continuidade da atividade "lançamento horizontal" se fez a partir não mais de um questionamento e sim da sugestão da construção de uma tabela do tempo em função do deslocamento. A tabela construída pelos alunos correspondeu à descrita no projeto. Nesta, o intervalo de tempo considerado era constante para todos os vetores, enquanto o deslocamento correspondeu ao número de quadradinhos que ele desceu em relação ao ponto de onde foi lançado.

Partindo desta tabela e da construção de um gráfico $y = f(t)$, o professor, junto aos alunos, discutiu a relação entre y e t . A figura obtida com o gráfico correspondeu ao trecho de parábola, característico dos movimentos uniformemente acelerados. O professor discutiu com os alunos a expressão $(Y = Y_0 + v_0t + at^2/2)$, que já era do conhecimento dos mesmos. Nesta parte da atividade, a participação do professor foi mais intensa do que a dos alunos.

Percebeu-se, com esta atividade, que os alunos ainda não estão preparados e não estão acostumados a questionar os conhecimentos e necessitam sempre do auxílio do professor para isto. Vimos que de acordo com as relações estabelecidas em sala de aula, com a utilização dos jogos, é possível aos alunos modificarem a dinâmica da aula, transformando-a não mais em uma seqüência de perguntas feitas pelo professor e respostas fornecidas por eles. No decorrer das próximas atividades busca-se também como resultado uma mudança da dinâmica de aula, afinal os diálogos estabelecidos no decorrer da 1ª e da 2ª atividades permitem ao aluno, a partir de um certo momento, ser o criador das questões e o responsável pela respostas de suas próprias perguntas, além das do professor. Busca-se neste novo momento uma maior discussão entre os alunos presentes na aula, sempre com uma orientação e estímulo do professor.

6.2 LANÇAMENTO OBLÍQUO

O mesmo procedimento anterior pode ser usado para o caso do estudo de um lançamento de um objeto formando um ângulo com a horizontal.

Para isso desenha-se no papel quadriculado um segmento como está na figura 3.

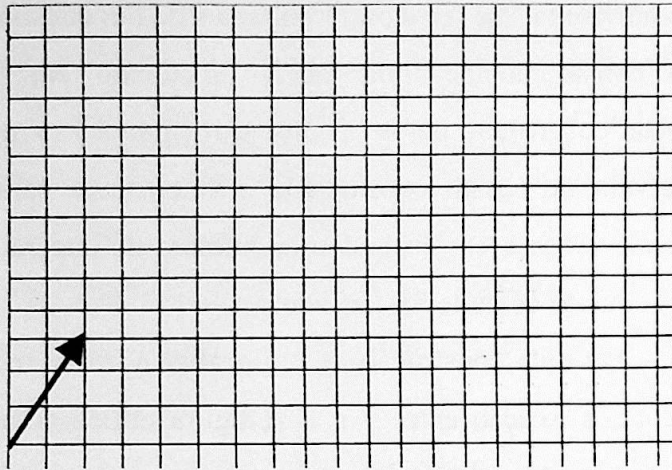


Fig.4

Esse segmento vai indicar o deslocamento ou a velocidade do objeto, dependendo da análise que se pretende fazer sobre o jogo.

A regra do jogo continua a mesma, isto é, em cada etapa devemos descer um quadradinho exatamente como foi feito para o caso do lançamento horizontal.

Nesse jogo podemos mostrar que existe uma relação entre o ângulo de lançamento e o alcance, que para ângulos complementares o alcance é o mesmo, que o ângulo que dá maior alcance é o de 45° etc...

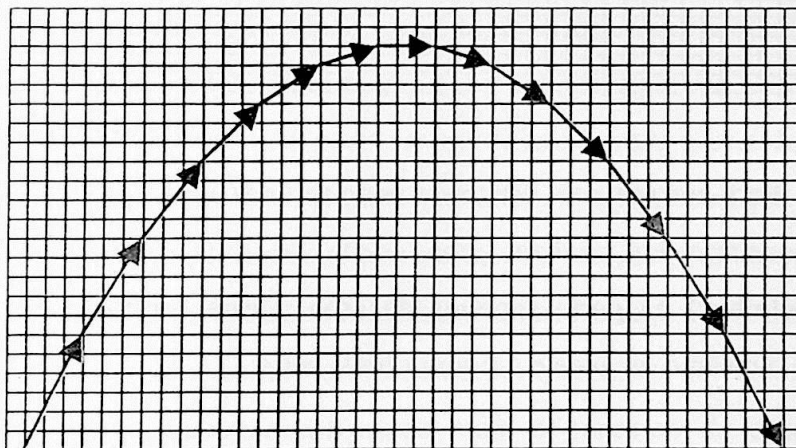
Todas estas atividades são bastante importantes para que o estudante assinale os conteúdos estudados ou, melhor ainda, como introdução ao estudo desses movimentos.

ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO

Este jogo, assim como as atividades anteriores, necessita de algumas observações quanto aos seus limites quando considerado gerador de aprendizagem, principalmente ao admitir-se que os vetores desenhados estejam representando duas grandezas físicas: *deslocamento* ou *velocidade*.

Considerando, inicialmente, que a grandeza representada pelos vetores do jogo seja a grandeza *deslocamento* observam-se então alguns problemas com a simulação do jogo acerca da realidade física que este queira demonstrar. Esta atividade, embora com as mesmas regras da anterior, não exige uma preocupação com o primeiro vetor desenhado. A atenção maior deve existir mais adiante, após o término da atividade.

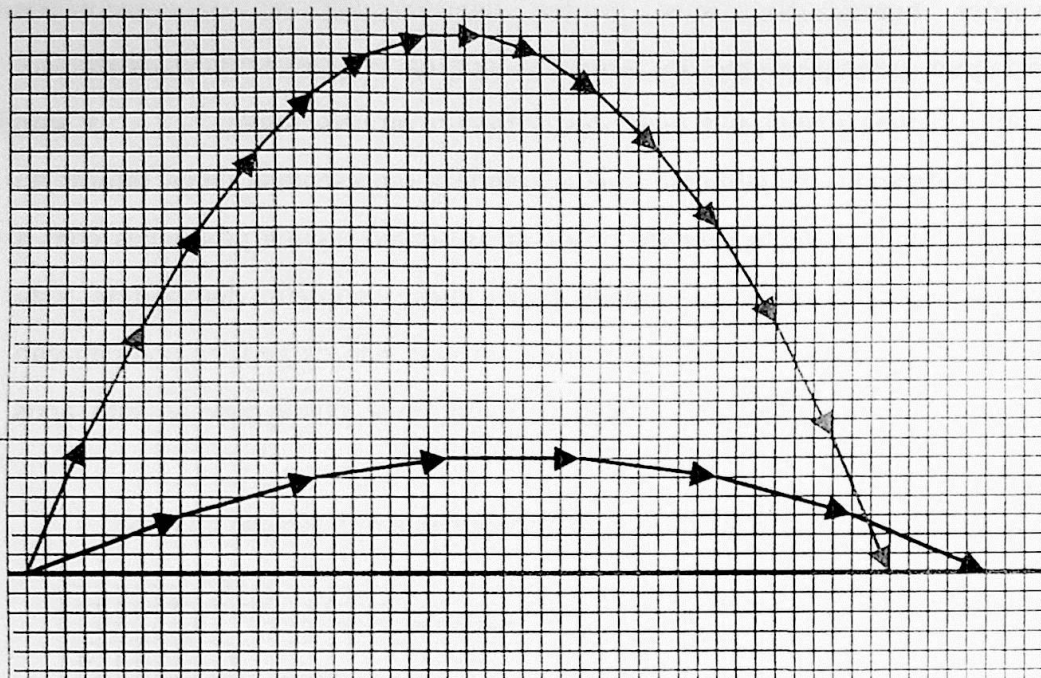
A figura que se obtém com o jogo é semelhante à ilustração abaixo.



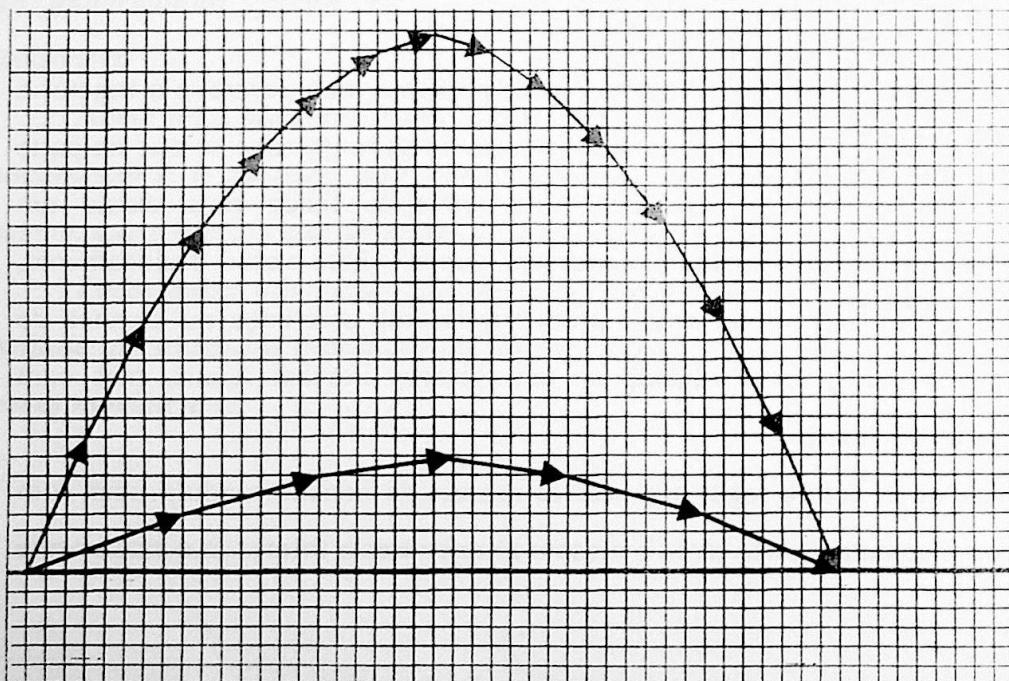
Esta figura, assemelha-se a um arco de parábola, que descreve a trajetória de um objeto lançado obliquamente. Observando a figura percebe-se que na parte superior do "arco" não se encontra uma realidade física pois existe um deslocamento horizontal "aparentemente sem queda". Este vetor deslocamento, que está na parte superior do arco, proporciona uma diferença no alcance do último vetor principalmente quando se tem vetores iniciais iguais, mas com ângulos complementares.

Observa-se, com o jogo, que vetores iniciais de mesmo módulo, mas com ângulos complementares, não terão o mesmo alcance e esta diferença é exatamente

igual a diferença entre os módulos dos vetores que estão na parte superior do arco, como mostra a figura abaixo.



Para corrigir esta diferença pode-se criar uma "nova regra" para este jogo, que consistiria em realizar uma queda de dois quadradinhos (diminuir dois quadradinhos) na parte superior do arco. Desta forma os novos arcos obtidos teriam o mesmo alcance e a figura obtida seria:



No entanto, esta nova regra criada também não corresponde a uma realidade para os lançamentos. Admite-se, em princípio, que a regra diminuir um quadradinho é uma simulação de um movimento com aceleração constante; ao modificarmos esta regra na parte superior do arco, a aceleração deixara de ser constante neste ponto.

