



**CÉLIO VICENTE MOREIRA**

**ATIVIDADES INVESTIGATIVAS:  
LABORATÓRIO NÃO ESTRUTURADO NA  
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS ABERTOS  
DE TRABALHO E ENERGIA**

**LAVRAS – MG  
2015**

**CÉLIO VICENTE MOREIRA**

**ATIVIDADES INVESTIGATIVAS:  
LABORATÓRIO NÃO ESTRUTURADO NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS  
ABERTOS DE TRABALHO E ENERGIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Ensino de Física para a obtenção do grau de mestre em Ensino de Física.

**Orientador: Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Helena Libardi**

**LAVRAS – MG**

**2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Moreira, Célio Vicente.

Atividades Investigativas: Laboratório não estruturado na  
solução de problemas abertos de trabalho e energia / Célio Vicente  
Moreira. – Lavras: UFLA, 2016.

109 p. : il.

Dissertação (mestrado profissional)–Universidade Federal de  
Lavras, 2015.

Orientador(a): Antônio Marcelo Martins Maciel.

Bibliografia.

1. Atividade Investigativa. 2. Problematização. 3. Práticas  
Experimentais. 4. Energia. 5. Trabalho. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

**CÉLIO VICENTE MOREIRA**

**ATIVIDADES INVESTIGATIVAS:**

**LABORATÓRIO NÃO ESTRUTURADO NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS  
ABERTOS DE TRABALHO E ENERGIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Ensino de Física para a obtenção do grau de mestre em Ensino de Física.

**APROVADA em 11 de dezembro de 2015**

**Dr. Alessandro Damásio Trani Gomes (UFSJ)**

**Dr. João Antônio Corrêa Filho (UFSJ)**

**Dr. Antônio dos Anjos Pinheiro da Silva (UFLA)**

**Dr. Iraziet da Cunha Charret (UFLA)**

**Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel  
Orientador**

**LAVRAS – MG  
2015**

Dedico este trabalho aos meus pais Nininha e Tichico, por absolutamente tudo e à minha professora da 6ª Série, Sandra, pela formação que me proporcionou chegar até aqui;

À minha querida esposa Tatiana, essa caminhada não seria possível sem você e Kinzinn, meu pequeno Sol ao redor do qual eu gravito.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e à Sociedade Brasileira de Física (SBF), a oportunidade concedida para realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) a concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel, a confiança, exemplo, carinho e paciência que dispensou a mim durante todo esse tempo.

À Dra. Iraziet, Dr. Antônio dos Anjos, Dra Helena Libardi, Dr. Ulisses Leitão, Dr Gilberto Lage e Dr José Antônio o conhecimento e amizade criado durante o nosso convívio.

À primeira turma do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras. É o destino que nos dá nossa família, mas somos nós que escolhemos os amigos e isso prova que a amizade pode valer mais que laços de sangue. Obrigado Irmão César, pelo carinho e cuidado, Jederson pela companhia e paciência em suportar os meus momentos poli polar, Luciano pelo apoio nos momentos difíceis, Joseil pelo exemplo e sabedoria, Marcinho pelo acolhimento em todo encontro, Jefferson pela amizade e alegria, Hudson pelo apoio e presteza, Luiz pelo amparo e confiança, Júlio pela seriedade, José Hamilton pelo exemplo e perseverança e o nosso segredo, Maria do Carmo pela determinação.

À Luciana Machado Reis por sempre nos receber de coração aberto e sorriso nos olhos, nos proporcionando dias melhores na UFLA.

À minha família. Minha mãe Lucia, minha irmã Glécia, meu irmão Juninho, meu irmão Clebão e minha sogra Irma que sempre me apoiaram e acreditaram na realização desse sonho.

Aos meus amigos Celso Geraldo, Marcelo Teixeira e Almir (Eddie) que confiavam nesta minha conquista mesmo sem eu mesmo acreditar.

Aos amigos do BMX e dos pedais de fim de semana, Balú, Gustavo Babão, Duinn, Rogério, Azinn, Ruy, Euricão, Fredão, Fernando Campos, Léo, Marcio Magela, Sidão, Bim, Taquinha, Vanessa, Podé, Fucer e Bodoque que me acompanharam, souberam entender meu distanciamento, e esperam a minha volta.

Aos amigos e colega da Escola Estadual Professor Rousset, em especial Mônica Tavares pela leitura e correção dos meus textos, Christine Ignácio pelo apoio e incentivo, Valéria minha querida Isabel, Emilene, Vanete, Tatiana, Denise Cássia, Adriana Ferrari (Sinhá), Warley, Marcela, Alcione, Eliana Cássia, Darlan e Cássia Cristina da Silva amiga de sala, que despertou em mim o desejo pelos estudos e a todos os meus alunos que acreditam no meu trabalho em prol de uma educação melhor.

Ao amigo e aluno Marcos André Gonçalves Silva, responsável por todos desenhos apresentados neste trabalho.

À Marília Bonotto minha eterna companheira de pedal, Paulo Menezes minha inspiração e exemplo, Geralda e Lilia Beraldo, minha fonte de inspiração.

À Vânia Pinto minha amiga e professora de Inglês que com um jeito todo especial ajudou-me durante todos os momentos mais difíceis do mestrado.

Agradeço ainda à Ângela Campelo, minha querida psicóloga, que me assiste há 6 anos com muito carinho, à Fátima, minha eterna diretora, Evandro Bastos, Maria Luiza (Malú), Angélica Andrade, Jacinta, Keite, 1000tão e Cláudio Raposo.

E a minha segunda família, Padrinho Neuber, Dindinha Mariluce, Dr. Dilson, Silas, Rhyane, Saul, Itala, Gleisson Rabelo, Stênio, Larissa, Lertim e Cris.

Ou seja, a todos que contribuíram DE QUALQUER FORMA para a concretização desse trabalho.

“Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino.”

Paulo Freire



## RESUMO

Neste trabalho, apresentamos os resultados da investigação do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de trabalho e energia desenvolvidos com alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública do estado de Minas Gerais. Os resultados desta pesquisa, qualitativa, foram interpretados utilizando-se a análise de conteúdos. O conceito de trabalho foi desenvolvido a partir de um problema aberto, de uma situação cotidiana, permitindo reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos. Os conceitos de energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica também foram desenvolvidos a partir de um problema cotidiano tendo como processo de solução o uso de laboratórios não estruturados, com materiais de baixo custo. Na sequência, utilizamos os resultados apresentados pelos alunos na formalização e sistematização dos conceitos desenvolvidos, complementando cada etapa com a resolução de exercícios simples. Identificamos a apropriação do conhecimento dos conceitos desenvolvidos, o desenvolvimento na capacidade de interpretar, planejar e buscar soluções da situação-problema e o crescimento nas relações interpessoais entre todos os envolvidos no trabalho. Acreditamos que a proposta possa ser desenvolvida para a maioria dos conteúdos de Física presentes nas estruturas curriculares do Ensino Médio.

Palavras-chave: Atividade Investigativa. Problematização. Práticas Experimentais. Energia. Trabalho. Ensino Médio.

## ABSTRACT

In this work, results are presented from the teaching process as well as the learning investigation of the work and energy concepts with students on the first grade of high school, at a public school in the state of Minas Gerais. The results of this qualitative research were interpreted based on a content analysis. The results of this qualitative, investigative research were interpreted by using content analysis. The concept of work was developed from an open problem, based on an everyday situation, allowing for recognition of students' previous knowledge. The concepts of kinetic energy, gravitational potential energy and elastic potential energy were also developed from an everyday problem, having for solution of the process the use of non-structured laboratories, by use of low-cost materials. Following, the presented results were employed by the students for the formalization and systematization of the developed concepts, complementing each stage by solving simple exercises. It could be identified the appropriation of knowledge of the developed concepts, increase in the interpreting capacity, planning and searching for solutions aimed at problem situations as well as the growth of interpersonal relationship among all students involved in the task. We can believe that this proposal could be developed for the most part of Physics contents found in High School curricular structures.

**Key words:** Investigative Activities. Questioning. Experimental Practices. Energy. Work High School.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1 Perspectiva Teórica: a aprendizagem significativa de Ausubel .....	14
2.2 Atividade Experimental .....	16
2.2.1 Atividades Investigativas .....	18
2.2.2 Laboratório não Estruturado .....	19
2.2.3 Problemas/Questões Abertas.....	21
2.2.3 Resolução de Problemas em Grupo.....	23
2.2.4 Habilidades Matemáticas .....	24
2.3 Escolha do Tema Energia. ....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.1 Local de Realização.....	28
3.2 Conteúdo, Série e Período de Trabalho .....	29
3.3 A pesquisa.....	30
3.4 Atividades e Desenvolvimento .....	31
3.4.1 Desenvolvimento das atividades .....	32
3.5 Instrumentos de Coletas de Dados .....	53
4 RESULTADOS E ANÁLISES.....	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
REFERÊNCIAS.....	104

## 1 INTRODUÇÃO

O surgimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física foi visto por mim como uma grande oportunidade de dar continuidade ao processo de minha formação. Ansiava por estudar mais e obter uma titulação que completasse a minha escolha profissional: professor de Física.

Quando ingressei neste programa, cheguei com a ideia fixa que o trabalho que iria desenvolver deveria contemplar as atividades experimentais. Confesso que não pensava nesta estratégia de ensino como forma de favorecer a aprendizagem, mas como forma de motivação. A falta de interesse dos alunos sempre foi algo que me incomodou na sala de aula e que incomoda os professores em geral.

No trabalho aqui apresentado, as atividades experimentais estão presentes e a intenção de despertar o interesse dos alunos também, mas a motivação é ressaltada com o objetivo de favorecer a aprendizagem.

Nas escolas públicas, e especialmente no ensino de Física, deparamo-nos com diversos problemas que são limitadores nas nossas ações docentes. Entre eles podemos citar a carga horária reduzida de aulas, a extensa lista de conteúdos a serem ensinados, engessamento nos processos avaliativos e falta de recursos materiais e humanos. Diante dessa realidade, devemos verificar que ações podemos realizar para buscar uma melhor qualidade no processo ensino-aprendizagem, e o que está ao nosso alcance é o planejamento de ensino. Tendo como objetivo geral a formação de um aluno participativo, crítico e reflexivo, que possa atuar de forma transformadora e ética na sociedade em que está inserido. Desenvolver um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, ver o mundo de uma forma diferente e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio por meio de uma prática consciente propiciada por sua

interação, cercada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico. Somando-se a essa perspectiva o trabalho apresenta o desenvolvimento de uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem significativa dos conceitos de trabalho e energia.

O tema é de grande importância, e tem destaque no âmbito escolar pela quantidade de disciplinas que o contemplam, por exemplo, a Geografia identifica os recursos energéticos e seu uso nos índices de desenvolvimento de um país. Na Biologia, o tema energia aparece na fotossíntese, passando pelo consumo de alimentos para a manutenção da vida aos efeitos ambientais causados pelo seu uso que provocam desequilíbrios em determinado local ou no planeta como um todo. Na Física não é diferente, tratada em uma das leis de conservação, é um conceito presente em todos os ramos estudados pelos alunos, Mecânica, Termologia, Ondulatória e Eletromagnetismo. Na perspectiva interdisciplinar, Delizoicov e Angotti (1992) destacam o tema como aquele que mais propicia a relação entre as diferentes disciplinas, identificando-o como um dos conceitos unificadores.

Com intencionalidade, identificamos a problematização, as atividades experimentais investigativas, a matemática como estruturante dos resultados obtidos e os grupos de trabalho, como estratégias que contemplariam nossos objetivos. Poucas aulas práticas são ministradas nas atuais aulas de física, e dessas poucas, a maioria não possui uma estrutura onde o problema proposto deva estimular a curiosidade científica dos estudantes. Devemos possibilitar condições nos quais os alunos devem levantar hipóteses sobre a solução de problemas, discutir o experimento realizado, manipular para ver a física como ciência experimental, coletar dados e, principalmente, relacioná-la com eventos do cotidiano (AZEVEDO, 2004). Os referenciais que fundamentam essas escolhas metodológicas e a teoria de aprendizagem adotada são apresentadas no Tópico 2 (Referencial Teórico) desta dissertação.

No Tópico 3 (Materiais e Métodos), apresentamos a sequência didática, os processos apresentados aos alunos e o roteiro das atividades experimentais, identificando os materiais utilizados, evidenciando a facilidade de sua execução. No produto que faz parte deste trabalho apresentamos maiores detalhes sobre a sequência didática.

Os resultados e análise dos mesmos são apresentados no Tópico 4 (Resultados e Análises), onde fizemos uso da análise de conteúdo como estratégia de investigação fidedigna dos resultados alcançados no processo ensino-aprendizagem desta pesquisa, salientado os efeitos das escolhas das estratégias adotadas.

Por fim, o Tópico 5 (Considerações Finais) apresenta as conclusões e considerações finais, evidenciando as reflexões a respeito do processo de ensino aprendizagem e da própria prática docente.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Perspectiva Teórica: a aprendizagem significativa de Ausubel**

A busca por uma aprendizagem que seja realmente significativa para nossos alunos é um desejo de todos educadores.