Analisando os vetores do jogo, associando a eles um intervalo de tempo constante, admitimos então uma possibilidade de estudo para o movimento, no qual os vetores desenhados não representam os deslocamentos, mas a grandeza **velocidade média**. Se admitirmos que o intervalo de tempo considerado é muito pequeno e tem um valor muito próximo a zero, o vetor presente no jogo representa, então, a velocidade instantânea.

Com essa consideração, o vetor desenhado na parte superior representa uma realidade para os lançamentos, isto é, no ponto mais alto da trajetória de um lançamento oblíquo um objeto tem velocidade somente na direção horizontal (v_x), enquanto na direção vertical sua velocidade é zero ($v_y = 0$). Deste modo, o vetor desenhado na parte superior do arco não pode ser modificado com a criação da nova regra (diminuir dois quadradinhos no ponto mais alto); isto significa que não há meios de se descartar a diferença existente no alcance dos vetores com módulos iniciais iguais e ângulos complementares comentada anteriormente. Discussões sobre os limites deste jogo proporcionam uma maior compreensão da realidade existente em um lançamento, enriquecendo ainda mais o processo de ensino-aprendizagem e valorizando o modelo apresentado pelo jogo.

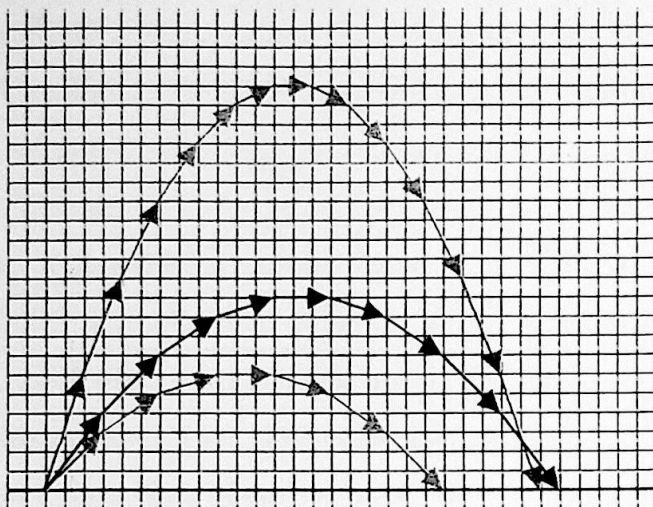
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Esta atividade ocorre após o término do estudo dos lançamentos horizontais. A intenção dela é analisar o movimento não mais do alto de uma colina e sim do chão, da base do papel quadriculado. As regras estabelecidas são as mesmas do lançamento anterior.

A atividade com os alunos teve o seu início a partir de um desafio proposto pelo professor: obter a maior distância na horizontal (alcance) a partir da

origem do vetor inicial. Isto deveria ser realizado a partir da escolha de vetores que formassem ângulos diferentes com a base horizontal. Nesta atividade, o questionamento surge com a análise de um dos resultados obtidos pelos alunos. De acordo com o que foi realizado em aula, temos:

1ª Questão: *Olhando para o resultado deste novo jogo, o que vocês podem falar a respeito dos diferentes movimentos?*



Exemplo do resultado obtido por um dos grupos

De acordo com a opinião dos alunos:

É um objeto que sobe e desce.

Quando saímos com um vetor muito pequeno a distância na horizontal é pequena, isto é, se fosse o lançamento de um objeto, ele não iria muito longe. Quando aumentamos a altura do vetor... o tamanho do vetor na vertical... ele vai mais longe na horizontal.

O que ele quis dizer é que quanto maior for o ângulo, maior a distância que ele cairá na horizontal.

O deslocamento e a velocidade na horizontal não mudam. O que muda é a velocidade na vertical, pois só tem aceleração na vertical. Se começarmos com três quadradinhos na horizontal, andamos sempre três quadradinhos na horizontal e na vertical diminuimos sempre um, esta é a regra. Na vertical, o

movimento muda sempre. No início o vetor está subindo, depois ele está descendo... E não é verdade que quanto maior o ângulo, maior a distância na horizontal, pois se o ângulo for muito grande ele subirá muito e cairá perto.

O movimento na subida é igual ao da descida, só que em sentido contrário. Ele sobe e desce no mesmo intervalo de tempo. Além disso a trajetória é um arco.

Quando o vetor está subindo estamos realmente diminuindo um quadradinho, mas ele ficará em um instante só na horizontal... daí ele muda de direção, ele se volta para baixo... e depois que isso acontece quando diminuimos um quadradinho o vetor começa a aumentar de novo. Diminuir um quadradinho na descida significa, na realidade, aumentar um quadradinho... acelerar.

Quando o vetor está subindo e diminuimos um quadradinho estamos diminuindo a sua velocidade. Ele está desacelerando. Quando chega no pico é como se ele parasse e começasse a cair então a velocidade dele vai aumentando aos poucos e ele está sendo acelerado.

2ª Questão: É possível estabelecer alguma relação entre o ângulo de lançamento e o alcance, observando as figuras que vocês obtiveram com o jogo?

Sim. Para ângulos muito pequenos o alcance será pequeno.

Ângulos muito grandes também dão alcance pequeno.

Acho que existe uma faixa em que temos determinados ângulos que dão grande alcance... deve ser entre o 30° e o 50° ; ângulos maiores ou menores dão alcances pequenos.

Depende do tamanho do vetor! Para os ângulos entre 30° e 50° , se o vetor inicial for grande, em número de quadradinhos na direção horizontal, o alcance também será. Não adianta nada escolhermos um ângulo de lançamento dentro destes limites se o vetor inicial for pequenininho na direção horizontal...

O ângulo que dá maior alcance deve ser o de 45° . O de 50° não dá um alcance maior do que o de 45° .

... se olharmos direitinho, por exemplo na nossa folha, temos aqui dois vetores que saem com ângulos diferentes e têm quase o mesmo alcance. Estes dois vetores

iniciais são quase idênticos... o que mudou foi o ângulo... um deve ser aproximadamente o dobro do outro... e o alcance foi quase o mesmo.

É verdade... quando dobramos o ângulo, o alcance será quase o mesmo,... por exemplo, 30° e 60° terão quase o mesmo alcance, para vetores iniciais iguais.

A realização da atividade ocorre com um estímulo do professor, que busca a dinâmica da aula a partir de um desafio. No entanto, observa-se no trabalho em sala de aula que o questionamento do professor ainda se faz necessário, principalmente quando este pretende intervir nos esquemas de conhecimento dos alunos.

Analisando o desenvolvimento desta atividade, observa-se que é maior o número de alunos que expõem suas opiniões quando comparamos o resultado deste jogo ao anterior.

Nas respostas dos alunos às duas únicas questões, percebe-se que:

- Os alunos consideram o vetor do jogo como sendo representante da velocidade do objeto. Ao decompor os vetores em componentes v_x e v_y observam que a velocidade muda somente em uma direção, que, de acordo com a regra do jogo, é a direção vertical. Sendo o movimento na direção horizontal sempre o mesmo, a velocidade nesta direção é constante.
- O movimento na direção vertical se modifica, sendo a princípio desacelerado, e em seguida, acelerado.
- No ponto mais alto da trajetória, a velocidade na direção vertical é nula. Neste ponto, o objeto pára de subir durante um intervalo de tempo muito curto, mantendo somente a sua velocidade na direção horizontal.
- O módulo da componente do vetor velocidade inicial na direção horizontal do papel interfere no alcance. Quanto maior for o módulo da componente horizontal do vetor velocidade inicial, maior será o alcance.

- O ângulo que o vetor velocidade inicial tem, em relação à base do papel, influencia no alcance obtido. O vetor velocidade inicial, que forma um ângulo de 45° com a base do papel, obtém o maior alcance.
- O alcance dos vetores iniciais de mesmo módulo e ângulos complementares será o mesmo. Embora com o jogo não se obtenha uma representação que demonstre isso, os alunos chegaram a esta conclusão a partir de comparações aproximadas entre os diferentes jogos existentes nos grupos de alunos da sala.

O resultado obtido com as respostas dos alunos dispensou comentários em relação aos limites existentes neste jogo e demonstrou que o modelo apresentado, mesmo sem discussões detalhadas, é capaz de proporcionar aos alunos a compreensão do movimento de objetos lançados obliquamente. Notamos que, apesar de ser realizada na atividade anterior uma discussão, considerando os vetores do jogo como representantes da grandeza *deslocamento* o mesmo não ocorreu nesta nova atividade. Os alunos trabalham e analisam, de forma direta e distinta, com ambas as grandezas (deslocamento e velocidade), sem efetivamente apresentar confusões conceituais entre elas.

Ressaltamos que as discussões sobre os limites do jogo são necessárias e importantes, principalmente quando os alunos considerarem que os vetores do jogo representem simultaneamente duas grandezas físicas (deslocamento e velocidade).

O professor, ao discutir com seus alunos os limites do jogo, precisa estar atento para não gerar confusões entre os conceitos "deslocamento e velocidade". É interessante ao professor analisar a atividade com as duas considerações, no entanto, isso deve ser realizado de forma distinta, inicialmente considerando o vetor como representante de uma das grandezas e em seguida da outra.

7. BRINCANDO COM VETORES III

As atividades presentes nessa terceira e última etapa do nosso trabalho, com a proposta do projeto RIPE, aplica os conceitos vistos anteriormente no estudo do movimento circular uniforme realizado por objetos.

Esta atividade tem os seguintes objetivos:

1. – Complementar e aprofundar as noções sobre vetores que foram discutidas na atividade Brincando Com Vetores I e Brincando Com Vetores II.
2. – Introduzir o Movimento Circular Uniforme.
3. – Apresentar a velocidade e a aceleração do Movimento Circular Uniforme (MCU), sob uma forma vetorial.
4. – Discutir a dependência entre velocidade de um móvel em MCU e o raio da trajetória.
5. – Discutir a dependência entre aceleração de um móvel em MCU e o raio da trajetória.
6. – Discutir a direção do vetor aceleração como um processo de limite da aceleração média.

O procedimento é dividido em quatro partes distintas nas quais pretende-se cumprir os objetivos mencionados anteriormente.

Material:

- **Papel sulfite; lápis; cartão; tesoura.**

7.1 ATIVIDADE INICIAL: INTRODUZINDO O JOGO.

Procedimento:

Esta atividade difere das anteriores. Não se utiliza mais um papel quadriculado e sim um papel em branco.

A regra do jogo é a seguinte:

De início, recorta-se em um cartão um triângulo retângulo, cujos catetos tenham 1 cm e 3 cm (esses valores são arbitrários).

Na figura 1, mostramos o cartão e seu cateto maior $P_1 P_2$. Esse cateto seria o 1º deslocamento ou a representação da 1ª velocidade, dependendo das considerações feitas.

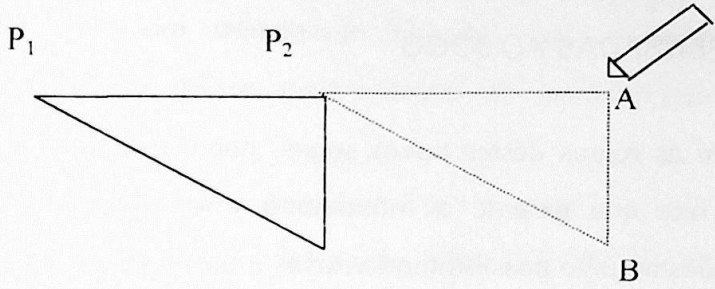


Fig. 1

Após desenhar com lápis P_1P_2 , move-se o triângulo horizontalmente até que P_1 chegue onde estava P_2 . Marcam-se então os pontos A e B. Note que P_2AB é um triângulo retângulo exatamente igual ao anterior.

Coloca-se então o triângulo de cartão sobre este triângulo desenhado, de tal forma que o cateto maior do triângulo em cartão fique sobre a hipotenusa do triângulo desenhado P_2AB . (Ver figura 2)

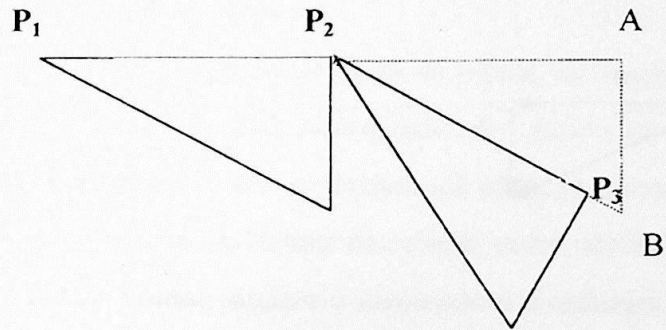


Fig. 2

O segundo deslocamento será P_2P_3 . O processo repete-se dessa maneira para os deslocamentos subseqüentes. Agindo desta forma, vemos que o processo gera uma linha poligonal que assemelha-se a uma circunferência.

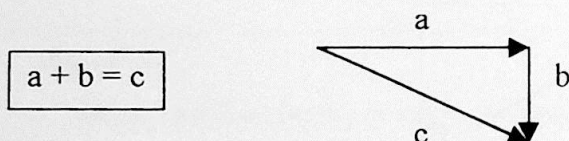
A cada etapa teremos um deslocamento constante.

$P_1P_2 = P_2P_3$, e assim por diante. Isso guarda uma semelhança com o MCU no qual o móvel percorre espaços iguais em tempos iguais. Poderíamos associar a esses segmentos P_1P_2 , P_2P_3 ... a velocidade uniforme do objeto, desde que consideremos que eles representem o deslocamento por unidade de tempo.

ATENÇÕES NÃO DISPENSADAS AO JOGO

Ao se observarem as regras destes novos jogos, percebe-se que existem dois tipos delas, uma fixa que garante o movimento circular e outras que proporcionam modificações no jogo possibilitando novas interpretações. As regras que proporcionam modificações no jogo surgem somente com propostas feitas pelo professor no desenvolvimento das atividades, de acordo com as novas associações que se pretenda realizar entre a representação do jogo e os conceitos físicos.

Nesta atividade, alguns cuidados devem ser levados em consideração quando cada um dos lados do triângulo são considerados como representantes de um vetor. A associação entre os segmentos e os vetores ocorre inicialmente como uma adição vetorial, isto é:



Esta idéia não deve ser levada adiante com as novas atividades, pois os vetores do jogo irão a cada nova discussão assumir outros significados como grandezas físicas, perdendo-se então a idéia de que eles sejam uma soma vetorial.

O vetor b , no desenvolver das atividades, será considerado como o vetor representante da aceleração para o movimento circular, descaracterizando a idéia da adição vetorial.

A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Este jogo é proposto como uma introdução às noções sobre o movimento circular de um objeto. Nele é possível associar a representação feita com o movimento circular, conseguindo distinguir os vetores existentes na situação (vetor deslocamento, velocidade e aceleração). Ainda é possível verificar que a aceleração, em um movimento circular, está direcionada para dentro da circunferência, ou melhor, para o centro do polígono que se aproxima de uma circunferência.

Com a atividade desenvolve-se a idéia de que as modificações de velocidades estão relacionadas a uma espécie de força aplicada sobre um objeto; desta forma, obtém-se uma definição para força centrípeta. No entanto, este tipo de direcionamento da atividade levará a um distanciamento maior da proposta feita até o momento, que é utilizar algumas das atividades do Projeto RIPE para o desenvolvimento dos conceitos de cinemática e não dos conteúdos relacionados à dinâmica.

Fazem-se necessárias para a realização desta atividade, algumas explicações por parte do professor aos alunos. É interessante uma divisão dos grupos transformando-os em duplas, pois desta forma garante-se o cumprimento da atividade por todos os alunos.

O tempo para a realização desta atividade varia entre 15 e 20 minutos, de acordo com a participação e envolvimento dos alunos com o jogo. Na turma de alunos analisada, observamos, ao término da atividade, uma mudança na dinâmica da aula. Esta mudança é verificada na relação entre professor, alunos e conteúdo. Percebe-se que os alunos iniciam a discussão e a realizam sob a forma de alguns comentários, tais como:

⇒ isto se parece com aquela figura geométrica... é cheio de ladinhos. Não sei como se chama mas eu sei que já vimos antes;

⇒ formou uma figura geométrica que se parece com uma bola... ou melhor um círculo, mas é meio quadradinha ao redor.

⇒ ... um círculo? Só se nós arredondarmos dos lados.

⇒ isso talvez possa servir para representar um movimento em círculo !?

Embora a iniciativa tenha partido dos alunos, ainda se fez necessário o questionamento do professor, como o demonstrado no trecho abaixo, extraído da aula.

1ª Questão: Vocês acham que isto pode representar realmente um movimento circular? Por quê?

Poderia sim. O deslocamento aqui descrito pode ser considerado como um círculo.

Acho que sim. Cada lado do triângulo pode ser considerado um vetor, que vai mudando aos poucos sua direção até se transformar em um quase círculo.

É sim. Cada lado representa um vetor como ele falou. Poderíamos dizer que o lado maior, este daqui, é resultado dos dois outros lados...

O que ela quis dizer é que a hipotenusa representa a soma dos dois vetores perpendiculares entre si. Embora não esteja representado pela seta, podemos considerar isto.

É assim... O lado de cima, que mede 4 cm é o deslocamento... o lado perpendicular, que mede 1 cm, é um desvio que ele sofre no seu deslocamento... e a hipotenusa é o deslocamento resultante dos dois.

Ou a velocidade... podemos estar representando aqui a velocidade se considerarmos um intervalo de tempo constante como fizemos nos jogos anteriores.

Acho interessante aqui ... que o desvio acaba sempre levando o vetor a fazer a curva, desta forma ele resulta em uma circunferência. É como se este vetor perpendicular ao maior fosse uma força que empurrasse o outro vetor pra dentro. Ele é o responsável pela mudança do movimento.

Para que tenha a mudança do movimento, é necessário que tenha realmente esta força que você falou, mas os vetores aqui podem representar o deslocamento ou a velocidade, não dá para falarmos que algum deles é um vetor "força"...

Na fala dos alunos percebe-se que:

- Os alunos associam cada um dos lados do triângulo a um vetor. A hipotenusa do triângulo é o vetor resultante da soma de dois outros vetores (dois catetos).
- Os alunos consideram o vetor do jogo como representante da grandeza deslocamento. Quando associam um intervalo de tempo, consideram então os vetores do jogo como sendo representantes da grandeza velocidade.
- As modificações que o vetor sofre durante o jogo estão associadas à existência de uma força.

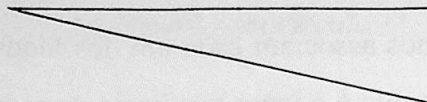
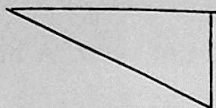
Neste jogo, os alunos trabalham intensamente com as noções vetoriais adquiridas com as atividades anteriores, sempre associando-as aos conceitos físicos. Nesta atividade, verifica-se que os alunos trabalham com os conceitos físicos de forma definida, isto é, eles mencionam a cada momento qual grandeza eles estão considerando a cada uma das interpretações. Quando os alunos caracterizam o vetor do jogo como sendo o vetor deslocamento, eles não associam a ele um intervalo de tempo. No momento em que esta associação é feita, os alunos deixam de considerar os vetores como representantes do deslocamento e os analisam como representantes da grandeza velocidade.

Observa-se que a função do professor como questionador do conhecimento começa a ser superada pelos alunos gradativamente. A relação professor-alunos é fortemente marcada pela orientação no decorrer das atividades. O professor não é a pessoa que diz o certo e o errado, mas a que mostra caminhos para a obtenção dos resultados.

7.2 RELAÇÃO ENTRE A “VELOCIDADE” E O “RAIO” DA POLIGONAL.

Procedimento:

Nesta atividade, devemos construir um novo triângulo com o papel cartão. Este novo triângulo deverá manter a mesma medida para o cateto menor e o dobro da medida do cateto maior.



Repita o procedimento da atividade anterior.

Você observará que o novo polígono terá agora um raio quatro vezes maior que o do polígono anterior; isto demonstra uma certa semelhança com o MCU no qual o raio da circunferência depende do quadrado da velocidade.

A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Este jogo é uma continuidade da atividade anterior e com a comparação entre os resultados dos dois jogos pode-se estabelecer uma relação do raio da circunferência com a velocidade, ou melhor, estabelecer que raio da circunferência no movimento uniforme é proporcional à velocidade ao quadrado

$$R \propto v^2$$

O jogo foi proposto aos alunos de acordo com a forma apresentada no próprio projeto, isto é, sugerindo aos alunos que modifiquem o tamanho do cateto maior e conservem o cateto menor do triângulo de cartão e realizem novamente os procedimentos da atividade anterior.

As modificações nos módulos dos vetores são as novas regras para o jogo, introduzidas pelo professor, a fim de gerar novas discussões entre os alunos sobre os conceitos físicos que estão sendo estudados.

Investigando-se algumas opiniões dos alunos em relação ao que acontece na construção da nova circunferência, tem-se:

⇒ Vai mudar o deslocamento, ou melhor a velocidade...

⇒ Vai resultar em um círculo duas vezes maior...

⇒ Resulta em círculo ... mas eu acho que não será duas vezes maior. Ele será muito maior.

Após a realização da atividade observa-se nos comentários dos alunos:

⇒ ... aumentou o polígono, mas o diâmetro dele não é o dobro do anterior ...

⇒ ... medindo o diâmetro com a régua vimos que ele é aproximadamente quatro vezes maior do que o anterior... mas isso é aproximado, pois não dá exatamente quatro vezes maior, não é uma circunferência exata.

Quando o jogo encontra-se terminado, a partir dos comentários dos alunos, ainda pode ser necessária a intervenção do professor com um questionamento. As questões propostas direcionam os comentários dos alunos e os conhecimentos que se pretende obter com a atividade. Nesta turma de alunos, o professor seguiu com o seguinte questionamento.

1ª Questão: O que esta regra proposta representa fisicamente para nós, se considerarmos o movimento circular?