Para que haja aprendizagem significativa, duas condições básicas são fundamentais. A primeira é a pré-disposição do aluno em aprender, ou seja, o aluno tem que estar mobilizado e desejar receber novos saberes. A segunda, não menos importante, é que o material deve ser potencialmente significativo, portanto, o conteúdo, as estratégias e os recursos devem ser vistos pelos alunos como algo que desperte o seu interesse e favoreça o processo de aprendizagem. Mesmo que essas duas condições estejam ocorrendo, o conteúdo a ser aprendido

deve ligar-se a conhecimentos presentes em sua estrutura cognitiva e deve ter significado para o aluno. Caso isso não ocorra, não acontecerá uma aprendizagem significativa e sim uma aprendizagem mecânica, como a memorização de equações e fórmulas que após algum tempo serão esquecidas. Uma comunicação eficiente é fundamental na teoria de aprendizagem apresentada por Ausubel. O aluno deverá ser orientado, respeitado e sentir-se como parte do processo, pois são suas ações que levam à construção do conhecimento. É através da linguagem que o aluno pode ser levado a sonhar refletir, reconhecendo sua realidade e almejando seus anseios (PELIZZARI et al., 2002).

A aprendizagem significativa de Ausubel fundamenta-se na concepção de que um novo conhecimento interliga-se a um conhecimento já presente na estrutura cognitiva do indivíduo. Esse processo só acontece com a interação do novo conhecimento com a estrutura específica de conhecimento já existente, definida por Ausubel como subsunçor. A aprendizagem mecânica, em comparação com a aprendizagem significativa, é aquela na qual a nova informação é guardada com pouca ou nenhuma relação aos conceitos já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA e GONÇALVES, 1980).

Para Ausubel, enquanto na aprendizagem receptiva, o que o aluno aprende lhe é apresentado na sua forma final, pronta e acabada, na aprendizagem por descoberta o que deve ser aprendido deve ser encontrado, investigado, descoberto pelo aprendiz. Mesmo após a descoberta, só haverá aprendizagem significativa se ocorrer uma relação entre os subsunçores existentes na estrutura cognitiva e nos novos conteúdos apresentados. Portanto, na teoria da aprendizagem de Ausubel é proposto que os subsunçores sejam identificados e valorizados, para que novas estruturas mentais possam ser construídas (PELIZZARI et al., 2002).

Com essa concepção, permeando toda sequência didática deste trabalho, fazemos uso dos laboratórios não estruturados, por deixar o aluno mais livre para agir, para seguir seus próprios procedimentos, deixando-o mais próximo da aprendizagem por descoberta (MOREIRA e GONÇALVES, 1980).

## **2.2 Atividade Experimental**

Os problemas e dificuldades encontrados na educação e, principalmente, no ensino da Física não são nenhuma novidade para todos e sobretudo para os que trabalham em salas de aula. Esses problemas vêm sendo diagnosticados, constantemente. Estudiosos e pesquisadores trabalham em prol de uma melhoria da educação, e uma estratégia de ensino bastante evidenciada nesse intuito é o uso das atividades experimentais, como apontado na pesquisa bibliográfica desenvolvida por Araújo e Abib (2003) e mais recentemente nos trabalhos de Gaspar (2014).

Desde o século XIX, as aulas práticas fazem parte do ensino de Física da escola média, tendo o objetivo de levar o aluno a ter um contato direto com os fenômenos físicos (CARVALHO, 2010).

Segundo Gaspar (2002) e Ostermann e Moreira (2001), o marco para o Ensino de Física, como área de pesquisa, é o PSSC (Physical Science Study Committee). Desenvolvido na década de 1950 pelo instituto de tecnologia de Massachusetts (MIT) e posteriormente trazido ao Brasil em 1962, com o apoio do Ministério da Educação (MEC), objetivava despertar nos alunos o interesse para seguirem seus estudos nas áreas das ciências e tecnologias, acreditando nas atividades experimentais como forma de alcançar seus propósitos.

Embora haja um consenso sobre a sua relevância para uma aprendizagem significativa, várias formas de experimentação são propostas e debatidas na literatura de formas bastante diversas quanto à estratégia que essas



atividades possam ser desenvolvidas, em diferentes situações e em diferentes aspectos (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Os estudos apresentados nas últimas décadas apontam uma grande variedade de possibilidades e tendências no uso de atividades experimentais. Dentre as estratégias, por exemplo, algumas apresentam o uso de experimentos como forma de verificação de teorias e leis e outros experimentos que possibilitam condições que levem os alunos a analisar e refletir sobre os conceitos abordados, permitindo uma reformulação dos seus modelos explicativos sobre os fenômenos (ARAÚJO e ABIB, 2003).

As atividades experimentais podem ser desenvolvidas dentro de diferentes concepções (MORAES, 1998 apud ROSITO, 2008):

- Demonstrativa: as atividades práticas em geral voltadas para a demonstração de verdades já estabelecidas. Essas atividades normalmente não permitem construir o conhecimento, mas contribuem para a visualização do fenômeno e identificação das grandezas relevantes na explicação das mesmas.
- Empirista-indutivista: nesse tipo de atividade, a observação é a fonte do conhecimento científico. O ensino orientado dentro dessa concepção desvaloriza a criatividade do trabalho científico, conduzindo o aluno a aceitar o conhecimento científico como um conjunto de verdades inquestionáveis.
- Dedutivista-racionalista: aqui, toda experimentação e observação estão impregnadas de pressupostos teóricos. O conhecimento influenciado pela observação determina como vemos a realidade.
- Construtivista: nessa concepção, o conhecimento prévio é considerado na organização das atividades, os experimentos são desenvolvidos em forma de problemas, testando hipóteses (na forma de uma atividade investigativa), envolvendo o cotidiano do aluno, onde o conhecimento deve ser construído e reconstruído com a estrutura de conceitos já existentes e onde o diálogo e a discussão assumem importante papel (ROSITO, 2008).

O trabalho experimental investigativo, quando bem desenvolvido, favorece a aprendizagem básica dos conteúdos científicos, tanto os cognitivos quanto os procedimentais e atitudinais, desenvolvendo nos alunos capacidades científicas fundamentais para atuarem de modo eficaz na sociedade, qualquer que seja a sua ocupação, estimulando a participação e despertando o interesse em buscar soluções para os problemas da vida cotidiana (THOMAZ, 2000).

Com o desejo de um ensino que tenha o objetivo de preparar os jovens para uma participação ativa, questionadora e atuante na sociedade, deve-se considerar seus conhecimentos anteriores e favorecer aquisição de novas linguagens, relacionando-as com as práticas do cotidiano. Temos nas práticas experimentais desenvolvidas em uma concepção construtivista uma boa ferramenta para alcançarmos esse objetivo (CARVALHO, 2010).

### **2.2.1 Atividades Investigativas**

As atividades tradicionais de sala de aula por vezes privilegiam apenas o conhecimento de domínio específico. As atividades de investigação têm o potencial de mobilizar tanto o conhecimento de domínio específico quanto o conhecimento e estratégias de domínio geral. (JÚLIO e VAZ, 2007, p.5).

As atividades experimentais planejadas num caráter investigativo favorecem a discussão sobre o problema proposto, que é um dos mais importantes acontecimentos no processo da aprendizagem. Segundo Carvalho (2010), grandes pesquisadores preocupavam-se com essa perspectiva na construção do conhecimento.

A escola e o ensino de forma geral vêm sendo influenciados por muitos fatores e campos do saber, mas as atividades investigativas estão entre os trabalhos que mais influenciaram as salas de aula de ciências (CARVALHO, 2013).

Existe uma necessidade de uso de metodologias diferenciadas em aulas de Física. Mas a questão vai além da metodologia, é necessário pensar nas estratégias. Ao deparar-se com uma atividade prática, grande parte dos alunos, entusiasmados, curiosos pela novidade, encontram uma tarefa onde os mesmos serão meros executores de um experimento que deve ser executado sem nenhuma liberdade, tornando-os cada vez mais distantes e desmotivados. Portanto, não é a atividade prática por si só que irá contribuir no processo de ensino-aprendizagem, mas como ela será realizada.

Uma aula de laboratório não deve ter como estratégia o uso de um guia de procedimentos que conduz a uma resposta específica, previamente determinada (VENTURA e NASCIMENTO, 1992). As tarefas devem ter a finalidade de resolver uma atividade problematizadora, sabendo-se que problematizar é propor aos alunos problemas diferentes dos que estão presentes na maioria dos livros, proporcionando oportunidades para que novos conceitos sejam construídos. Não se trata de propor questões que possibilitem a aplicação de conceitos estudados anteriormente, mas possibilitar condições para aprendizagem de novos conteúdos (DELIZOICOV, 2001 apud CAPECCHI, 2013). Assim, fornecendo o problema, o aluno formará uma imagem e, ao executar a atividade, ele passa para a forma concreta que está diretamente relacionada na representação geométrica do problema, e nessa investigação do concreto ele construirá o abstrato e desenvolverá a teoria sobre o problema proposto como afirma Bachelard (1996).

### **2.2.2 Laboratório não Estruturado**

Os planejamentos e a condução das aulas de laboratório variam dentro de um grande espectro: desde altamente estruturados e centrados nos guias, com o objetivo principal de comprovar o que o aluno já aprendeu nas aulas teóricas,

até um laboratório por investigação, quando o objetivo é introduzir os alunos na resolução de um problema experimental. (CARVALHO, 2010)

Enquanto o laboratório estruturado ressaltaria a verificação experimental dos princípios físicos, o laboratório não estruturado incentiva a (re)descoberta desses princípios. Moreira (2011) destaca a importância que Bruner dá às atividades experimentais, evidenciando o papel do roteiro com certo grau de liberdade nesse tipo de atividade, que esse roteiro não seja um tipo de guia de laboratório, onde o aluno tenha apenas que seguir passos pré-determinados pelo roteiro, mas que não seja totalmente desestruturado, deixando o aluno sem nenhuma orientação. Portanto, é necessário enfatizar que os roteiros no laboratório estruturado não devem ser como uma "receita" onde o aluno segue um roteiro sem nenhum grau de liberdade, limitando toda ação do estudante e concluindo algo pré-determinado no próprio roteiro, e também que as orientações no laboratório não estruturado devem instigar o aluno a pensar sobre o método que se segue, mas que essa orientação não pode ser totalmente desestruturada ao ponto que o aluno fique completamente perdido (MOREIRA e GONÇALVES, 1980).

Segundo Carvalho (2010), as atividades experimentais possuem diferentes graus de liberdade intelectual que os professores proporcionam a seus alunos. Esses graus de liberdade são delimitados de I a V, onde no grau de liberdade I o aluno terá apenas como liberdade intelectual o ato de coletar dados; no grau de liberdade II ele tem também a liberdade de tirar conclusões a partir dos resultados; no grau de liberdade III o aluno também é convidado a elaborar o plano de trabalho; no grau de liberdade IV o aluno só recebe o problema, e o grau de liberdade V é aquele onde até o problema deve ser proposto pelos alunos.

O laboratório não estruturado de grau IV foi o utilizado na investigação para a resolução dos problemas propostos, possibilitando aos alunos testar

hipóteses, desenvolvendo a habilidade de observação, e de modelização, descrição de fenômenos, propiciando explicações causais, aspectos que contribuiriam para o desenvolvimento intelectual dos estudantes. Utilizando-se da experimentação com o laboratório não estruturado, verifica-se uma maior eficiência em relação à mudança conceitual nos estudantes e uma maior facilidade na aprendizagem dos conceitos científicos quando é utilizado um ensino experimental fundamentado numa abordagem que explora esse tipo de atividade comparado ao ensino tradicional. (ARAÚJO e ABIB, 2003).

### **2.2.3 Problemas/Questões Abertas**

Antes de tudo, é preciso formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico (BACHELARD, 1977 , p. 148).

Ao contrário dos simples exercícios, os problemas em aulas de Física vistos sob uma nova perspectiva requerem mais que simples realização de cálculos, aplicando fórmulas sem sentido aos dados extraídos de um texto ou contexto para chegar a um resultado igualmente sem sentido, sem nenhuma mediação e sem nenhuma análise qualitativa da situação. A resolução de problemas procura uma solução com abordagem investigativa.

A partir de uma análise qualitativa do problema, é necessário formular hipóteses que apontam para o que deve ser considerado como dados para obter a solução. Assim, os alunos poderão elaborar várias formas de resolução e exporem o conhecimento que dispõem. Por não se tratar de uma atividade

corriqueira, o professor deve auxiliar os alunos em eventuais dúvidas, discutindo coletivamente após cada etapa, avaliando e valorizando todo o processo com os alunos. Pode-se afirmar que os trabalhos de Resolução de Problemas geram um ambiente mais adequado a uma aprendizagem efetiva, auxiliam no desenvolvimento da capacidade de resolução de situações-problema do dia-a-dia e no desenvolvimento de sua autonomia (NASCIMENTO, CLEMENT, TERRAZZAN, 2005).

O método de resolução de problemas e suas implicações no ensino-aprendizagem conhecido, por Heurística, estudado por Polya (1995) considerado o processo de ensino aprendizagem em Matemática, (apud KARAM e PIETROCOLA, 2009) tem o objetivo de sistematizar o processo que envolve a resolução matemática de um problema. Para isso, o autor propõe um esquema que inclui quatro etapas: primeiro, a compreensão do problema; segundo, o estabelecimento de um plano de ação; terceiro, a execução desse plano; e, por último, o retrospecto, a análise de todo dessa resolução (KARAM e PIETROCOLA, 2009).

Na perspectiva do processo ensino aprendizagem em Física, algumas habilidades são identificadas como fundamentais para o entendimento das relações físicas. Quatro foram as habilidades apresentadas por Reif (1976) (apud KARAM e PIETROCOLA, 2009): ter a capacidade de descrever e exemplificar a relação; conseguir identificar suas relações, suas grandezas, reconhecê-las, identificar semelhanças e diferenças; reconhecer a aplicação na qual a situação física está aplicada no contexto, analisar a possibilidade de sua aplicação, relacioná-la a expressões ou valores, determinar variáveis e compará-las a outras variáveis; e organizar, identificar, aplicar essas relações sem que haja equívoco.

Portanto, utilizar atividades práticas que envolvam a solução de problemas abertos, onde os alunos recebem poucas informações, apresenta-se como uma estratégia de ensino-aprendizagem potencialmente rica, pois viabiliza

a articulação de tarefas complexas com várias habilidades e competências que beneficiam seu desenvolvimento cognitivo e atitudinal (JÚLIO e VAZ, 2007).

### **2.2.3 Resolução de Problemas em Grupo**

Somando-se a potencialidade dos problemas e dos laboratórios não estruturados, temos as atividades em grupo. Atividades em grupo, principalmente no ambiente escolar, não são uma prática de fácil execução e requerem uma boa organização por parte do professor, mas o trabalho em grupo é uma boa oportunidade de construir coletivamente o conhecimento. Gomide e Nicolielo (s/d) nos levam a repensar o porquê de trabalharmos em grupos. As razões apresentadas por eles são: 1) Reunir pessoas diferentes; 2) Dividir e planejar tarefas; 3) Aprender a argumentar; 4) Ouvir a opinião dos outros; 5) Respeitar e ser tolerante; 6) Dar espaço para todos; 7) Refletir; 8) Lidar com os problemas (e resolvê-los); 9) Treinar para a vida adulta e para a vida em sociedade; 10) Aumentar a autocrítica.

...as salas de aula são lugares onde as pessoas estão ativamente engajadas umas com as outras, na tentativa de compreender e interpretar fenômenos por si mesmas, e onde a interação social em grupos é vista como algo que fornece o estímulo de perspectivas diferentes sobre as quais os indivíduos possam refletir. (DRIVER et al., 1999, p.33).

O arranjo dos alunos em grupos nos parece atender melhor as demandas atuais da educação e auxiliar a realização de atividades que requerem habilidades cognitivas sofisticadas (JÚLIO e VAZ, 2007).

Cada membro do grupo é responsável por todo o processo de pesquisa ou de aprendizagem, de modo que cada participante é um membro com direitos iguais na construção criativa e cooperativa do conhecimento. Em diferentes

contextos, é possível ter uma visão geral das potencialidades das atividades em grupo, além de indicar condições a promover uma aprendizagem mais efetiva na escola e em sala de aula propriamente dito. O trabalho em grupo promove o engajamento, a criatividade e motiva os alunos em atividades que requerem a resolução de problema, contribuindo posteriormente com um melhor desempenho individual. Para que isso aconteça, o professor deve propiciar um ambiente onde o desenvolvimento do grupo aconteça, não deixando de observar a qualidade e como essa interação está acontecendo. Uma observação é que grupos numerosos tendem ao fracasso porque o diálogo e outras interações serão prejudicados. (JÚLIO e VAZ, 2007).

#### **2.2.4 Habilidades Matemáticas**

Rezende, Lopes e Egg (2004) afirmam que os professores destacam as deficiências cognitivas dos alunos como um dos principais fatores que impedem o desenvolvimento da aprendizagem. A falta de conhecimento dos alunos da escola pública é motivo de preocupação, especialmente a falta de base em matemática, preocupando especialmente professores de Física e Matemática, porque esse conhecimento é identificado como pré-requisito para tais disciplinas. Esses professores também apontam uma deficiência no que diz respeito à compreensão do enunciado dos problemas, implicando em dificuldade para solucioná-los.

Almeida (2006) aponta que 78,8% dos professores entrevistados em seus locais de trabalho afirmam que existem alunos com dificuldades na execução de operações e cálculos matemáticos.

O pensar científico se difere do cotidiano principalmente porque o científico está fortemente embasado em estruturas matemáticas. Os físicos necessitam estruturar seus pensamentos justamente nessas estruturas



matemáticas, por isso costumam dizer que a Física é uma ciência, que para elaborar seus modelos da realidade, é altamente matematizada (KARAM e PIETROCOLA, 2009).

Nascimento, Silva e Silva (2013) observaram como os estudantes realizavam operações matemáticas e constataram deslizes, desmotivações e erros, verificando dificuldades relacionadas às operações básicas.

Então percebemos que alguns alunos possuem dificuldades na resolução de problemas e nas realizações das operações básicas Adição/Subtração, mostrando inclusive, desconhecer suas propriedades. (NASCIMENTO, SILVA, SILVA, 2013, p. 5)

A dificuldade com a linguagem matemática não é devida a uma única causa, pode ocorrer por falta de aptidão com a matemática, ou por dificuldade com a elaboração do cálculo. Essas dificuldades não estão relacionadas à ausência de habilidades matemáticas, mas sim com a capacidade de relacioná-las com o mundo (ALMEIDA, 2006)

Diante do exposto, considerar a matemática como habilidade estruturante e técnica necessária ao ensino de Física irá delinear a organização desta sequência didática. Portanto, teremos os problemas abertos, o uso de laboratórios não estruturados em sua solução, a sistematização dos resultados obtidos, confrontando com hipóteses e conclusões e a utilização dos conceitos construídos na resolução de exercícios numéricos, todo o processo desenvolvido em grupos de trabalho reduzidos que socializam seus resultados com toda classe.

### **2.3 Escolha do Tema Energia.**

Entre os conceitos da ciência escolar, afirmam Barbosa e Borges (2003), o de energia é um dos mais difíceis temas a serem ensinados e aprendidos, por várias razões: 1) é usado em diferentes disciplinas, que destacam os seus

diferentes aspectos; 2) é estudado muito superficialmente, procedendo apenas a aprendizagem dos nomes de certo tipo de manifestações de energia, nem todas elas consensuais; 3) a noção do tema energia é também amplamente utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com outros conceitos, como as de força, movimento e potência; 4) a aprendizagem do sentido da energia em Física solicita um alto grau de abstração, além de conhecimentos específicos de suas múltiplas áreas, como mecânica, eletricidade e termodinâmica.

O CBC (Currículo Básico Comum) de Física, implantado no estado de Minas Gerais no período de 2006 a 2013 também enfatiza o tema. As orientações de ensino para a 1ª série do Ensino Médio eram todas direcionadas ao tema de energia, divididas em três eixos temáticos, que são: Energia na Terra; Transferência, transformação e conservação de energia e energia e suas aplicações (PANZERA et al 2007).

Embora os temas energia e trabalho sejam constantemente discutidos, tanto no meio acadêmico quanto no escolar e na mídia, trabalhos que os contemplem não são comuns. A Revista Brasileira de Ensino de Física, das 22 edições publicadas desde o início de 2010, até sua publicação de junho de 2015, contém apenas 8 artigos relacionados à energia (eólica, calor, eletromagnética, Física moderna e conservação de energia) e 2 artigos relacionados à trabalho (trabalho da força de atrito e trabalho e calor).

Quando o assunto é ensino, o número de publicações é ainda menor. Dos 08 artigos referentes ao tema energia selecionados nesse período, apenas 2, Moraes e Guerra (2013) e Bañas *et al.* (2011), são classificados na seção reservada à pesquisa em ensino de Física e os 2 artigos relacionados ao tema trabalho, não estão relacionados a esta seção.

Durante nossas pesquisas, encontramos outras fontes de referências que abordavam os temas energia e trabalho. Em um deles, Rodrigues (2005), por exemplo, abordou o tema energia através de experimento de caráter

investigativo e enfatizou os aspectos matemáticos e a apresentação de conceitos descontextualizados como um dos principais alvos de críticas a construção do conceito de energia. O autor empregou como metodologia de trabalho o pré e pós-testes, tendo entre um e outro as atividades experimentais clássicas, ou seja, sem uma problematização, diferenciando-se de nossa proposta que tem o problema cotidiano como ponto de partida. Também observamos o trabalho de Campos (2014) relacionado à complexidade do conceito de energia à duas dimensões que julga primordiais: o desenvolvimento histórico-epistemológico do conceito e o desenvolvimento em nível individual ou cognitivo. Campos investigou o processo de apreensão do princípio de conservação da energia mecânica por alunos em diferentes momentos de instrução formal (alunos do Ensino Médio e graduação em Física).

Lenz e Florezak (2012) também utilizam como ferramenta as atividades experimentais para o estudo da conservação de energia mecânica e afirmam que os resultados obtidos com os experimentos de baixo custo são muito próximos dos resultados obtidos pela teoria. Nosso trabalho também faz uso de materiais de baixo custo. Porém, não temos o foco em resultados quantitativos, nossas estratégias possuem caráter investigativo e não de verificação. Sanches e Schimiguel (2012) utilizaram o exemplo do bate-estaca e afirmam que o uso de animações interativas computacionais, denominadas energia no Bate-Estaca favorece o processo ensino-aprendizagem dos conceitos de energia Mecânica. Consideramos o exemplo do bate-estaca um bom exemplo de situações cotidianas, mas o utilizamos como problematizador de uma das nossas atividades experimentais. Já Coimbra; Godoi e Mascarenhas (2009) afirmam que a aprendizagem acontece com a ampliação de zonas de perfil conceitual e, para que isso aconteça, deve-se relacionar a construção de um conceito ao contexto vivenciado, através da interpretação de textos, letras de músicas, análise de situações, numa abordagem sociocultural. Reforçam ainda mais a utilização de

uma situação problema, relacionada ao contexto vivenciado pelo aluno, a temas do dia a dia, próximo do seu mundo vivencial, tal como nossa intenção é apresentar problemas cotidianos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Neste Tópico serão apresentadas as várias etapas que formam este trabalho. Também, serão expostos o local de realização de desenvolvimento do trabalho, a constituição da amostra e o método utilizado para coleta dessa amostra. Dando segmento, será descrita a metodologia, bem como os experimentos utilizados, os processos realizados para a coleta de dados e para a análise de resultados e discussão.

#### **3.1 Local de Realização**

A Escola Estadual Professor Rousset situa-se na parte sul do município de Sete Lagoas, no bairro Vale das Palmeiras.

Criada em 1970, inaugurada em 12 de outubro de 1972, inicialmente atendendo apenas às quatro últimas séries do Ensino Fundamental, a escola POLIVALENTE, do sistema PREMEM (Projeto de Expansão e Melhoramento do Ensino), foi resultado de um acordo entre o MEC (Ministério da Educação), SEE-MG (Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais) e a Prefeitura Municipal de Sete Lagoas em convênio com o governo norte-americano. Possuía regime semestral, carga horária integral e iniciação profissional em quatro áreas: Técnicas Agrícolas, Artes Industriais, Técnicas Comerciais e Educação para o

Lar. Nas 5ª e 6ª séries, os alunos faziam rodízios entre esses quatro conteúdos. A partir da 7ª série, faziam opção entre um deles.

O prédio original, construído no modelo das escolas polivalentes da década de 70, já passou por algumas reformas sem, contudo, se descaracterizar. Novas salas de aula foram construídas, laboratório de informática, palco e quadra poliesportiva coberta, oferecem uma boa estrutura física.

Em 1985 foi introduzido o Ensino Médio, (na época 2º grau) na escola, tendo em seu projeto político pedagógico, a missão de formar profissionais para o mercado de trabalho. Sugeriram cursos diversificados, porém a comunidade escolar optou pelo curso de Contabilidade (1988). Esse curso existiu até 1997, quando o Ensino Médio na escola deixou de ser profissionalizante.

Atualmente, a Escola Estadual Professor Rousset oferece o Ensino Fundamental Regular, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos (EJA). Com toda sua história e tradição, a escola sempre foi referência na sociedade, tanto pela influência na comunidade quanto pelos resultados que vem alcançando no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e SIMAVE (Sistema Mineiro de Avaliação da Escola Pública), e por premiações diversas em concursos promovidos pelo poder público e iniciativa privada, como obtenção de medalha de ouro na OBMEP (Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas).

### **3.2 Conteúdo, Série e Período de Trabalho**

A realização deste trabalho ocorreu durante o ano letivo de 2014. O planejamento das atividades aconteceu no 1º semestre e seu desenvolvimento no 2º semestre. Ao analisarmos o plano de ensino, escolhemos o conteúdo referente a trabalho e energia, fundamentado nas referências apresentadas na seção 2.3, para serem desenvolvidos no 4º bimestre (último bimestre do ano letivo). Nosso

planejamento inicial consistia de 12 aulas, 11 abordando conceitos de trabalho e energia e uma destinada à realização de um questionário. Não foi possível cumprir o planejamento inicial, por eventualidades na escola, de modo que nos deteremos em analisar 10 aulas de 50 minutos cada para execução de atividades práticas, resolução de exercícios e sistematização dos conteúdos conceituais e a última aula, de número 11, destinada ao questionário.

Com a escolha do conteúdo, Trabalho e Energia, indiretamente havíamos escolhido também a série, já que esse conteúdo fazia parte do plano de ensino das turmas do 1º ano do Ensino Médio.