Representa um aumento de velocidade. Quando aumentamos a velocidade duas vezes, a circunferência aumenta quatro vezes.

Significa que, quando duplicamos a velocidade, a circunferência que representa o trajeto aumenta o seu raio aproximadamente quatro vezes em relação a um movimento anterior.

2ª Questão: Poderíamos então afirmar que: o raio da circunferência depende do quadrado da velocidade?

Não dá para saber... fizemos só com o dobro da velocidade.

... não dá para saber pois só fizemos isso uma vez,... será que é válido sempre?

Nossos resultados são aproximados, quando falamos que o raio aumentou quatro vezes... mas isso acontece sempre; se construirmos outro triângulo diferente podemos comprovar isto.

É verdade... Se aproximarmos isto, realmente acontece.

Alguns alunos podem não obter estes resultados se a atividade não for realizada com o devido cuidado necessário no momento de desenhar os triângulos, resultando em uma circunferência aberta na qual o último triângulo não coincide exatamente com o primeiro.

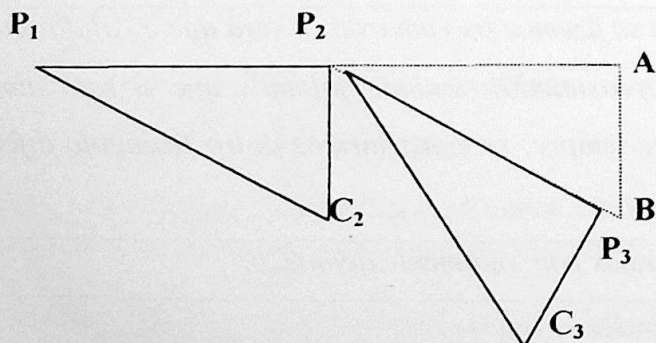
Nesta atividade nenhuma discussão foi feita considerando o vetor do jogo como representante da grandeza *deslocamento*. A discussão do professor partiu de uma única consideração que é a modificação no vetor representante da grandeza *velocidade*.

As questões propostas pelo professor direcionaram a atenção dos alunos para o fato do raio formado na trajetória de um objeto em movimento circular variar de acordo com o quadrado do valor da velocidade. Em nenhum momento observa-se discordância dos alunos em relação a este fato. Embora o jogo tenha sido realizado com esta nova regra uma única vez os alunos fazem generalizações e conclusões de que isto ocorre sempre em um movimento circular.

7.3 RELAÇÃO ENTRE A “ACELERAÇÃO” E O “RAIO” DA POLIGONAL.

Procedimento:

Na figura 4, os segmentos P_2C_2 , P_3C_3 etc são perpendiculares aos segmentos P_1P_2 , P_2P_3 etc... que estão representando a velocidade do objeto que está se movendo. (Ver figura 4)



Poderíamos fazer uma analogia entre esses segmentos e o vetor aceleração do MRU. Note que por enquanto, não temos uma semelhança muito grande, pois $P_2 C_2$, $P_3 C_3$ etc não apontam para o “centro da poligonal”.

Porém vejamos o que vai acontecer com o aspecto de duas poligonais que tenham o mesmo valor $P_1 P_2$ e os valores de $P_2 C_2$ sejam um o dobro do outro.

Recorte, então, dois triângulos em cartão que obedecem a essas condições e trace as poligonais usando o mesmo método anterior.

Você vai notar que quando dobramos $P_2 C_2$, o “raio da poligonal” cai pela metade, isto é, se associarmos $P_2 C_2$ à aceleração vemos que o “raio da poligonal” é inversamente proporcional à aceleração. Exatamente como acontece com o MCU. (Ver figura 5)

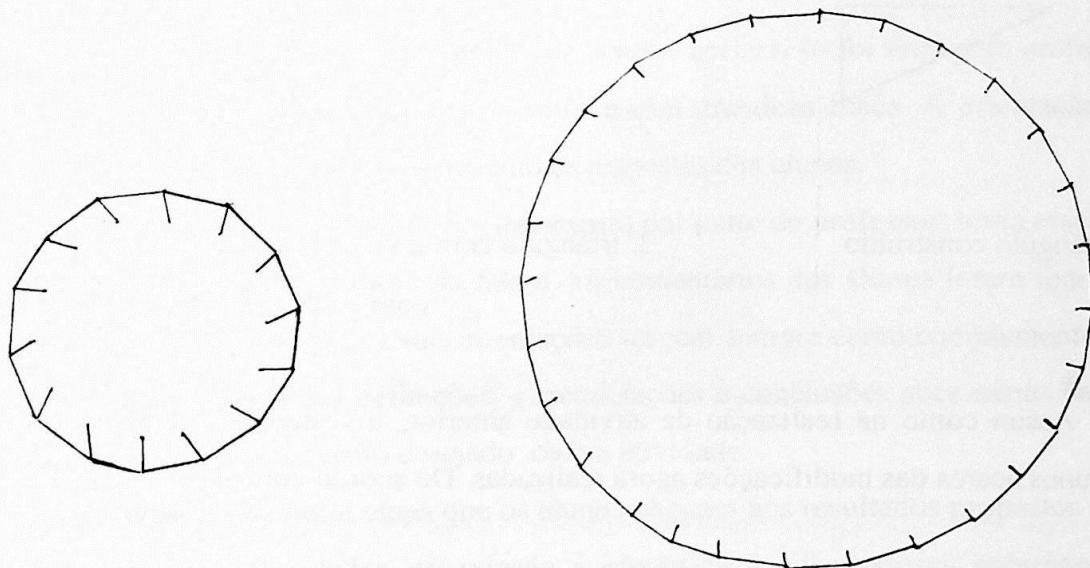


Fig 5

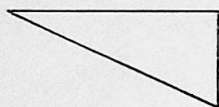
De acordo com a proposta do nosso trabalho, não cabe ao professor a tarefa de responder às perguntas feitas pelos alunos e sim direcioná-los e orientá-los para que eles, em grupo, discutam os assuntos e cheguem às conclusões corretas dos conceitos presentes nas atividades.

A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

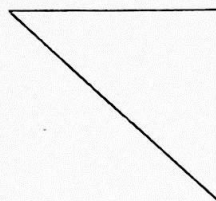
Com a aplicação deste jogo, pretende-se obter uma relação entre a aceleração e o raio da circunferência em um movimento circular uniforme, isto é, a aceleração é inversamente proporcional ao raio, tal que:

$$a \propto \frac{1}{R}$$

Para que o jogo tenha início é necessário que os alunos retomem as construções dos triângulos, de acordo com a proposta mencionada anteriormente.



1º retângulo construído



2º triângulo com uma das medidas do cateto com o seu valor duplicado*

Assim como na realização da atividade anterior, investigou-se a opinião dos alunos acerca das modificações agora realizadas. De acordo com eles:

⇒ *Fazendo isto estaremos dobrando o valor do vetor aumentando o resultante, a hipotenusa.*

⇒ *Isso faz com que a nossa circunferência fique menor.*

⇒ *Ela deverá diminuir quatro vezes o raio com o dobro deste vetor... pois aconteceu essa relação entre o raio da circunferência e a velocidade.*

⇒ *Acho que não, pois agora é uma diminuição para dentro... na realidade o que vamos fazer é direcionar o vetor mais rápido para dentro... apontando para o centro.*

* Ilustração feita também pelo professor na lousa a fim de esclarecer os alunos.

Após a realização do jogo pelos alunos, observaram-se alguns novos comentários:

⇒ *Quando dobramos o vetor, a hipotenusa aparece mais voltada para o centro como foi comentado antes.*

⇒ *Nós fizemos algumas medidas do raio e desta vez ele diminuiu aproximadamente metade do seu valor e não quatro vezes como esperávamos.*

⇒ *Temos que aproximar para podermos fazer as considerações e associações com movimento circular...*

⇒ *É, ele diminuiu aproximadamente duas vezes. Isto quer dizer que se fosse um movimento em círculo quando dobramos este vetor o raio diminui a metade.*

A analogia entre este segmento e o vetor aceleração foi feita pelo professor já que os alunos não associaram o vetor a esta grandeza física. A orientação do professor ocorreu como complemento às respostas dos alunos.

Não foi realizado um questionamento por parte do professor, nesta etapa da atividade; no entanto a partir da fala e dos comentários dos alunos foram feitas as orientações do professor. Estas orientações surgem sempre como complementos e auxílios aos alunos nas definições, generalizações e conclusões necessárias para a obtenção do conhecimento desejado com a atividade.

Observa-se nesta etapa que os alunos chegam aos resultados propostos sem apresentarem dificuldades em relação à identificação dos vetores presentes na atividade. Os conceitos analisados e suas representações vetoriais parecem claros dentro das discussões e modificações propostas pelo professor durante a realização dos jogos.

Verifica-se que as novas regras propostas pelos jogos no M.C.U. garantem sempre modificações nas interpretações dos alunos com relação às considerações vetoriais feitas. A cada nova regra introduzida, o jogo ganha suportes para gerar discussões e propiciar a geração de novos conceitos.

INSTITUTO DE FÍSICA

Serviço de Biblioteca e Informação

Tombo: 3594
ex. 2

7.4 LEVANDO O PROCESSO A UM LIMITE

Procedimento

Vimos, nas atividades anteriores, que existe uma dependência entre o “raio” da poligonal e a “velocidade”, e entre o “raio” e a “aceleração”. Assim, se dobrássemos a velocidade, o raio ficaria multiplicado por quatro. Mas se, ao mesmo tempo, multiplicássemos a aceleração por quatro, o raio não iria mudar.

Vamos supor agora que tenhamos um “MCU” como o que está na figura 6a.

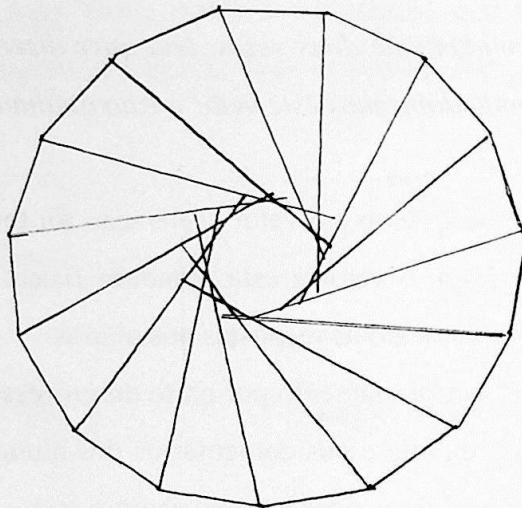


Fig. 6a

Nela, encurtamos o vetor aceleração. Note que esses segmentos se interceptam e formam uma outra poligonal. No movimento circular uniforme todos esses segmentos estariam dirigidos para o centro da circunferência.

Acontece que não estamos usando a velocidade vetorial instantânea e nem a velocidade vetorial média.

Considerando que cada um dos deslocamentos que formam a poligonal correspondem a um intervalo de tempo, tais segmentos também são proporcionais à velocidade média. Vamos supor que quiséssemos reduzir o intervalo de tempo à metade. Então o deslocamento, nesse caso, seria representado por um segmento cujo tamanho é a metade do anterior. Esses segmentos são, como dissemos, proporcionais à velocidade média. Mas, para

que o "raio" se mantenha, devemos dividir o vetor que representa a aceleração por quatro.

Isso é o que foi feito na figura 6b.

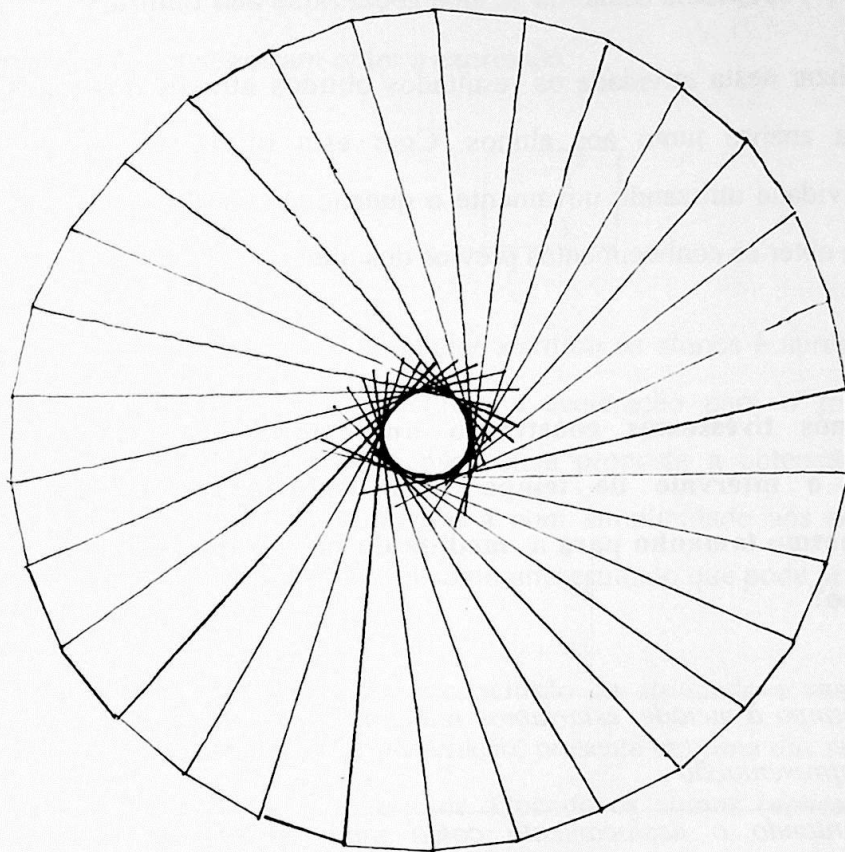


Fig 6b

Nessa figura, podemos notar que, quando o intervalo de tempo é reduzido à metade, a poligonal fica com um aspecto mais próximo de uma circunferência.

Creemos que apesar de todas estas atividades serem uma maneira um pouco artificial de introduzir o MCU, podem contribuir para uma discussão bem interessante sobre o mesmo.

A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Esta é a última atividade do projeto RIPE, proposta e analisada por nos. Nesta atividade observa-se como os alunos reconhecem as grandezas vetoriais em

um movimento circular uniforme quando estas são levadas a um limite. O modo como esta atividade foi trabalhada em sala de aula se diferencia das anteriores, pois exigiu um maior acompanhamento do professor, assim como um maior direcionamento para a discussão sobre o que as variações nas grandezas podem proporcionar.

Podem-se utilizar nesta atividade os resultados obtidos através dos jogos anteriores para uma análise junto aos alunos. Com esta turma do 1º ano, desenvolveu-se a atividade utilizando novamente o questionamento por parte do professor a fim de se obter os conhecimentos prévios dos alunos.

1ª Questão: Se nós tivéssemos construído uma outra representação, considerando que o intervalo de tempo fosse reduzido à metade e mantivéssemos o mesmo tamanho para a medida do raio, o que aconteceria com a representação?

Se reduzíssemos o tempo à metade, estaríamos reduzindo um dos lados do triângulo, fazendo uma nova representação ...

Estaríamos representando o deslocamento como uma metade do deslocamento anterior. Mas o nosso círculo ficaria maior e não menor.

Vocês não entenderam; o professor disse que deveria ser sem modificar o raio.

Se nós fizéssemos isso, reduziríamos o deslocamento, e para manter o raio seria necessário aumentar a aceleração para termos o círculo igual ao de dentro.

Pelo que eu entendi do que foi falado... nós podemos ter sim a figura menor de dentro se fizéssemos uma nova representação. Mas essa nova representação terá um deslocamento pequeno e uma aceleração grande, para que possamos manter um raio constante.

Eu acho que existe então alguma relação que nós não sabemos entre a aceleração e a velocidade quando o raio se mantém.

Poderíamos montá-la a partir das informações que nós temos das atividades!?

Com as informações acerca dos conhecimentos dos alunos, sugeriu-se o retorno dos grupos (formados por quatro elementos), a fim de que estes desenvolvessem e obtivessem uma relação entre a aceleração e a velocidade.

Partindo das expressões obtidas em aulas anteriores ($v^2 \propto R$, $a \propto 1/R$), os grupos não conseguiram obter a expressão:

$$\boxed{a = \frac{v^2}{R}}$$

O professor como orientador auxiliou os alunos e apresentou a expressão como uma forma de se descrever a aceleração para o movimento circular uniforme. Embora no projeto não esteja proposta a obtenção desta expressão matemática, o professor comentou-a com simplicidade aos seus alunos, não a deduzindo, mas demonstrando-a como um resultado que pode ser verificado com a utilização do jogo.

O passo seguinte para a conclusão da atividade é realizado quando os alunos encompridam o vetor aceleração, presente em uma das suas representações efetuadas nas atividades anteriores. Quando os alunos realizam isso, obtêm-se como resultado as seguintes afirmações:

⇒ Encompridando o vetor da aceleração, todas as retas encompridadas acabam se encontrando formando uma figura semelhante, porém com raio menor.

⇒ Temos uma outra figura bem menorzinha, esta está mais próxima de uma circunferência do que a anterior.

⇒ Quando fazemos isso, o nosso resultado, com a figura menor, se assemelha mais ao movimento circular.

A fim de direcionar mais a atividade novos questionamentos são feitos aos alunos, como o realizado no encerramento desta aula:

2ª Questão: O que esta outra figura representaria fisicamente para nós?

⇒ Não sei se estou certo mas... mas, eu penso que a velocidade diminuiu na figura de dentro...

⇒ ... se considerarmos que aconteceu o movimento sempre no mesmo intervalo de tempo, na figura de dentro ele percorreu uma distância menor. Então a velocidade dele diminuiu.

⇒ ... se fizermos uma consideração nova em relação ao intervalo de tempo, considerando que na figura do meio ele é muito pequeno, podemos então considerar que a nossa velocidade corresponde àquele instante...

⇒ Nós pensamos que ao fazer isto estamos aperfeiçoando a aproximação com o movimento circular. Se o vetor aceleração não tivesse essa inclinação, poderíamos ter todas as retas alongadas apontadas para o centro.

⇒ Nosso grupo concorda com essa opinião... e ao que parece a aceleração deve ser um vetor que aponta para o centro em um movimento circular.

Ao término desta atividade observa-se que os alunos trabalham intensamente com os conceitos físicos, assim como com as noções corretas sobre o processo do limite presente no jogo. Verifica-se que o limite não está somente associado ao vetor aceleração, mas também ao vetor velocidade, principalmente quando existe a consideração da redução do intervalo de tempo, resultando em uma velocidade instantânea para a figura que se forma no centro.

8. O APRENDIZADO DE UMA TURMA DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO COM O PROJETO RIPE

Ao término do ano letivo de 1999, passamos um questionário aos 28 alunos do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Plínio Barreto, que realizaram em seu curso de Física as atividades propostas pelo projeto RIPE ("Brincando com Vetores"). A nossa intenção com a aplicação deste questionário foi verificar como o aprendizado dos conceitos de cinemática vetorial ainda estão presentes mesmo após a apresentação de vários outros conteúdos no decorrer do ano letivo.

Da forma como o ensino dos conteúdos foi direcionado, o aprender não se baseou na cópia ou reproduções de conceitos, mas na criação e elaboração dos mesmos, partindo dos conhecimentos já existentes dos alunos e atividades propostas pelo professor, assim como orientações.

O fato dos alunos recordarem o que lhes foi ensinado não comprova um aprendizado efetivo dos conceitos. É necessário verificarmos o tipo de respostas apresentadas pelos alunos, isto é, analisar o modo como eles demonstram por escrito os conceitos adquiridos.

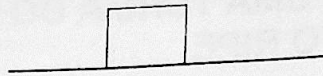
Apresentamos então aos alunos um novo questionário que contemplava algumas das perguntas presentes no questionário fornecido aos alunos do 1º ano do Ensino Médio de 1998 - questionário aplicado e analisado por nós em um capítulo anterior - assim como outras perguntas que foram acrescentadas.

Ao repetirmos neste questionário algumas das perguntas, pudemos estabelecer uma comparação entre o ensino das grandezas vetoriais, feitos pelo método tradicional, com o ensino realizado pelas atividades lúdicas.

Os resultados por nós obtidos foram:

*Levantamento de dados referentes ao questionário destinado aos alunos do
1º Ano do Ensino Médio
(término do 2º semestre de 1999)*

1º caso: *Supondo que o bloco abaixo esteja em movimento sobre uma superfície lisa com uma velocidade de 4 m/s, como você faria a representação desta velocidade?*



Tipos de respostas		Frequência
A)		93%
B) Em branco		7%

2° caso: Se dobrarmos a velocidade do objeto do caso anterior, isto é, a velocidade for de 8 m/s, como será a representação do movimento nesta nova situação ?

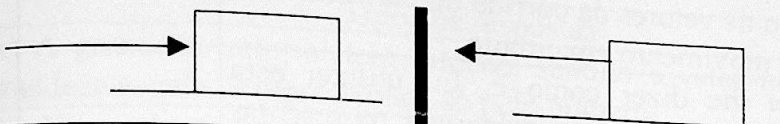
Tipos de respostas		Frequência
A)	<p>será o dobro do tamanho do vetor anterior</p>	93 %
B) Em branco		7%

3° caso: Como você representaria uma força de 50 N aplicada no bloco abaixo?



Tipos de respostas		Frequência
A)		93 %
B) Em branco		7 %

4° caso: Se dobrarmos o valor da força aplicada ao bloco, isto é, se a força for 100N, como ficará a sua representação nesta nova situação ?

Tipos de respostas	
A) O dobro do tamanho do vetor anterior	Frequência
	93%
B) Em branco.	7%

Como podemos observar, dos 28 questionários, obtivemos apenas um tipo de resposta a estas questões, utilizando sempre vetores como forma de representação - com exceção dos alunos que não a fizeram.

Colocando-se a figura do bloquinho no centro do papel, observa-se que todos os alunos não representaram os vetores em um único sentido. No entanto, quando analisamos o questionário, consideramos as representações vetoriais como uma única categoria de resposta, independente do sentido dado pelos estudantes questionados.