Acreditando na potencialidade do material desenvolvido, fez-se a opção por desenvolvê-lo com todas as turmas do 1º ano do Ensino Médio, com as quais o autor trabalha, sendo elas as turmas 1ºA, 1ºC, 1ºD e 1ºE, todos do ensino médio regular com cerca de 38 alunos por turma, com idade entre 14 e 15 anos.

### **3.3 A pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida com um grupo pequeno tendo foco no processo e não nos fins, caracterizando uma pesquisa de abordagem qualitativa e utilizou-se na análise dos dados, destacados a seguir, a análise de conteúdo.

A participação dos alunos é de fundamental importância, sendo assim, o critério de escolha da turma foi a presença nas aulas, ou seja, a turma escolhida seria justamente aquela com maior número de alunos presentes em todas as aulas. Durante as onze aulas, identificamos a ausência de alguns estudantes nas turmas. As atividades desenvolvidas por alguns alunos com mais de duas faltas foram desconsideradas. A tabela 1 apresenta o percentual de frequência dos alunos durante as atividades e a turma com maior número de alunos presentes foi o 1º C.

Tabela 1. Percentual de presença dos alunos durante o desenvolvimento do trabalho

Turma	1ºA	1ºC	1ºD	1ºE
%	38	81	47	28

Portanto, analisamos as repostas dadas por um total de 35 alunos, correspondente aos 81% de um total de 43 alunos na turma 1ºC.

Na sequência apresentamos o conjunto de atividades, para que, a partir das mesmas, tenha-se maior clareza dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa, os quais serão identificados na seção seguinte.

Devemos destacar que pelo critério adotado os 35 alunos não estiveram presentes em todas as aulas. Portanto, em alguma atividade teremos um número menor de alunos, assim como nas atividades em grupo composta por 5 ou 6 alunos cada, também teremos atividades com 6 ou 5 grupos, dependendo da frequência.

### 3.4 Atividades e Desenvolvimento

Esta é uma sequência de atividades relacionada ao conceito de trabalho e energia. É importante salientar que os conceitos relacionados à cinemática, às leis de Newton e às máquinas simples haviam sido desenvolvidos com os alunos durante o 1º semestre e 3º bimestre.

O foco inicial foi a relação do conceito de trabalho com as situações do mundo vivencial do aluno, proporcionando-lhes um momento para apresentar seu conhecimento e habilidades em situações problemas, que foram de suma importância no decorrer da sequência didática.

A sequência de atividade foi constituída por resolução de questões abertas, conforme apresentado por Nascimento, Clemente e Terrazan (2005), aulas práticas não estruturadas de grau IV, segundo Carvalho (2010), e aulas

teóricas dialogadas, com a finalidade de sistematizar os conceitos e desenvolver habilidades matemáticas estruturantes e realizações de exercícios que contemplam o desenvolvimento de habilidades matemáticas técnicas (KARAM e PIETROCOLA 2009).

### **3.4.1 Desenvolvimento das atividades**

#### **Primeira aula**

Obtenção da solução de um problema (problema 1) que exigia a realização de um trabalho usando o mínimo de esforço muscular, isto é, minimizando a força utilizada para a realização da tarefa – utilização de máquinas simples.

**Objetivo:** familiarizar os alunos com a resolução de um problema aberto, identificar a apropriação de conhecimentos de máquinas simples para serem utilizadas como subsunçores para o conceito de trabalho.

**Estratégia:** foi apresentada aos alunos uma questão aberta, quando num primeiro momento cada aluno deveria apresentar apenas uma solução para a mesma.

Num segundo momento, pequenos grupos foram formados e os alunos deveriam defender a solução dada ao problema com argumentações que convencessem o restante do grupo.

A atividade encerrou-se com o recolhimento de cada solução individual e as geradas pelos grupos, todas acompanhadas de justificativas.



### Problema 1

Uma montadora de caminhões acaba de receber um carregamento de peças para acoplar aos motores do seu novo modelo Space II, esse carregamento conta com 200 caixas de 50 kg cada. Você é responsável por receber esse carregamento e guardá-lo em local apropriado, que neste caso é um depósito que fica dentro de um galpão a uma altura do solo (Figura 1), sem o auxílio de nenhum equipamento que possua motor (empilhadeira, guindastes elétricos, esteiras transportadoras e outros). Sabendo que a altura do depósito é de 2,0 metros, como você colocaria todas essas peças fazendo o menor esforço muscular?

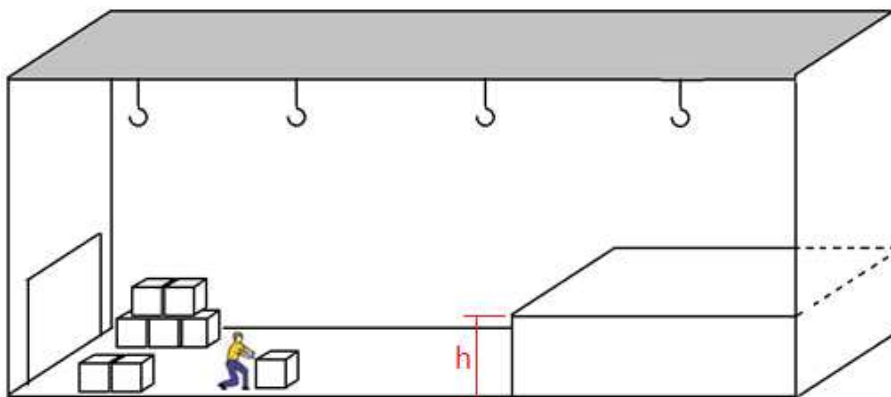


Figura 1. Depósito de peças da montadora.

### Segunda aula

Identificação da relação de trabalho com força e deslocamento.

**Objetivo:** utilizar a matemática como estruturante nas soluções apresentadas, desmistificar a matemática como um dificultador dos conceitos da Física.

**Estratégia:** aula expositiva dialogada. O uso da pergunta na busca da construção do conhecimento.

De posse dos resultados apresentados pelos alunos, e a socialização dos mesmos na sala de aula, instigamo-los a responder as seguintes questões:

Agora que conhecemos várias maneiras de guardar as peças no segundo piso do galpão, vamos analisar as seguintes questões:

- Em todas as situações apresentadas o “esforço” foi o mesmo?
- Todas seguiram a mesma trajetória?
- Todos realizaram a mesma tarefa (ou tiveram o mesmo trabalho?).

Ao chegar ao fim dessa etapa, pudemos discutir a relação entre força aplicada ao longo da trajetória escolhida. Sabendo que, quando foi necessária a aplicação de uma grande força, (identificado por maior esforço muscular) houve a escolha de uma trajetória curta, quando o trajeto escolhido foi longo, foi exigida uma força menor para a realização da mesma tarefa (trabalho). A discussão possibilita na apresentação da expressão para o trabalho, dando sentido a mesma. Assim temos:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta s}$$

O caráter vetorial foi discutido com os alunos, falando de trabalho positivo e negativo. Também apresentamos situações em que a força variava com a posição e como seria o cálculo do trabalho, associando-o com a área sob a curva do gráfico  $F \times \Delta s$ .

Discutiu-se com os alunos a questão que o gasto de energia para realização de todos os trabalhos foi o mesmo, o que mudou foi a força realizada e a trajetória durante a ação da força.

Salientamos que quando realizamos um trabalho, gastamos energia e que esta energia não se perde. Portanto, estamos dando energia para o objeto sobre a qual o trabalho foi realizado. Relacionaremos então o trabalho com uma variação de energia mecânica.

$$W \Rightarrow \Delta E$$

### **Terceira aula**

Aula de resolução de exercícios em grupo.

**Objetivo:** identificar através de um exercício em grupo as habilidades técnicas na resolução de uma atividade. Relacionar os resultados com os conceitos sistematizados.

**Estratégia:** dividimos a turma em seis grupos distintos, separados aleatoriamente. Para cada grupo foi entregue uma folha de exercício. As soluções apresentadas foram socializadas e posteriormente relacionamos os resultados com os conceitos.

Aos grupos 1 e 2 foi entregue o seguinte exercício:

A figura 2 mostra uma possível maneira de se erguer um corpo de peso 500N a altura de 2 metros.

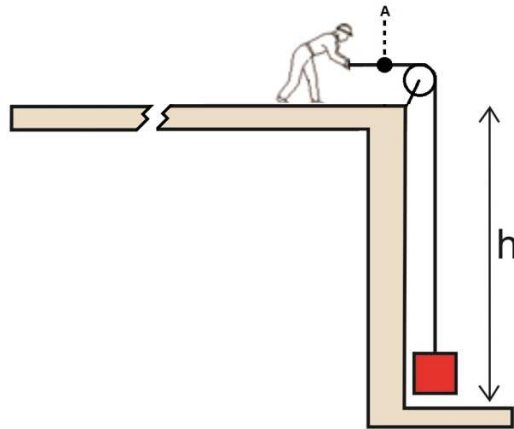


Figura 2. Bloco sendo erguido na verticalmente. (Autor: Marcos André Gonçalves Silva)

Nessa situação, ele é erguido diretamente. Admitindo que o corpo suba com velocidade constante, determine:

A força que deve ser feita para erguê-lo.

A distância percorrida pelo ponto “A”(fixo na corda) na horizontal para que o bloco atinja a altura “h”.

O trabalho realizado.

Aos grupos 3 e 4 o exercício entregue foi o seguinte:

A figura 3 mostra uma possível maneira de se erguer um corpo de peso 500N a uma altura de 2 metros.

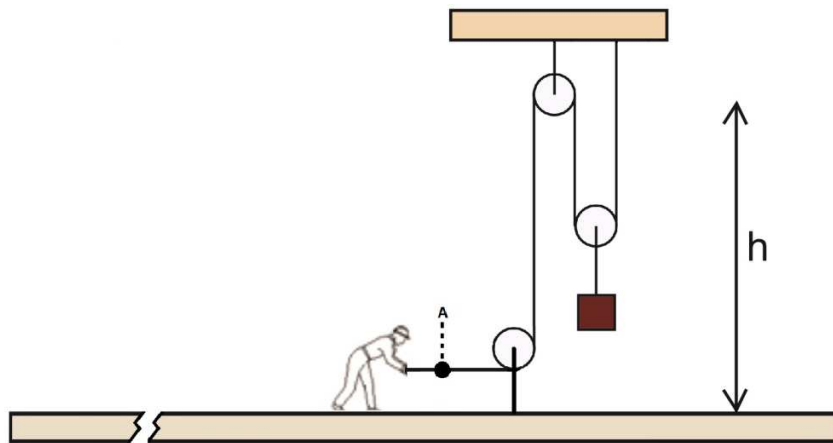


Figura 3. Bloco sendo erguido na verticalmente com auxílio de roldanas. (Autor: Marcos André Gonçalves Silva)

Nessa situação, ele é erguido através de um arranjo de três polias, duas fixas e uma móvel. Admitindo que o corpo suba com velocidade constante, determine:

A força que deve ser feita para erguê-lo.

A distância percorrida pelo ponto “A”(fixo na corda) na horizontal para que o bloco atinja a altura “h”.

O trabalho realizado.

E aos grupos 5 e 6 o exercício era:

A figura 4 mostra uma possível maneira de se erguer um corpo de peso 500N a altura de 2 metros.

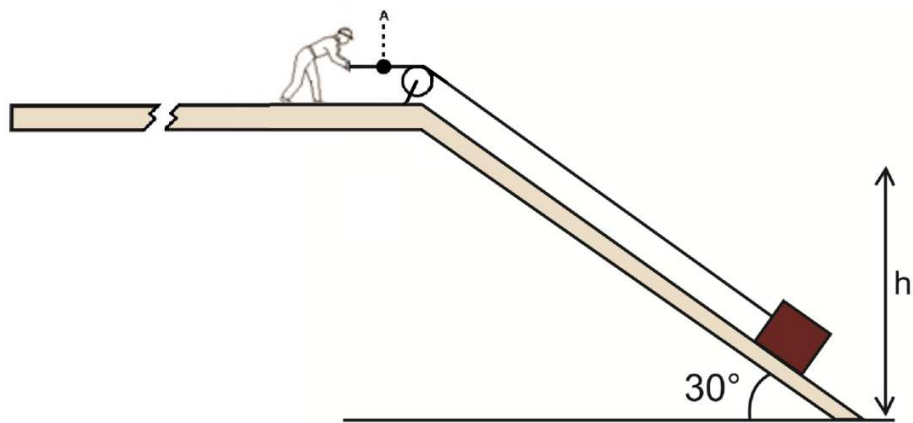


Figura 4. Bloco sendo erguido na diagonal, sobre um plano inclinado. (Autor: Marcos André Gonçalves Silva)

Nessa situação, ele é arrastado sobre um plano inclinado em  $30^\circ$ , com atrito desprezível. Admitindo que o corpo suba com velocidade constante, determine:

A força que deve ser feita para erguê-lo.

A distância percorrida pelo ponto “A”(fixo na corda) na horizontal para que o bloco atinja a altura “h”.

O trabalho realizado.

#### **Quarta aula**

Identificação das grandezas físicas que estão relacionadas ao trabalho da força resultante.

**Objetivo:** verificar que massa e velocidade são grandezas que interferem no trabalho da resultante. Familiarizar os estudantes com os laboratórios não estruturados; identificar hipóteses como forma de buscar a solução para um problema; utilizar a representação como forma de modelizar o mundo real.

**Estratégia:** aula prática, laboratório não estruturado.

Aqui foi apresentada aos alunos uma questão, também relacionada ao seu cotidiano. A diferença fundamental nessa atividade é que os alunos realizaram uma atividade experimental não estruturada na busca da solução do problema.

### **Problema 2**

Um carro estacionado numa rua inclinada sofre um problema mecânico, perdendo completamente os freios. No final da descida há outro carro e inevitavelmente acontece a colisão. O segundo carro é empurrado por vários metros, com o primeiro engatado a ele.

Utilizando os materiais disponíveis, identifique quais variáveis, e características do sistema interferem diretamente na distância em que o sistema será arrastado.

Materiais: Rampa, esfera de aço grande e esfera de aço pequena transferidor, régua ou fita métrica e pequena caixa de papelão (tamanho suficiente para caber qualquer uma das esferas) (Figura 5).



Figura 5. Material utilizado na aula prática 4 sobre Energia Cinética.

A caixa de papelão faz o papel do carro no final da rampa, portanto, as variáveis estão relacionadas ao primeiro carro.

O problema e, conseqüentemente, a prática experimental envolvem conceitos de conservação de momento linear por se tratar de uma colisão totalmente inelástica. Entretanto, consideramos os conhecimentos vivenciais dos alunos para valorizar o aumento de massa do sistema quando a bolinha maior for utilizada, assim como a maior velocidade do sistema após a colisão, se a velocidade inicial da bolinha for maior.

E por fim, o fato que duas bolinhas com mesma velocidade antes das colisões, mas com massas diferentes, a de massa maior além de agregar maior massa para o sistema também contribuirá para que o sistema tenha maior velocidade após a colisão. Mesmo considerando todas as situações, o experimento nos mostra que uma massa maior e/ou uma velocidade maior após a colisão, implica num maior trabalho, em módulo, realizado pela força de atrito para levar o sistema ao repouso.

#### **Quinta aula (primeira parte)**

Obtenção do teorema da energia cinética.

Com os resultados coletados na aula prática, será ressaltado que quanto maior a massa do carrinho, maior será a massa do sistema e que quanto maior a velocidade do carrinho, maior será a velocidade inicial do sistema.

**Objetivo:** identificar esse teorema com os resultados encontrados na prática. Sistematizar o problema obtendo o teorema da energia cinética, confrontando-o com os resultados obtidos pelos alunos na resolução experimental do problema.

**Estratégia:** aula expositiva dialogada.



Ao término da atividade experimental, desenvolvida na aula 4, esperava-se que os alunos verificassem hipóteses relacionadas à variação de massas e à variação de velocidades (relacionada à inclinação do plano de onde o carro foi abandonado).

A representação da situação investigada foi representada na figura 6 seguida das seguintes questões: quais as forças que atuam no sistema? Qual é a força resultante? Qual a definição que encontramos para o trabalho de uma força?

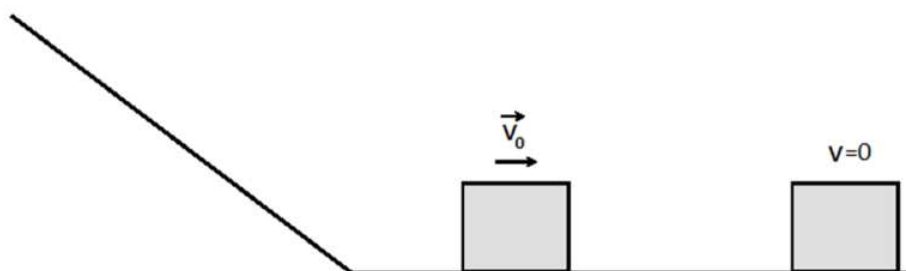


Figura 6. Representação do trajeto do conjunto esfera/caixa.

Identificando que a força de atrito cinético ( $F_{at}$ ) é a resultante do sistema carro/caixa e essa pode ser considerada constante e utilizando os resultados do trabalho de uma força constante e contrária ao deslocamento, temos:

$$F_{at} = R = ma \Rightarrow W = \vec{R} \cdot \vec{\Delta s} \Rightarrow W = ma \cdot \Delta s$$

Considerando o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), a velocidade muda linearmente com o passar do tempo. Como o tempo era reduzido e não efetuamos sua medida, mas sim do deslocamento, então tomamos a equação de Torricelli, assim sendo temos:

$$\begin{aligned}
v^2 &= v_0^2 - 2a\Delta s \rightarrow -a\Delta s = \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow m(-a\Delta s) = m\left(\frac{v^2 - v_0^2}{2}\right) \rightarrow \\
\rightarrow -ma\Delta s &= m\left(\frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}\right) \rightarrow \vec{F}_{at} \cdot (-\Delta s) = \left(\frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}\right) \rightarrow \\
\rightarrow -W &= \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} \rightarrow -W = \Delta E_c
\end{aligned}$$

Ressaltando a relação do trabalho com a variação de energia, no caso identificada como cinética, podemos obter a expressão da energia cinética, verificando que massa e velocidade são grandezas que caracterizam esta energia.

#### **Quinta aula (segunda parte)**

Aula de resolução de exercícios em grupo.

**Objetivo:** identificar através de um exercício em grupo as habilidades na resolução de uma situação relacionada à energia cinética. Desenvolver a interpretação de problemas e as habilidades matemáticas de caráter técnico.

**Estratégia:** dividimos a turma em seis grupos distintos, separados aleatoriamente e para cada grupo foi entregue a seguinte folha de exercícios:

Resolva as questões a seguir.

1º) Na figura 7 um corpo de massa igual a 5,0 kg é abandonado em A e chega a B com uma velocidade de 10 m/s. Qual a energia cinética do corpo no ponto B?

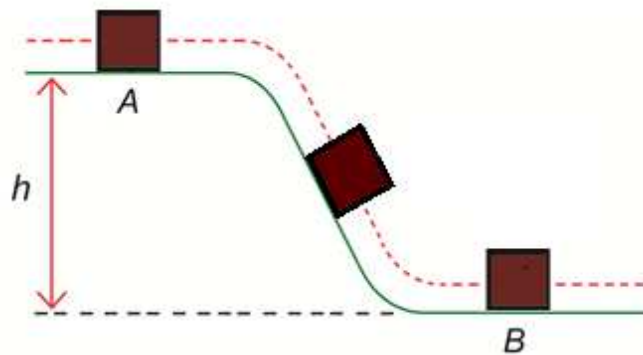


Figura 7. Sistema plano/bloco. Autor: Marcos André Gonçalves Silva

2º) Se na situação anterior a energia cinética for igual a 500J, qual será o valor da massa sabendo que a velocidade ainda é de 10 m/s?

3º) Se agora a energia cinética for igual a 1000J, qual será o valor da velocidade sabendo que a massa ainda é de 5,0 kg?

### Sexta aula

Identificação das grandezas físicas que estão relacionadas ao trabalho da força peso resultante.

**Objetivo:** identificar quais grandezas físicas estão relacionadas ao trabalho da força peso. Verificar que a massa, altura e a gravidade são grandezas que interferem no trabalho resultante.

Familiarizar os estudantes com os laboratórios não estruturados; identificar hipóteses como forma de buscar a solução de um problema; utilizar a representação como forma de modelizar o mundo real.

**Estratégia:** aula prática, laboratório não estruturado.

Novamente apresentamos aos alunos uma questão aberta, agora relacionada á energia potencial gravitacional, também pautada numa questão

cotidiana. Nesta atividade, os alunos utilizaram uma atividade experimental (LNE) para identificar as variáveis do sistema, os materiais disponibilizados aos alunos são apresentados na figura 9.

### Problema 3

Uma empresa pretende construir 7 prédios de 8 andares cada, no bairro Vale das Palmeiras. Para dar início a essa obra será necessário tomar muito cuidado na construção do alicerce, que é a base de qualquer construção. Para isso será usado um bate-estacas que é um equipamento utilizado para execução de fundações profundas em grandes construções, método no qual se fincam estacas no solo, que podem ser pré-moldadas em concreto, metálicas, e de outros materiais.

Esse equipamento constitui-se basicamente de uma torre que eleva o bate-estacas, que nesse caso é um peso (martelo), que cai na estaca por gravidade, com vista a cravar a estaca no solo (Figura 8).

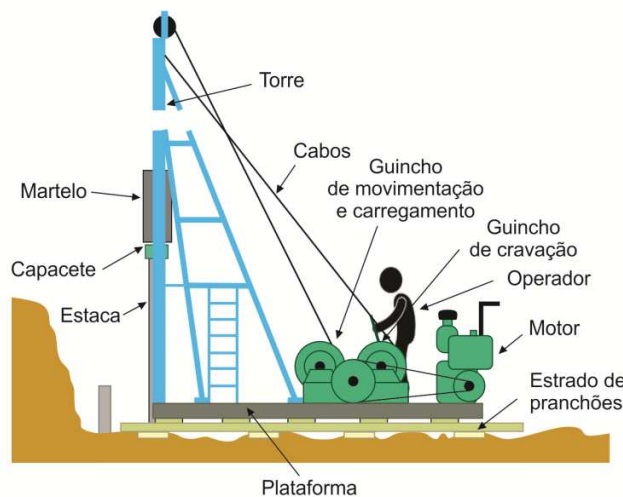


Figura 8. Bate-estacas (Autor: Marcos André Gonçalves Silva).

Utilizando os seus conhecimentos e os materiais disponíveis, identifique qual(is) fator(es) interfere(m) diretamente na eficiência do bate-estacas?

Materiais: 1 lápis, 1 funil pequeno, 2 esferas de massas diferentes, 1 lata com areia, régua ou fita métrica. (Figura 9)



Figura 9. Material utilizado na aula sobre Energia Potencial Gravitacional, para representar as ações do bate estaca.

#### **Sétima aula (primeira parte)**

Obtenção do trabalho da força peso como a variação da energia potencial gravitacional, identificando esta expressão com os resultados encontrados na prática.

**Objetivo:** sistematizar o problema obtendo o teorema da energia potencial gravitacional, confrontando-o com os resultados obtidos pelos alunos na resolução experimental do problema.

**Estratégia:** aula expositiva dialogada, com uso da pergunta na busca da construção do conhecimento.

Pela atividade prática, esperava-se que os alunos apresentassem como variáveis a massa da bola e a distância de abandono (altura).

Na atividade anterior, relacionamos o trabalho da força resultante com a variação da energia cinética. Portanto, para o caso do bate estaca, quanto maior fosse a energia cinética da bolinha ao bater na estaca, maior seria o trabalho realizado por ela. Questionando qual é a força resultante sobre a bolinha durante a queda, dando-lhe energia cinética, poderíamos relacionar o trabalho realizado pelo bate-estacas com a variação da energia potencial gravitacional (Figura 10).

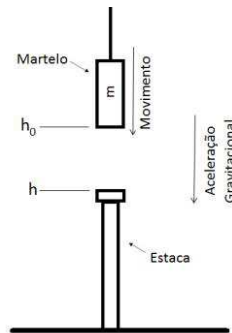


Figura 10. Representação utilizada na obtenção do trabalho realizado pela força gravitacional  $\vec{F}$ , relacionando-a à energia potencial gravitacional.

Sendo:

$$\vec{R} = \vec{P} \quad e \quad \Delta \vec{s} = \Delta \vec{h}$$

$$|\Delta \vec{s}| = h_0 - h$$

Temos:

$$W = \vec{R} \cdot \Delta \vec{s} \rightarrow W = P \cdot \Delta h \rightarrow W = mg|(h_0 - h)| \rightarrow$$

$$W = m \cdot g \cdot h_0 - m \cdot g \cdot h$$

∴

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Mais uma vez relacionando o trabalho com a variação de energia, identifica-se a energia potencial gravitacional. Neste momento dá-se destaque ao termo potencial em comparação ao termo cinética na identificação das energias.

### **Sétima aula (segunda parte)**

Aula de resolução de exercícios em grupo.

**Objetivo:** identificar através de um exercício em grupo as habilidades na resolução de uma atividade relacionada à energia potencial gravitacional.

Portanto, os objetivos são os mesmos, esperando-se maior apropriação dos procedimentos adotados.

**Estratégia:** dividimos a turma em cinco grupos distintos, separados aleatoriamente e para cada grupo foi entregue a seguinte folha de exercícios:

Resolva as questões a seguir.

1º) Na figura 11, um corpo de massa igual a 5,0 kg é abandonado em A e chega a B. Sabendo que a distância de A até B é 10 m e considerando a gravidade igual a 10 m/s<sup>2</sup>, qual a energia potencial gravitacional do corpo no ponto A?

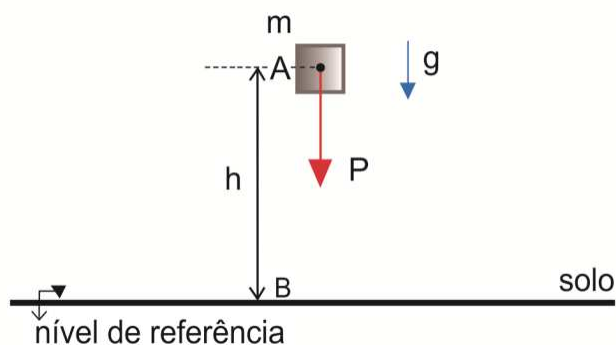


Figura 11. Bloco em abandono. Autor: Marcos André Gonçalves Silva

2º) Utilizando o enunciado da questão anterior, qual será energia potencial gravitacional do corpo no ponto B?