Os alunos, em suas respostas, apresentaram representações feitas com o símbolo do vetor e relacionaram a intensidade das grandezas com o tamanho do mesmo. Tal fato não foi observado nas respostas fornecidas pelos alunos do ano letivo anterior, nas quais verificamos maior variação sobre o número de tipos de respostas, que iam desde ilustrações até representações com a figura de uma seta.

Para analisarmos melhor as respostas fornecidas pelos alunos, prosseguimos o questionário, tentando averiguar por que os alunos utilizaram tais representações. Os diferentes tipos de respostas foram separados de acordo com as semelhanças e igualdades apresentadas.

Existiria uma outra forma de realizar as representações das questões acima?

Como seria esta representação e por que você não a utilizou?

Tipo de respostas	Frequência
A) Existem outras formas de representação, que seriam através de desenhos. Não respondi com desenhos, pois acho mais fácil com as setas (os vetores); elas(es) possuem maior significado, são mais completas(os).	14%
B) Sim. Poderia representar por desenhos, mas isto levaria muito tempo e os vetores são mais práticos de se desenhar. Não utilizei desenhos, pois do modo como aprendemos este tipo de representação descreve qualquer coisa (grandezas) em Física que tem	7%

direção, sentido e tamanho.	
C) Sim. Talvez fosse um desenho, mas acho que não estaria correto, pois não trabalhamos nenhuma das atividades do ano assim; nós utilizamos sempre setas como os vetores da corrida do carrinho e da queda do objeto da colina no movimento em círculo.	25%
D) Acho que sim. Não sei lhe dizer como é. Eu utilizei esta representação, pois foi a que utilizamos na aula para representar deslocamento, velocidade e aceleração em alguns joguinhos.	35%
E) Acho que sim. Talvez com um desenho. Não utilizei, pois aprendi a representar deste jeito quando participei, com os meus amigos, dos joguinhos da professora. Nos jogos, nós fizemos a representação com vetores. Acho que é a melhor forma de representar, pois descreve tudo: a direção, o sentido e o tamanho da grandeza.	4%
F) Não. Usei as setas, porque são os vetores. Eles servem para representar as grandezas físicas, pois descrevem a direção, o sentido e o módulo, por exemplo, velocidade, força etc.	4%
G) Não. Usei os vetores, pois são setas que servem para as representações, como fizemos na corrida dos vetores, nos lançamentos, no movimento circular...	7%
H) Em branco.	4%

O que é um vetor?

Tipo de respostas	Frequência
A) Vetor é uma seta (figura) usada em Física para representar algumas grandezas que precisam ter descritas: o tamanho, a direção e o sentido.	57%
B) Vetor é uma (figura) forma de representar as grandezas físicas vetoriais.	25%
C) Vetor é uma seta com direção, sentido e módulo. Serve para representar as grandezas físicas vetoriais.	10%
D) Vetor é uma flecha.	4%
E) Em branco.	4%

O que é uma grandeza vetorial?

Tipos de respostas	Frequência
A) É uma grandeza que precisa ter determinado o tamanho, a direção e o sentido.	71%
B) É toda grandeza que pode ser representada por um vetor.	21%
C) É toda grandeza que não pode ser especificada só por um número (tamanho).	4%
D) Em branco	4%

Qual a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar?

Tipos de respostas	Frequência
A) A grandeza vetorial tem direção, sentido e valor numérico. A grandeza escalar é representada só pelo número.	64%
B) A grandeza vetorial é representada pelo símbolo (figura) do vetor. A grandeza escalar não, basta somente o valor numérico.	28%
C) A grandeza vetorial é representada por uma seta com direção, sentido e módulo. A grandeza escalar é aquela representada só pela escala. Uma grandeza pode ser vetorial ou escalar dependendo do modo como você quer trabalhar com ela.	4 %
D) Em branco	4%

Assinale com um V os conteúdos que você conhece como vetorial e com E os que você conhece como escalar?

Grandeza física	Vetorial (%)	Escalar (%)	Em branco (%)
Deslocamento	92	4	4
Velocidade	92	4	4
Aceleração	92	4	4
Força	92	4	4
Trabalho	92	4	4
Energia	0	96	4
Potência	0	96	4
Impulso e quantidade de movimento	96	0	4

Você sabe fazer operações vetoriais?

Tipo de respostas	Frequência
A) Sim	64%
B) Mais ou menos	25%
C) Sei, mas acho um pouco difícil, quando eles têm direções diferentes	4 %
D) Em branco	7%

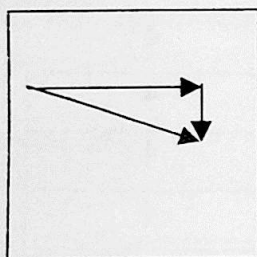
Quais operações você sabe fazer*? Utilize exemplos.

Tipo de respostas	Frequência
A) Decomposição de vetores.	57%
B) Soma de vetores com mesma direção e sentido; mesma direção e sentidos opostos; perpendiculares entre si. Decomposição de vetores.	68%
C) Pra dizer a verdade, não sei.	7%
D) Em branco	4%

Alguns tipos de exemplos dados pelos alunos:

A) (46%)

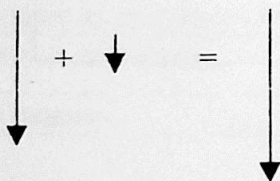
*O vetor em vermelho é resultado da soma dos dois vetores em preto.
Os vetores em preto podem ser a decomposição do vetor vermelho.*



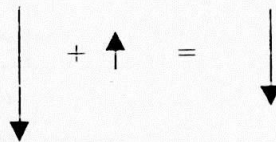
Para sabermos o tamanho do vetor vermelho basta sabermos quanto vale o tamanho de cada vetor em preto e usarmos o teorema de Pitágoras.

B) (28%)

Vai depender da operação:



Se os vetores tiverem mesma direção e sentido somam-se os dois.



Se eles tiverem mesma direção mais sentidos diferentes, mantém-se o sentido do maior e subtrai-se os tamanhos.

* As operações vetoriais foram discutidas somente nas primeiras atividades não havendo portanto nenhum tratamento desse tema fora dos jogos..

*Se forem perpendiculares entre si fazemos**:*

$$\text{Módulo da soma} = \sqrt{(\text{módulo do primeiro vetor})^2 + (\text{módulo do segundo vetor})^2}$$

C) (4%)

Por exemplo um barquinho no rio. Se ele estiver no sentido da correnteza, a velocidade do barquinho será a proporcionada pelo motor mais a da correnteza. Se ele estiver andando contra a correnteza, então subtraem-se as duas velocidades. Se ele for cortar o rio de uma margem a outra temos de usar o teorema de Pitágoras.

$$\text{Velocidade} = \sqrt{(\text{velocidade do barquinho})^2 + (\text{velocidade do rio})^2}$$

D) (22%) Não colocaram exemplos em suas respostas.

Analisando as respostas dos alunos para às questões, observamos que estes pensam em um outro modo de representação que não seja pelo símbolo do vetor (85%), isto é, alguns alunos afirmam que as representações deste questionário poderiam ter sido realizadas com desenhos. Embora exista este modo de representação, os alunos não a fizeram, pois:

- Os vetores seriam uma maneira mais fácil (mais prática) de fazer a representação, pois as setas possuem características capazes de descrever a grandeza por completo e de uma forma simples com: direção, sentido e módulo.
- Uma representação feita por um desenho requer um tempo maior para ser realizada.

** A expressão matemática que determina a soma de vetores perpendiculares entre si foi obtida por meio de uma pesquisa sobre o Teorema de Pitágoras.

- Em nenhum momento das aulas, as representações das grandezas foram efetuadas por desenhos que não fossem setas.

Nenhum dos alunos afirmou que os vetores são modos corretos e únicos de se representarem as grandezas físicas, o que demonstra que eles admitem outro tipo de representação e somente não a fizeram porque não eram convenientes neste momento.

Os alunos que disseram não existir outro tipo de representação, assim o fizeram pois pensam ser os vetores o único modo de se representar grandezas, desconhecendo qualquer outro método ou forma de realizá-lo.

Os alunos demonstraram ainda que as representações feitas pelos vetores foram as mesmas utilizadas por eles nas aulas com as atividades lúdicas. O desafio lúdico proposto pelas atividades, como ação pedagógica, levou ao aprendizado efetivo dos conceitos de forma prazerosa e significativa. Isso pode ser verificado observando que a menção direta as atividades lúdicas ocorreu em grande parte das respostas (71%), o que nos leva a crer que estas atividades foram marcantes aos alunos e importantes enquanto trabalho direto com os vetores e com as grandezas físicas vetoriais.

Neste questionário, verifica-se que os alunos apresentam domínio sobre as operações vetoriais, com exemplos que não foram trabalhados durante a realização dos jogos e nem posteriormente, como demonstra alguns exemplos vistos na resposta dada pelos alunos à questão número onze. A capacidade de realizar generalizações, adquirida pelos alunos, demonstra o domínio sobre o conhecimento apreendido na atividade lúdica.

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por trás de qualquer proposta metodológica se esconde uma concepção do valor que se atribui ao ensino, assim como certas idéias mais ou menos formalizadas e explícitas em relação aos processos de ensinar e aprender.

Estudos realizados por vários pesquisadores da área de educação (Piaget, J; Freire, P; Coll, C) demonstram que o ato de ensinar não se resume em transmitir informações e instruções com o objetivo de treinar alguém para uma tarefa determinada. Ensinar está ligado diretamente ao aprender, são duas faces de uma mesma moeda; e como destaca Rubio (1996): *"ensinar nada mais é que ajudar outro homem a adquirir o saber (...) O ensino consiste em uma cooperação, que tem como suporte a operação do aprendiz. Aprender não é, portanto, um puro receber, mas uma verdadeira atividade que o aprendiz exerce com auxílio de um professor"*.

O processo ensino-aprendizagem está relacionado à realização de uma comunicação interativa, uma construção conjunta de saberes e experiências afetivas e cognitivas entre interlocutores com histórias de vida e personalidades diversas.

De maneira esquemática, e tomando como base o ensino de Física presente em algumas escolas atuais, poderíamos considerar que o ato de ensinar e aprender, pouco, ou nada tem a ver com a definição de Rubio. O ensino de Física, desenvolvido por algumas instituições escolares, não está baseado na valorização da ciência e na construção de um conhecimento significativo e prazeroso ao aprendiz. O ensino de Física muitas vezes é desenvolvido de forma mecânica e superficial, com uma única função: a de alcançar objetivos propedêuticos, fundamentados em valores a serem reconhecidos a longo prazo e somente por algumas das carreiras universitárias.

O trabalho por nós desenvolvido se direciona como uma contribuição na tentativa de modificação do quadro atual do ensino de Física. Consideramos que, para ocorrer um processo de ensino-aprendizagem de modo eficiente e prazeroso, é indispensável que haja incentivos, expectativas e materiais organizados em um ambiente adequado, construindo um marco de relações em que predominem a

aceitação, a confiança, o respeito mútuo e a sinceridade. Em ambientes escolares com espaços adequados para o desenvolvimento de atividades lúdicas, existe a oportunidade de relacionamento entre todos os alunos de uma sala de aula, assim como a participação dos mesmos no processo de aprendizagem, num clima com multiplicidade de interações. Essas interações podem promover a cooperação e a coesão do grupo de alunos que integram a sala de aula e são presididas pelo afeto, companheirismo, solidariedade, esforço, confrontação e socialização de idéias, que contribuem para a resolução de dúvidas e proporcionam a formação integral do aluno como indivíduo e como membro integrante de uma sociedade.