3º) Se agora a energia potencial gravitacional for igual a 1000J, qual será o valor da altura sabendo que a massa ainda é de 5,0 kg?

### **Oitava aula**

Retomar o procedimento da resolução de um problema através da atividade prática, como foi feito na quarta aula.

**Objetivo:** identificar que grandezas físicas estão relacionadas ao trabalho da força elástica, verificar que a deformação e a constante elástica são grandezas que interferem no trabalho. Portanto, os objetivos são os mesmos, esperando-se maior apropriação dos procedimentos adotados.

**Estratégia:** aula prática, laboratório não estruturado.

Apresentamos aos alunos mais um problema, relacionado a um brinquedo muito comum entre os meninos, o budoque, mas de conhecimento de todos. Deveriam utilizar a atividade experimental para a resolução do problema.



#### Problema 4

Você conhece isto?



Figura 12. Bodoque (Autor: Marcos André Gonçalves Silva).

Na minha infância (não que eu seja tão velho assim) isso era um equipamento indispensável nas brincadeiras de fim de tarde. Havia até um campeonato de tiro a lata lá no meu bairro e olhe que sempre eu estava entre os melhores atiradores do campeonato.

Chamado de estilingue, bodoque, badoque, funda, é conhecido também por diversos outros nomes no Brasil, a atiradeira é uma arma primitiva, construída com forquilha de madeira ou de metal, munida de tiras elásticas, com as quais se atiram pequenas pedras, ou outros pequenos projéteis.

Quais fatores tornam o bodoque mais eficiente? Ou seja, o que deve ser alterado para que o bodoque possa jogar pequenos projéteis (pedra, mamonas e outros) a uma longa distância?

Utilizando os materiais disponíveis, identifique quais variáveis interferem diretamente nessa eficiência?

Materiais: 2 elásticos (gominhas) diferentes, 1 régua, 1 fita métrica ou trena, 1 canaleta, pedaço de madeira (Figura 13).



Figura 13. Material utilizado na aula experimental 08 sobre Energia Potencial Elástica.

### **Nona aula**

Sistematizar o problema obtendo o teorema da energia potencial elástica.

**Objetivo:** obter a relação entre trabalho da força elástica e energia potencial elástica e identificar esta expressão confrontando-o com os resultados obtidos pelos alunos na resolução experimental do problema.

**Estratégia:** aula expositiva dialogada.

Durante o desenvolvimento da atividade os alunos deveriam relacionar o tipo de material da gominha (constante elástica) e a deformação como interferência no trabalho da força elástica. Tendo essas variáveis e sabendo que quanto maior a deformação (Figura 14a), maior a força, poderíamos relacioná-los graficamente (Figura 14b).

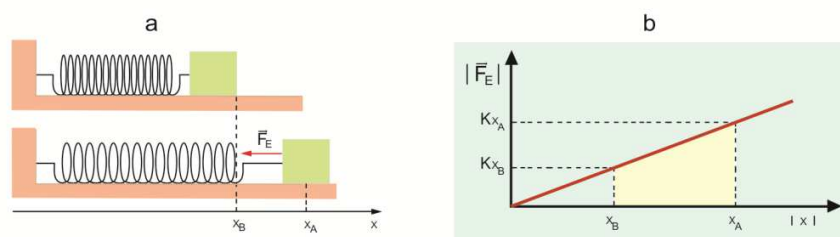


Figura 14. Deformação elástica (a) e representação gráfica da mesma (b)  
 Autor: Marcos André Gonçalves Silva.

Como já foi verificado, o trabalho de uma força que varia com o deslocamento é obtido pela área sob a curva do gráfico  $F \cdot x \Delta s$ . O trabalho da força elástica para ir de  $x_A$  até  $x_B$  é dado pela área clara no gráfico que pode ser obtida pela subtração dos dois triângulos. Logo:

$$W_{F_e} = \frac{K \cdot x_A \cdot x_A}{2} - \frac{K \cdot x_B \cdot x_B}{2} \rightarrow W_{F_e} = \frac{K \cdot x_A^2}{2} - \frac{K \cdot x_B^2}{2} \rightarrow E_{P_e} = \frac{K \cdot x^2}{2}$$

Identificando o trabalho com a variação de energia, obtém-se a expressão da energia potencial elástica.

### Décima aula

Aula de resolução de exercícios em grupo.

**Objetivo:** identificar através de um exercício em grupo as habilidades na resolução de uma atividade relacionada à energia potencial elástica.

Desenvolver a interpretação de problemas e as habilidades matemáticas de caráter técnico.

**Estratégia:** dividimos a turma em seis grupos distintos, separados aleatoriamente e para cada grupo foi entregue a seguinte folha de exercícios:

Resolva as questões a seguir utilizando seus conhecimentos e a equação da energia potencial elástica.

1º) Na figura 14, uma mola de constante elástica igual a  $500\text{N/m}$  é comprimida, e a deformação é  $x = 0,20\text{m}$ . Qual a energia potencial elástica adquirida?

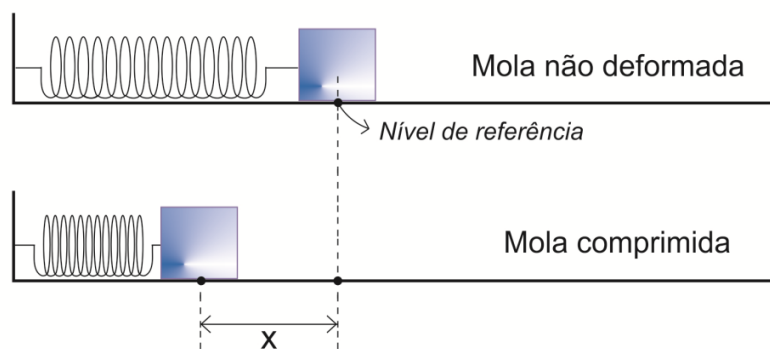


Figura 14. Sistema massa mola. Autor: Marcos André Gonçalves Silva

2º) Se na situação anterior a energia potencial elástica for igual a 40J, qual será o novo valor da deformação da mola?

3º) Se agora a deformação for 1,0 m, qual será o valor da constante elástica, sabendo que a energia potencial elástica é igual a 40J?

No planejamento inicial tínhamos ainda mais 4 aulas apresentadas no produto que compõe esta dissertação, que contemplam o trabalho de forças não conservativas, energia mecânica e sua conservação. Como o desenvolvimento do trabalho ocorreu no último bimestre do ano, imprevistos ocorridos na escola comprometeram, de modo inesperado, o transcorrer das atividades letivas impedindo que todo o planejamento fosse cumprido.

Em todas as etapas, os alunos fizeram registros das atividades desenvolvidas, que além de ter a finalidade de avaliação formativa, também foram utilizadas na análise de resultados e discussões desta dissertação, conforme apresentado no próximo tópico. Cabe destacar que exercícios do livro também foram resolvidos pelos alunos, assim com a avaliação bimestral no formato de teste individual, exigência da escola.

### **3.5 Instrumentos de Coletas de Dados**

Contribuindo para elucidação do problema proposto, a verificação e apresentação dos resultados obtidos no desenrolar desta sequência didática foram feitas na perspectiva de uma análise qualitativa.

Durante as atividades, os alunos demonstravam suas percepções na forma de textos, exercícios, relatórios individuais e em grupo, apresentações e diálogo. Para que fosse possível selecionar esse material e posteriormente

efetuar a concretização da análise desses dados, utilizamos os instrumentos a seguir:

- Observação Direta – Método baseado na atuação do pesquisador, atuação essa diretamente ligada à habilidade de interpretar, registrar e captar informações.

- Diário de Campo – Diário onde são feitos os registros frutos dos questionamentos, interpretações e quaisquer eventos que o pesquisador classificar como relevante.

- Áudio e Vídeo – Durante algumas aulas foi utilizado o recurso da gravação em áudio e vídeo. Posteriormente, parte dessas gravações foi transcrita e registrada no Diário de Campo.

- Questionário – É um instrumento muito utilizado na pesquisa qualitativa, para a obtenção de informações e apresenta resultados confiáveis, além de apresentar as mesmas questões a todos os estudantes. Especificamente, o questionário utilizado tinha como objetivo avaliar através dos alunos o desenvolvimento da sequência didática.

- Exercícios de aprendizagem, individual e em grupo – Os exercícios tinham como objetivo tanto identificar os conhecimentos prévios (quando relacionados à resolução de problemas com o uso de atividade prática investigativa) quanto verificar os conhecimentos adquiridos ao final de cada etapa.

Para realização de toda pesquisa, aplicamos a técnica de análise de conteúdos, por acreditarmos que, além de oferecer conexões com outras técnicas de pesquisa, promove inferências acerca de dados simbólicos, figurativa e documental das mensagens (FRANCO, 2012). Na análise do material coletado durante toda atividade, seguimos criteriosamente o que Franco (2012) destacou no capítulo 5 de seu livro:

A etapa de pré-análise consiste na escolha dos documentos a serem submetidos à análise, elaboração de indicadores, hipóteses e dos objetivos.

A leitura “flutuante” e a escolha dos documentos fazem parte das atividades da pré-análise. A primeira consiste em uma leitura geral do material para que o pesquisador consiga situar-se no universo ao qual está imerso, sem se “preocupar” com um tema ou assunto em específico. Essa leitura tem a finalidade de apresentar todo o material que está à disposição do pesquisador. Após a leitura flutuante, o objetivo é determinado pelo pesquisador que convém escolher, no universo dos documentos analisados, quais assuntos serão trabalhados.

#### **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Optamos por organizar esse tópico, apresentando os resultados e análises aula a aula, de modo a identificar o desenvolvimento dos alunos em conjunto com o desenvolvimento do processo.

1ª Aula – Resolução de um problema aberto – Trabalho.

Os estudantes receberam o problema aberto (seção 3.4.1), contendo informações numéricas e representação esquemática, com a finalidade de contextualizar e ilustrar o problema, sem que os dados fossem necessários no processo de solução (consistindo, portanto em um problema aberto).

Todos os alunos apresentaram individualmente “soluções” para o problema, o que destaca a potencialidade dos problemas abertos, tanto no envolvimento dos alunos na busca da solução, quanto na possibilidade que este tipo de abordagem tem para identificar os conhecimentos prévios.

Posteriormente foram feitos grupos para que houvesse a discussão do problema e uma solução única fosse apresentada pelo grupo favorecendo na defesa das soluções individuais habilidades de argumentação.

Como os objetivos dessa primeira atividade consistiam na identificação do uso de máquinas simples e conhecimentos prévios que se relacionassem ao conceito de trabalho e gasto de energia, planejamos as análises com base nas seguintes questões iniciais:

Quais equipamentos foram utilizados? Houve utilização de máquinas simples? (Pré-requisito trabalhado no bimestre anterior).

Entretanto, a leitura “flutuante” nos mostrou mais uma questão, baseada em conhecimentos prévios oriundos de experiências vivenciais, a consideração do atrito.

Estabelecemos duas categorias de análise: o uso de máquinas simples e a consideração da presença do atrito.

### **Equipamentos utilizados**

Os equipamentos utilizados para a solução dos problemas eram condizentes com a proposta do trabalho em não utilizar nenhuma forma de motor? Dentre as soluções apresentadas havia a relação com máquinas simples, matéria apresentada aos alunos no bimestre anterior à aplicação do trabalho?

Foi possível verificar que todos os alunos entenderam bem a proposta do trabalho e ninguém mencionou artifícios que contrariassem a proposta para solução do problema, por exemplo, a utilização de motores.

Ao analisar a utilização de máquinas simples na solução do problema, identificamos a presença de rampas, roldanas móveis e carrinhos de mão como principais itens do conjunto de máquinas simples. Já roldanas fixas, escada, plataformas, cabos, ganchos, e rodas, quando não associadas aos itens anteriores



(rampas, roldanas móveis e carrinhos de mão), não foram enquadrados como máquinas simples. Após a análise obtivemos o seguinte resultado mostrado no gráfico 1.

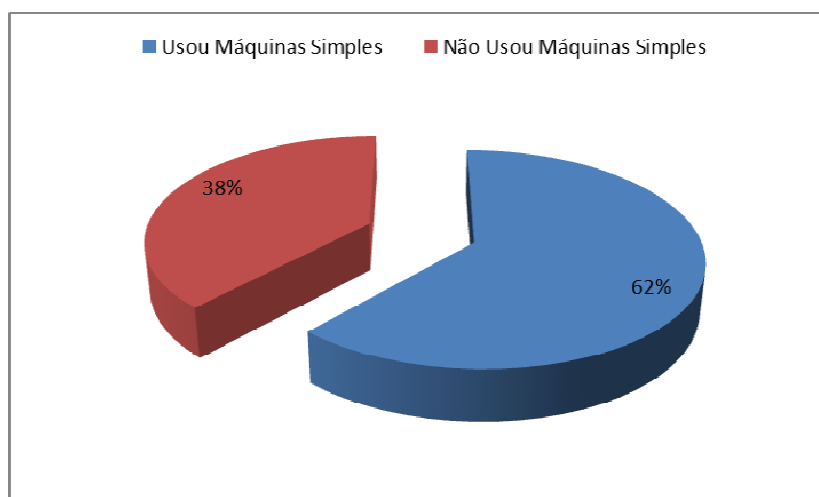


Gráfico 1. Resultado da análise das respostas individuais ao problema aberto quanto ao uso de máquinas simples.

Embora o enunciado não mencione diretamente a necessidade de utilizar máquinas simples na solução do problema, não é possível resolvê-lo, reduzindo o esforço, sem utilizar desses mecanismos. Esse resultado mostra que 62% dos alunos expõem como solução para o problema, a utilização de máquinas simples a fim de reduzir o esforço muscular.

Ao analisar os resultados apresentados pelos grupos referentes ao uso de máquinas simples, ficou claro que a opinião da maioria prevaleceu ao ser comparado com a opinião da minoria. Como isso aconteceu com todos os grupos, evidencia-se que a discussão, que era um dos focos nesta etapa, provavelmente não tenha ocorrido (Tabela 3).

Tabela 3. Relação dos equipamentos utilizados por cada aluno e por cada grupo, na solução do problema e identificação do uso das máquinas simples.

<b>Alunos</b>	<b>Equipamentos Utilizados</b>	<b>Utilizou máquinas simples?</b>
37	cabo e ganchos	Não
15	Rampa, Roldanas Fixas, rodinhas e cabo	Sim
41	Roldanas Fixas e cabo	Não
27	Roldanas Fixas, roldanas móveis e cabo	Sim
4	Roldanas Fixas cabo	Não
<b>GRUPO 01</b>	<b>Roldanas Fixas, gancho móvel e cabo</b>	<b>Não</b>
7	cabo e ganchos	Não
6	Rampa e rodinhas	Sim
42	Rampa	Sim
28	Rampa e carrinho	Sim
8	Roldanas móveis	Sim
<b>GRUPO 02</b>	<b>Rampa</b>	<b>Sim</b>
29	Roldanas Fixas e cabo	Não
30	Rampa e carrinho	Sim
2	Roldanas fixas, roldana móvel e cabos	Sim
32	Roldanas fixas, roldana móvel e cabos	Sim
39	Rampa e carrinho	Sim
40	Roldanas Fixas, plataforma e cabo	Não
<b>GRUPO 03</b>	<b>Roldanas fixas, roldana móvel e cabos</b>	<b>Sim</b>
3	Roldanas móveis e cabos	Sim
13	cabo e ganchos	Não
36	rodinhas, roldanas fixas e cabo	Não
21	Roldanas Fixas, roldanas moveis carrinho, e cabos	Sim
1	Roldanas Fixas, carrinho, e cabos	Sim
19	cabo e ganchos	Não
16	Plataforma, rodinhas, roldanas fixas e cabo	Não
<b>GRUPO 04</b>	<b>Plataforma, rodinhas, roldanas fixas e cabo</b>	<b>Não</b>
11	Roldanas Fixas e cabo	Não
18	Ganchos, cabo , carrinho e rampa	Sim
24	Roldanas fixas, roldana móvel e cabos	Sim
10	Roldanas fixas, roldana móvel e cabos	Sim
5	Roldanas Fixas, escadas e cabos	Não
<b>GRUPO 05</b>	<b>Roldanas Fixas, carrinho, escadas e cabos</b>	<b>Sim</b>
20	Rampa e carrinho	Sim
25	Rampa e rodinhas	Sim
43	Rampa e rodinhas , cordas para puxar	Sim
23	sistema de roldanas móveis e cabo	Sim
12	Roldanas Fixas, roldana movel e cabo	Sim
14	Roldanas fixas, cabos, plataforma, rodinhas.	Não
<b>GRUPO 06</b>	<b>Roldanas Fixas, roldanas moveis carrinho, e cabos</b>	<b>Sim</b>

Como as atividades feitas individualmente e em grupo foram concretizadas na mesma aula, vimos por meio da análise das tabelas, uma necessidade de selecionar os componentes dos grupos, criando grupos com alunos que apresentaram repostas distintas, a fim de evitar que a opinião da maioria prevaleça; evitando assim, uma imposição feita pela maioria e propiciando uma discussão gerada pela defesa de opinião. De acordo com Júlio e Vaz (2007), cada membro do grupo é responsável por todo o processo de pesquisa ou de aprendizagem, de modo que cada participante é um membro com direitos iguais na construção criativa e cooperativa do conhecimento.

A partir dessa observação, consideramos que a atividade em grupo deve acontecer em uma aula subsequente, na qual o professor possa redimensionar os grupos não optando pelo formato aleatório como foi esse utilizado por nós e propiciando esse desequilíbrio, impelindo a escolha de resposta pela imposição, favorecendo a argumentação.

No decorrer dessa coleta de dados verificamos que um elevado número de alunos fez o uso de associações de roldanas, mas nem toda representação demonstrada era capaz de concretizar a tarefa proposta. Analisamos os desenhos apresentados pelos alunos na solução do problema, embasados nas seguintes questões! Quando são mencionadas roldanas? Como essa roldana deveria estar posicionada para ajudar no transporte das caixas? A representação esquemática é adequada para a solução da tarefa?

O resultado desta análise pode ser observado no gráfico 2, no qual apenas 9% dos alunos não representaram a solução na forma de desenho. Embora não fosse obrigatória sua confecção, na folha da atividade havia toda uma estrutura que propiciava sua confecção como solução.

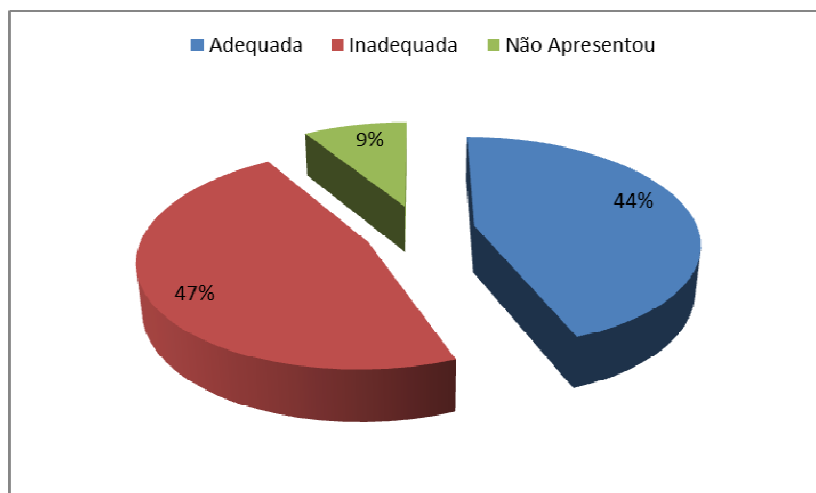


Gráfico 2. Resultado da solução do problema por meio de desenhos, apresentada pelos alunos individualmente.

Dos alunos que fizeram uma representação de forma adequada, a maioria teve o seu desenho relacionado a uma rampa, apenas um dos alunos que mencionou a utilização de roldanas móveis conseguiu demonstrar a solução do problema, ou seja, todos que mencionaram a utilização de roldanas móveis com exceção desse aluno, não conseguiram representar a solução e assim, não conseguiram demonstrar, por meio do desenho, a capacidade de realizar a tarefa.

Nas figuras 15 e 16 temos dois exemplos. O primeiro, do uso da rampa onde o aluno a utiliza a fim de diminuir o esforço. E o segundo, uma ilustração que indica o uso de associações de roldanas, mas com uma representação esquemática na qual o transporte das caixas seria impossível de realizar-se.

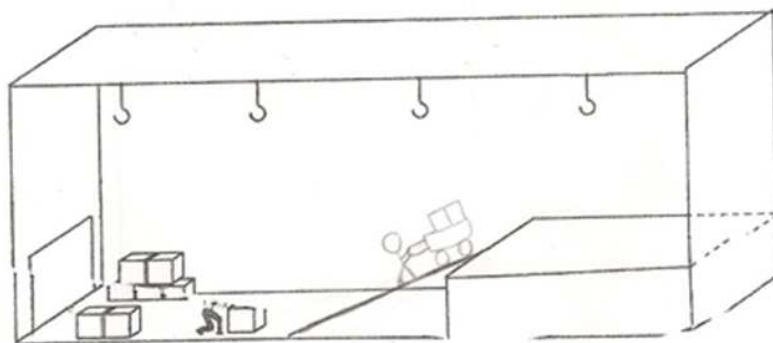


Figura 15. Exemplo de uma solução, por representação esquemática utilizando máquinas simples de forma adequada.

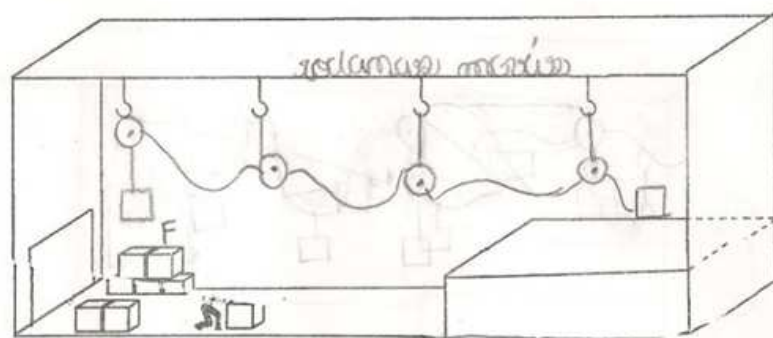


Figura 16. Exemplo de uma solução, por representação esquemática utilizando máquinas simples de forma inadequada.

Alguns alunos, mesmo aqueles que fizeram representações como mostrado na Figura 16, mencionavam que, ao aumentar o número de roldanas móveis, haveria uma redução significativa do esforço.

Nesta primeira análise vemos que os conceitos de máquinas simples estão de acordo com o ensinado em sala, utilizadas para reduzir o esforço físico pela maioria (Gráfico 1). Entretanto, percebe-se que o desenvolvimento de habilidades como a representação esquemática deve ser revista, pois conhecer o

funcionamento de um conjunto de roldanas móveis é muito importante, mas saber utilizá-las, aplicando-as em um problema como ferramenta para a solução é fundamental.

O resultado por grupos nessa etapa também foi semelhante ao resultado individual, acontecendo uma pequena variação, na qual a representação inadequada diminuiu enquanto a adequada aumentou, comparando com a análise individual (Gráfico 3).

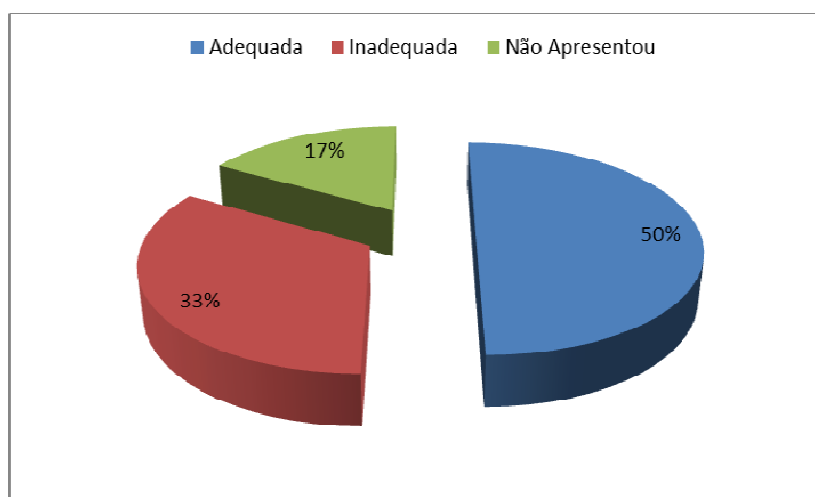


Gráfico 3. Resultado para a solução do problema por meio de representações esquemáticas pelos grupos.

As mudanças de opiniões aconteceram e isso pode ser observado analisando-se os gráficos 2 e 3 que representam a apreciação individual dos alunos e a análise dos grupos.

### Consideração do atrito.

O atrito não foi mencionado, mas o problema proposto tratava-se de uma situação real. Portanto, nas soluções apresentadas pelos alunos identificamos quando esse atrito foi considerado e a tentativa de minimizá-lo, e observamos uma terceira situação, a qual chamamos de indiferente, onde a solução não permite identificar se o aluno pensou ou não em reduzir o atrito (Gráfico 4).

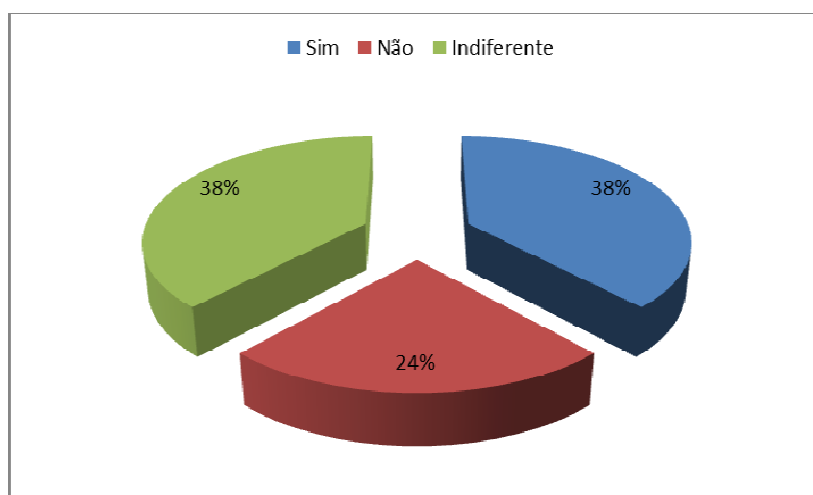


Gráfico 4. Resultado da solução do problema considerando-se o atrito.