Mas não basta existir um ambiente com materiais organizados para que o lúdico se manifeste. As atividades lúdicas somente fazem parte das instituições escolares se o professor, os alunos e demais funcionários da escola realmente desejarem que elas aconteçam.

Ao utilizarmos em sala de aula as atividades lúdicas presentes no projeto RIPE, com alunos do 1º ano do Ensino Médio, constatamos em todos os jogos, além do aprendizado efetivo de conceitos, que:

1. A atuação do professor, quando realiza uma atividade lúdica em sala de aula, foge ao método tradicional de ensino normalmente utilizado, pois ele se torna um participante ativo no processo de construção do conhecimento do aluno. A atuação do professor não está baseada na transmissão de informações e instruções sobre conteúdos parcelados, e sim na orientação e valorização à capacidade que os alunos demonstram para relacionar, interpretar e deduzir conceitos presentes e relevantes na atividade lúdica realizada. Isso foi observado durante todos os jogos propostos pelo projeto e a cada questionamento e discussão levantadas pelo professor com seu grupo de alunos.
2. Os alunos, ao realizarem uma atividade lúdica em sala de aula, manifestam suas idéias e crenças, antes, durante e depois da mesma. Em uma atividade lúdica, o aluno pode atuar sobre um "conteúdo", compará-lo com outros anteriormente produzidos, identificar semelhanças ou diferenças e integrá-las a

um novo conhecimento, comprovar que o novo realmente tem coerência e é significativo. O estabelecimento de níveis de comparações entre o conhecimento prévio e o conhecimento adquirido permite que o aluno crie certas disposições para relacionar, tirar conclusões e chegar a um enfoque profundo do "conteúdo". Para exemplificarmos o que acabamos de colocar, basta observarmos as considerações iniciais e generalizações feitas pelos alunos nas atividades do M.C.U.

3. O desafio proposto pela atividade lúdica proporciona uma atmosfera favorável para a aprendizagem, em que há um compromisso com normas e finalidades claras e compartilhadas. Os alunos da classe, que formam um grupo coeso, colaboram no planejamento, participam na tomada de decisões e comprometem-se com a realização da atividade, propiciando um ambiente agradável para o desencadeamento e construção do conhecimento que se pretende atingir. Com a primeira atividade (Brincando com Vetores I), verifica-se uma disposição dos alunos para a aquisição de novos conhecimentos dos quais a aprendizagem não se restringe somente aos conteúdos científicos, mas se estende a *procedimentos* e *atitudes* que controlam e dão relevância ao conhecimento construído.

4. A exploração da atividade lúdica juntamente com seus limites, igual à realizada nos lançamentos horizontal e oblíquo, apontam a finalidade do conhecimento que se pretende obter. Os limites existentes em uma atividade lúdica proporcionam uma diversidade de pontos discutíveis e conseqüentemente, ricos, que possibilitam compreender um modelo e a realidade que este queira representar. Uma exploração flexível sobre falhas e ajustes em um modelo descrito em uma atividade lúdica preserva a dinâmica da aula e determina características do conhecimento que pode ser construído, como: níveis de abstração, de analogias, de validade, de relações existentes entre conceitos, etc...

Ao propormos e analisarmos as atividades do projeto RIPE, preocupamo-nos não somente em explorar as vantagens que as atividades lúdicas possuem, enquanto elemento propiciador de um processo de ensino-aprendizagem gratificante. Visamos com estas atividades explorar e enriquecer o ensino das grandezas físicas vetoriais no primeiro ano do Ensino Médio, apontando a sua importância e as dificuldades dos alunos em compreendê-las.

Com as atividades lúdicas apresentadas pelo projeto RIPE, a compreensão do símbolo do vetor e operações realizadas com o mesmo tornaram-se simples e compreensíveis, quando comparadas à forma tradicional apresentada pelo livro didático. O trabalho constante com o símbolo do vetor durante a realização da atividade lúdica proporcionou uma interiorização do seu significado como representante de diferentes grandezas físicas, mostrando que as características do símbolo (módulo, direção e sentido) são relevantes para determinados estudos destas grandezas. As modificações nas características dos vetores, que surgem por meio das regras que envolvem as atividades lúdicas, induzem as discussões sobre conceitos físicos, tais como, deslocamento, velocidade e aceleração.

As regras impostas ou criadas para a realização dos jogos vetoriais impulsionam as discussões e são responsáveis pela geração dos conhecimentos científico pretendido. Ao se fazer uma análise das regras presentes em qualquer uma das atividades, perguntando o porquê das mesmas, cria-se um elo entre o modelo e a realidade que a atividade lúdica pretende representar. As modificações nas regras criadas ou estabelecidas previamente, apontam para os limites do modelo apresentado pela atividade lúdica. O aperfeiçoamento, a adaptação e adequação do modelo através de modificações em suas regras não o invalidam; pelo contrário, estimulam e desenvolvem de forma rica a compreensão da realidade física.

Consideramos que a exploração do uso de atividades lúdicas no processo de ensino/aprendizagem aqui apresentada não se esgota, já que existem outras possibilidades de ampliar e aprofundar os conhecimentos, ajustando regras, estratégias, procedimentos e desafios propostos pelos jogos. Novos rumos e outras considerações podem ser efetuados quando se aplicam as atividades com diferentes grupos de alunos.

9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, M. J. P. M. (1993) - Divulgação científica e textos literários: uma perspectiva cultural em aulas de Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 10, nº 1, edição de abril: 7-13.

ALMEIDA, P. N. (1998b) - Educação Lúdica: o prazer de estudar técnicas e jogos pedagógicos. 5ª edição. São Paulo, SP: Loyola

ANJOS, I. G. (1999) - Física. Volume único. Coleção horizontes. São Paulo, SP: IBEP.

ARRUDA, S. M. (1993) - Metáforas na Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol.10, edição de abril:25

BARROS, C. & PAULINO, R. P. (1994) - Física e Química. 42ª edição. São Paulo, S.P.: Editora Ática.

BONJORNO (1994) - Física Fundamental. Volume Único. São Paulo, S.P.: Editora FTD.

CROWE, M. J. (1985) - A history of Vector Analysis. The evolution of the idea of a Vectorial System. Canadá: Dover Publications.

GRAF - Física I (mecânica). Elaboradores: Professores da Escola Pública do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: EDUSP.

HAMBURGUER, A. I. (1995) - Ciência e Linguagem. Apostila do Curso Física e Aprendizagem: Pesquisa e Prática. Publicações do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

JACQUIN, G. (1963) - A Educação pelo jogo. 2ª Edição. São Paulo, SP.: Livraria Editora Flamboyant.

JOHNSON, T. N. O. (1975) - *Introdução à Física. Curso Básico em nível superior.* São Paulo/SP.

KAMII, C. (1994) - *A Criança e o número.* Campinas, SP: Papyrus.

KISHIMOTO, T. M. (1994) - *O Jogo e a Educação Infantil.* São Paulo, SP: Editora Afiliada.

KISHIMOTO, T. M. (1996) - *Jogo, Brinquedo, Brincadeira e a Educação.* 2ª edição. São Paulo, SP: Cortez Editora.

KRAUSS, L. M. (1995) - *Sem medo da Física.* São Paulo, SP: Editora Campus: 27

MACEDO, HORÁCIO (1976) - *Dicionário de Física.* Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

MENEZES, L. C. (1994) - Ciências? In: *Caderno Catarinense de Física*, Vol. 6, nº 1.

NICOLAU, M. L. M. (1988) - *A educação pré-escolar.* São Paulo, SP: Editora Ática.

OTERO, M. R. (1997) - ?Como usar analogias em clases de Física? In: *Caderno Catarinense de ensino de Física.* Vol. 14, nº 2:179-187.

PCN (1999) - *Parâmetro Curriculares Nacionais/Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.* Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

PIAGET, J. (1972) - *Psicologia e Pedagogia.* Cia. Ed. Florence.

PIAGET, J. (1973) - *Psicologia e Epistemologia: por uma teoria do conhecimento.* Cia Ed. Forense.

RAMOS, E. F. (1990) - *Brinquedo e Jogos no Ensino de Física.* São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Educação e Instituto de Física da USP.

ROBILOTTA, M. (1995) - Construção e realidade no ensino da Física. São Paulo, SP: Publicações do Instituto de Física da USP.

RUBIO, R. (1996) - Teoría de la Educación - guía didáctica. Madrid, TORAN/UNED.

SALADINI, A. C. (2000a) - O Lúdico e a Educação. In: Assis, Mucio Camargo et al (org). Construtivismo e Prática Pedagógica. Campinas, SP: Unicamp-FE-LPG:274

SILVA, E. T. (1998a) - Ciências, Leitura e Escola. In: Almeida, M. J. P. M. et al (org.). Linguagens Leitura e Ensino de Ciências. Campinas, SP: Editora Mercado das Letras.

SILVA, H. C. (1998b) - Condições de produção de leitura em aulas de Física no Ensino Médio: Um estudo de casos. In: Almeida M. J. P. M. et al (org). Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência. Campinas, SP: Editora Mercado das Letras.

9.1 BIBLIOGRAFIA GERAL PARA CONSULTA

ALMEIDA, P. N. (1998a) - Educação Lúdica técnicas e jogos pedagógicos. 9ª edição. São Paulo, SP: Loyola.

ALVARENGA, B., MÁXIMO, A. (1997) - Física. Volume único. São Paulo, SP: Scipione.

BACHELARD, G. (1996) - Exemplo de obstáculo verbal : a esponja. Extensão abusiva das imagens usuais. In: A formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro, R.J.: Contraponto

BROUGÈRE, G. (1998) - Jogos e Educação. (tradução de Patrícia Chittoni Ramos). Porto Alegre: Editora Porto Alegre Artes Médicas.

CARNEIRO, M. A. B. (1992) - Jogando, descobrindo, aprendendo... (depoimento de professores e alunos do 3º grau). São Paulo, SP. Dissertação de Doutorado da Escola de Comunicação e Artes da USP.

COLL, C. et al (1998) - O Construtivismo na sala de aula. 5ª edição. São Paulo, S.P.: Editora Ática

FERRAN, P. (1979) - Na escola do jogo. (tradução de Maria Assunção Santos) 1ª edição. Portugal: Lisboa Estampa.

FERREIRA, N. C. (1995) Projeto RIPE - Rede de Instrumentação para o Ensino. São Paulo/SP.: SBPC. Volume 2. p. 428

FERREIRA S. C. (1992) - A indústria do brincar. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FRIEDMANN, A.; AFLALOT, C. (1996) - O Direito de Brincar. São Paulo, S.P.: Scritta

FUNDAÇÃO SAMUEL (1992) - Brincar é coisa séria . São Paulo, S.P.: Fundação Samuel

GONÇALVES, A .; TOSCANO, C. (1997) - Física e Realidade. Vol 1. São Paulo, SP: Scipione.

KAMII, C. (1991) - Princípios de ensino. In: Jogos em Grupo na Educação Infantil: Implicações da Teoria de Piaget. Campinas, SP: Editora Trajetória Cultural .

KISHIMOTO, T. M. & MONACO, R. A. (1997) - Construir brinquedos e organizar espaços de brincadeiras como parte integrante do projeto pedagógico. São Paulo, SP: LABRIMP/FEUSP/FUNDAÇÃO ORSA.

KISHIMOTO, T. M. (1998) - O Brincar e suas Teorias. São Paulo, SP: Pioneira.

LEIF, J. (1978) - O jogo pelo jogo: a atividade lúdica na educação de crianças e adolescentes. Rio de Janeiro, R.J.: Zahar.

MARIN, E. B. & TERRAZAN, E. A. (1997)- Linguagem cotidiana e linguagem científica nas séries iniciais. Campinas/SP: Caderno CEDES, volume 18: 79-86.

MINAS , M. (1998) - O Construtivismo na sala de aula - Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. São Paulo, SP: Editora Ática.

MOOR, P. (1987) - El juego en la educacion. 2ª edição. Espanha: Barcelona Helder.

NARDI, R. (1998) - Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo, SP.: Escrituras.

NETO, C. Z. C. (1997) - E agora, professor? 1ª edição. São Paulo, SP.: Laborciência editora.

OLIVEIRA, Á. M. (1992) - O lúdico e a construção do conhecimento: uma proposta pedagógica construtivista. Monte Mor, SP: Prefeitura Municipal.

PEREIRA, C. T. D. (2000) - Laboratório de Jogos e Brinquedos. In: Assis, Mucio Camargo et al (org). Construtivismo e Prática Pedagógica. Campinas, SP: Unicamp-FE-LPG:273-274.

PEREIRA, A. R. S. et al (1999) - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

POSSENTI, S. (1997) - Notas sobre linguagem científica e linguagem comum. Campinas/SP: Cadernos CEDES, Vol. 18, nº 41: 9-29.

ROSA, F. M. (1965) - A aprendizagem através do jogo. In: Revista do Ensino. Vol.13, nº 101. Rio Grande do Sul, RS: 26-27

SALADINI, A. C. (2000b) - (Pré) conceitos e (im)possibilidades de manifestação do lúdico. In: Assis, Mucio Camargo et al (org). Construtivismo e Prática Pedagógica. Campinas, SP: Unicamp-FE-LPG:274

SCRIPTORI, C. C. (2000) - Para uma pedagogia da autonomia: Aprendizagem por método de jogos e brincadeiras. In: Assis, Mucio Camargo et al (org). Construtivismo e Prática Pedagógica. Campinas, SP: Unicamp-FE-LPG: 181-182.

TUNES, E. (1995) - Os conceitos científicos e o desenvolvimento do pensamento verbal. Campinas/SP: Caderno CEDES, nº 35: 29-39.

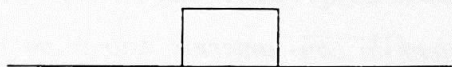
WEIS, L. (1989) - Brinquedos & Engenhocas: atividades lúdicas com sucatas. São Paulo, SP.: Scipione.

WERNECK, H. (1999) - Se você finge que ensina, eu finjo que aprendo. 16ª Edição, São Paulo, S.P.: Editora Vozes.

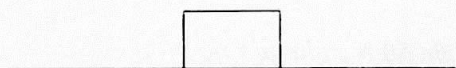
ANEXOS

*1º questionário destinado aos alunos do
1º Ano do Ensino Médio (1º semestre de 1998)*

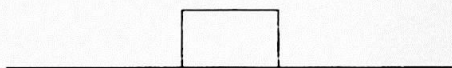
1º caso: Supondo que o bloco abaixo esteja em movimento sobre uma superfície lisa com uma velocidade de 4 m/s, como você faria a representação desta velocidade?



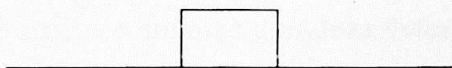
2º caso: Se dobrarmos a velocidade do objeto do caso anterior, isto é, passarmos a velocidade para 8 m/s, como será a representação do movimento nesta nova situação?



3º caso: Como você representaria uma força de 50 N aplicada no bloco abaixo?

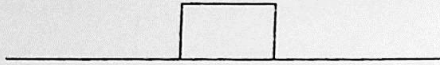


4º caso: Se dobrarmos o valor da força aplicada ao bloco, isto é, se a força for 100N, como ficará a sua representação para esta nova situação?

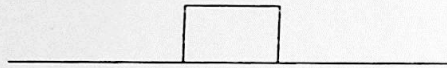


2º questionário destinado aos alunos do
1º Ano do Ensino Médio (término do 2º semestre de 1998)

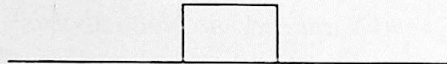
1º caso: Supondo que o bloco abaixo esteja em movimento sobre uma superfície lisa com uma velocidade de 4 m/s, como você faria a representação desta velocidade?



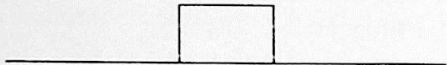
2º caso: Se dobrarmos a velocidade do objeto do caso anterior, isto é, passarmos a velocidade para 8 m/s, como será a representação do movimento nesta nova situação?



3º caso: Como você representaria uma força de 50 N aplicada no bloco abaixo?



4º caso: Se dobrarmos o valor da força aplicada ao bloco, isto é, se a força for 100N, como ficará a sua representação para esta nova situação?



Responda as questões abaixo:

- O que é um vetor?
- O que é uma grandeza vetorial?
- Qual a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar?
- Assinale com um V os conteúdos que você conhece como vetorial e com E os que você conhece como escalar?

Deslocamento()	Velocidade()	Aceleração()	Força()
Trabalho()	Energia()	Potência()	Impulso()
Quantidade de movimento()			

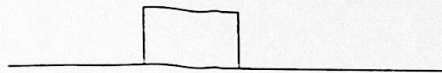
- Você sabe fazer operações vetoriais?

*Questionário destinado aos alunos do
1º Ano do Ensino Médio (término do 2º semestre de 1999)*

1º caso: Supondo que o bloco abaixo esteja em movimento sobre uma superfície lisa com uma velocidade de 4 m/s, como você faria a representação desta velocidade?



2º caso: Se dobrarmos a velocidade do objeto do caso anterior, isto é, passarmos a velocidade para 8 m/s, como será a representação do movimento nesta nova situação?



3º caso: Como você representaria uma força de 50 N aplicada no bloco abaixo?



4º caso: Se dobrarmos o valor da força aplicada ao bloco, isto é, se a força for 100N, como ficará a sua representação para esta nova situação?



5. Existiria uma outra forma de realizar as representações das questões acima?

Como seria esta representação e por que você não a utilizou?

6. O que é um vetor?

7. O que é uma grandeza vetorial?

8. Qual a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar?

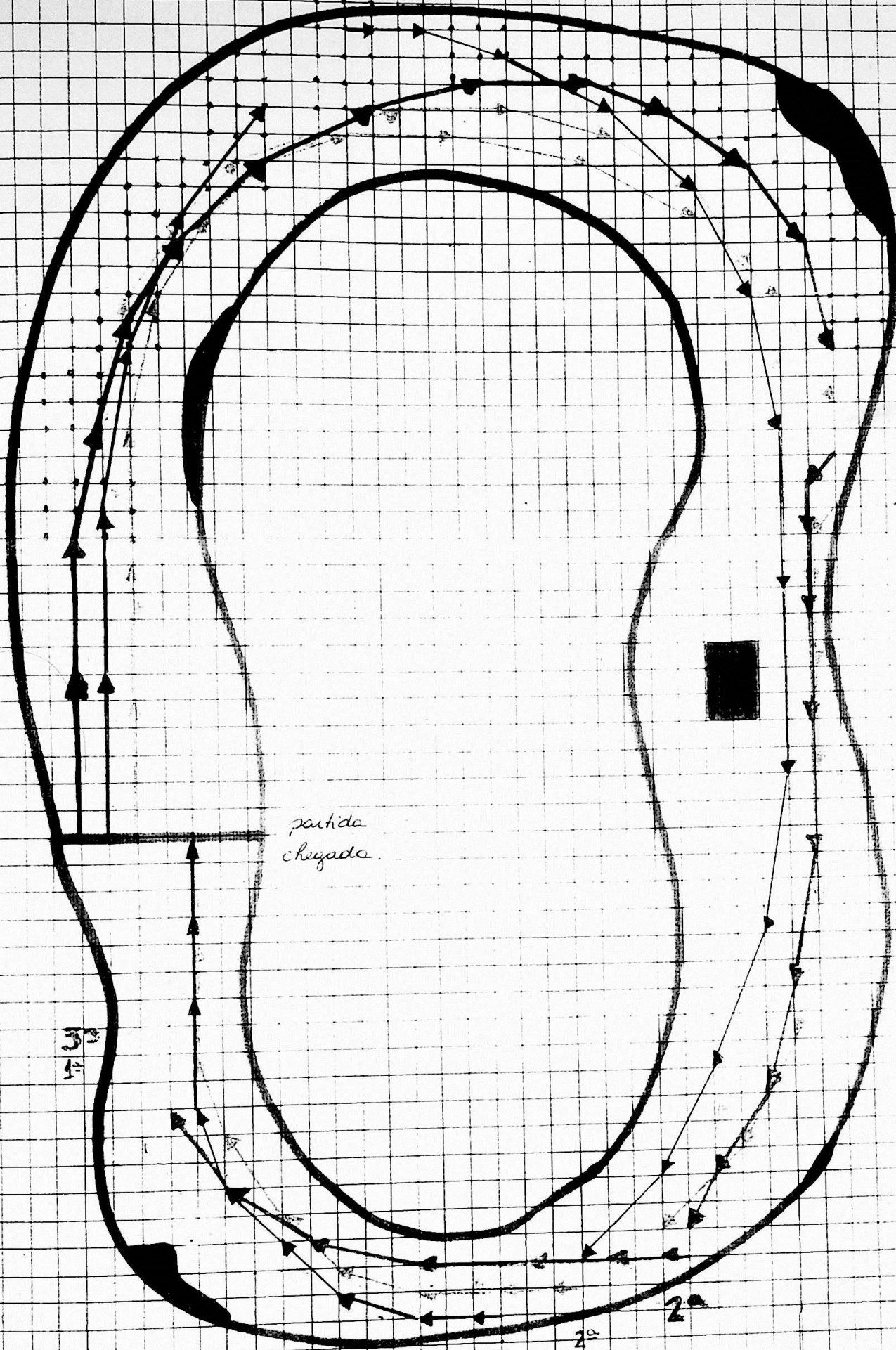
9. Assinale com um V os conteúdos que você conhece como vetorial e com E os que você conhece como escalar?

Deslocamento()	Velocidade()	Aceleração()	Força()
Trabalho()	Energia()	Potência()	Impulso()
Quantidade de movimento()			

10. Você sabe fazer operações vetoriais?

11. Quais operações você sabe fazer? Utilize exemplos.

1ª batida



partida
chegada.

17
18

2ª

2ª

2ª