Ao observar os classificados como “indiferentes”, verificamos que os mesmos resolveram o problema do atrito, embora em momento algum isso fosse mencionado ou explicitado. Por exemplo, quando um aluno utiliza um sistema de roldanas com ganchos e cabos onde as caixas eram suspensas e transportadas de um ponto a outro, ele resolve a questão e o atrito não interfere na solução, logo não temos certeza de que essa solução tinha sido escolhida para efetivamente reduzi-lo. Mas como é uma solução que diminui as interferências

do atrito, confeccionamos um novo gráfico onde esse grupo foi incorporado aos que minimizaram e/ou eliminaram os efeitos do atrito (Gráfico 5).

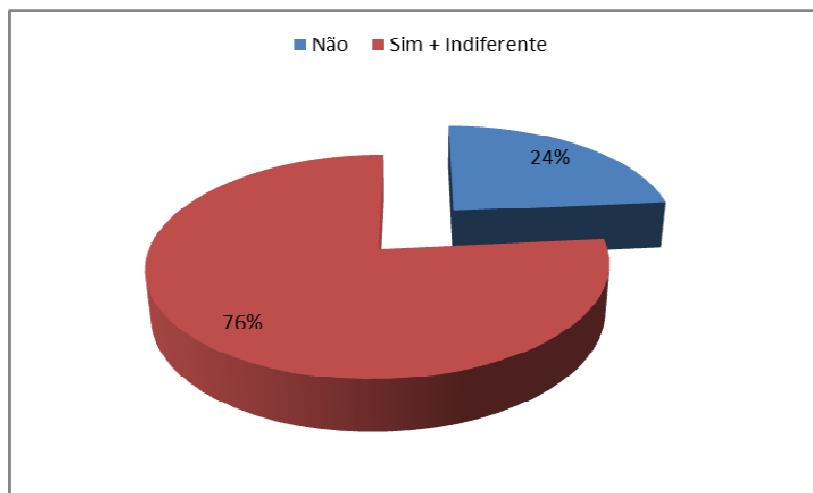


Gráfico 05. Resposta a solução do problema considerando o atrito, agrupando os que consideram o atrito e os que resolveram o problema do atrito sem demonstrar sua importância (indiferentes).

A interpretação feita pelos grupos também não difere da interpretação individual (Tabela 5)

Tabela 5. Resultados da solução do problema pelos grupos considerando o atrito.

<b>Grupos</b>	<b>Considerou o atrito?</b>
GRUPO 01	Indiferente
GRUPO 02	Não
GRUPO 03	indiferente
GRUPO 04	Sim
GRUPO 05	Sim
GRUPO 06	Sim



Após analisar esses resultados podemos observar que os atritos tantas vezes desprezados em nossos exercícios é considerado por uma parcela significativa, sinal que os alunos conseguiram analisar cientificamente uma situação do dia-a-dia e fisicamente tentaram minimizá-lo.

Finalmente, buscamos resposta para a seguinte questão: o aluno conseguiu, ou não conseguiu, resolver o problema reduzindo o esforço muscular?

Mesmo que os alunos tenham utilizado os equipamentos adequados, e representassem corretamente na forma de desenho, o simples fato de desconsiderar o atrito poderia não proporcionar a realização da tarefa. O gráfico 06 mostra que a concretização da tarefa não foi tão simples e devido a alguns equívocos destacados anteriormente, identifica-se que a maioria não alcançou um resultado completamente satisfatório.

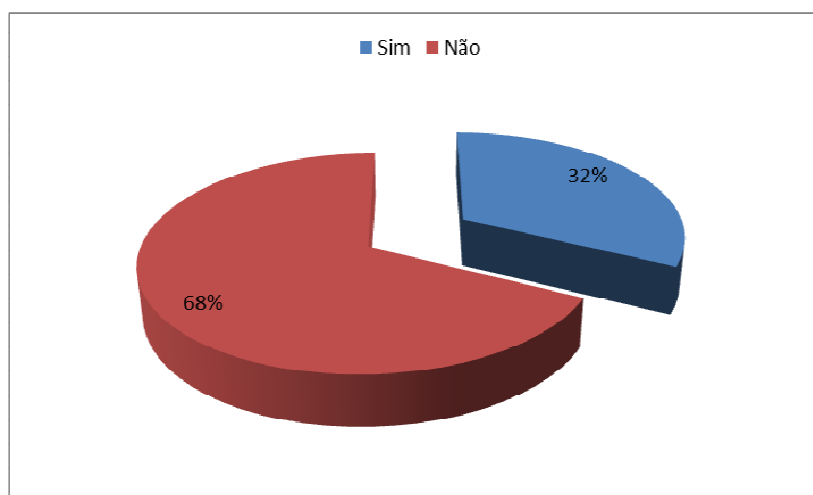


Gráfico 6. Resultados da solução do problema identificando-o como completamente satisfatório ou não.

Ao final dessa primeira aula podemos observar e concluir que a maioria dos alunos conseguiu assimilar o uso de máquinas simples, mas não conseguiu representá-las esquematicamente na solução do problema. Muitos sabem que roldanas móveis reduzem a força necessária (apropriação dos conceitos desenvolvidos no terceiro bimestre), mas sua utilização eficaz torna-se ineficiente por não saberem esquematizar corretamente. Essa análise nos faz refletir sobre a necessidade de trabalharmos nas aulas o conteúdo procedimental das representações esquemáticas.

Reforçamos que mesmo sem soluções completamente satisfatórias, os objetivos foram alcançados. Todos os alunos participaram ativamente da tarefa, fato que provavelmente não iria ocorrer com um problema fechado, e pudemos identificar seus conhecimentos prévios. Por fim, todas as soluções apresentadas mostravam que para reduzir o esforço físico, o deslocamento realizado seria maior.

Nos registros é evidente que há um grande desejo de representar, demonstrar e afirmar as intenções. Na segunda parte, a análise em grupo, embora a má divisão dos grupos tenha prejudicado parcialmente o desempenho, a interação e o comprometimento durante o desenvolvimento deste problema foram um dos principais focos. Observamos um comprometimento muito grande dos alunos na busca pela solução, a relação interpessoal estava evidente e as trocas de opiniões aconteciam durante todo o tempo. (Diário de campo, 06/11/2014). De acordo com Gomide e Nicolielo (s/d), algumas razões para apostar em trabalhos em grupo são: aprender a argumentar, ouvir a opinião dos outros, respeitar e ser tolerante, dar espaço para todos, lidar com os problemas, aprender e apropriar-se de novos conhecimentos.

Ouvi alguns alunos manifestarem uma insatisfação pelo término da aula, deixando claro que esse novo formato dinâmico e interativo estava despertando o interesse dos mesmos (Diário de campo, 06/11/2014).

## 2ª Aula – Formalização do conceito de trabalho.

A aula foi iniciada apresentando as soluções dos grupos para o problema proposto na aula 1. Cabe salientar que as ações desta aula foram orientadas pelas análises das soluções apresentadas. Em seguida fizemos algumas perguntas, sendo a primeira: em todas as situações o esforço muscular realizado foi o mesmo?

A resposta de negação apareceu de forma tímida, por se tratar de uma exposição em público. Percebe-se o medo de falar algo errado diante da turma. A insistência no diálogo fez com que depois de algumas reflexões com as atividades desenvolvidas pelos alunos a conclusão entre a diferença entre os esforços fossem evidenciada.

Em sequência fizemos outra pergunta: em todas as situações a trajetória percorrida era a mesma?

Inicialmente alguns disseram que “sim”, depois ouvimos “não” com uma intensidade considerável, que se apresentava com intuito de corrigir a resposta inicialmente equivocada. Para confirmar a resposta coerente, recorremos às soluções dos trabalhos onde comparamos diversas trajetórias apresentadas, concluindo que a posição inicial e final eram as mesmas para todos, mas haviam vários trajetos apresentados nas soluções.

Logo após essa comparação, apresentamos a palavra “trabalho”, mostrando sua diferença em relação a palavra comumente utilizada por nós, discutindo o trabalho físico como o produto de uma força pelo seu deslocamento. Neste momento surgiram dúvidas e o(a) aluno(a) 43 questionou se o trabalho era uma força aplicada em um corpo em movimento. Para esclarecer tal, dúvida, partimos para um exemplo prático, demonstrando um trabalho feito por nós quando aplicamos uma força ao deslocar uma carteira de um ponto a outro. Aproveitando a oportunidade, apresentamos também que uma

força que não realiza deslocamento não realiza trabalho, exemplificando quando seguramos uma carteira a uma certa altura do solo sem deslocá-la.

Nesse momento refletimos com os alunos sobre as soluções encontradas. Situações nas quais os deslocamentos realizados eram diferentes, bem como com esforços musculares diferentes. Oportunamente relembramos a decomposição da força peso num plano inclinado, a fim de apresentar que a força a ser aplicada no movimento do corpo, ao subir o plano, será, no mínimo, igual à componente do peso paralela ao plano. Como o exemplo apresentado possuía um ângulo de  $30^\circ$ , concluímos que a força necessária para elevar o corpo de um ponto a outro nesse plano inclinado era a metade do valor de seu peso, mas o deslocamento era o dobro, em relação ao deslocamento vertical. Em seguida, começamos a explicar sobre roldanas fixas e roldanas móveis onde a força aplicada em um cabo utilizando uma roldana fixa deveria ser igual ao peso e utilizando roldanas móveis, essa força é reduzida, mas a quantidade de cabo que deverá ser recolhido é maior. Neste momento perguntamos: todos realizaram o mesmo trabalho?

Mesmo depois de toda a explicação, praticamente todos disseram que não. A intervenção aconteceu a partir do exemplo diário do transporte de certa quantidade de sacolas de compras. Se todas fossem levadas ao mesmo tempo, o deslocamento seria pequeno, mas o esforço grande. Já se essas sacolas fossem divididas em cinco partes, por exemplo, o esforço seria cinco vezes menor, mas o deslocamento por sua vez seria cinco vezes maior. Com essa analogia, conseguimos demonstrar que as forças eram diferentes e as distâncias também, mas no final o trabalho realizado era o mesmo.

Após essa etapa, apresentamos o trabalho positivo, negativo e nulo, relacionado ao ângulo entre a força aplicada ao corpo, e a direção do deslocamento aproveitando para exemplificar o trabalho da força de atrito quando esta atua contrária ao movimento, destacando as soluções do problema

1, que tentaram eliminar ou minimizar o trabalho realizado por esta força. Relacionando as unidades de força (Newton) e de deslocamento (metros), apresentamos a unidade de trabalho, o Joule.

### 3ª aula – Exercício em grupo – Trabalho

Nesta aula foi feito o primeiro exercício, dando segmento à aula anterior. Dividimos a turma em seis grupos distintos, separados aleatoriamente. Para cada grupo foi entregue uma folha de exercícios (conforme apresentado no tópico 3 pag.33), todos com o mesmo enunciado, demonstrando uma possível maneira de erguer um corpo de 500N a uma altura de 2 metros, mas de diferentes modos, como ilustrada na Figura 17. Para os grupos 1 e 2 era o corpo sendo puxado verticalmente (Figura 17.A). Para os grupos 3 e 4, o corpo era erguido verticalmente com auxílio de uma roldana móvel e duas fixas (Figura 17.B) e para os grupos 5 e 6, o corpo era erguido sobre um plano inclinado com um ângulo de  $30^\circ$  (Figura 17.C).

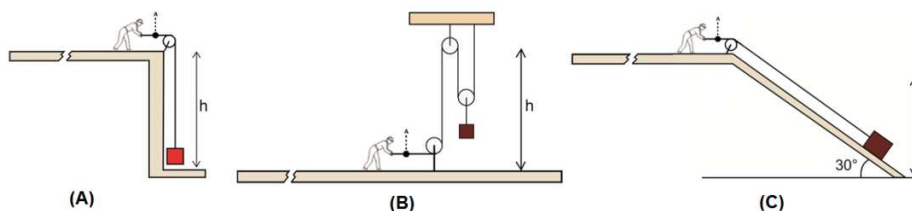


Figura 17. A figura mostra três possíveis maneiras de erguer um corpo de massa  $M$  a uma altura  $h$ . Em (A), ela é erguida diretamente; em (B), através de um arranjo de três roldanas, duas fixas e uma móvel e, em (C), é arrastada sobre um plano inclinado de  $30^\circ$ , com atrito desprezível (Autor: Marcos André Gonçalves Silva).

Ao final da aula, após recolher as atividades, resolvemos no quadro as três situações apresentadas aos alunos, relacionando os resultados com a aula anterior, destacando que, mesmo que a força efetuada e o deslocamento do ponto

“A” sejam diferentes ( $F_A > F_B = F_C$ ), ( $d_A < d_B = d_C$ ), os trabalhos realizados são os mesmos ( $W_A = W_B = W_C$ ).

A análise das atividades realizadas pelos alunos foi satisfatória. Apenas o grupo 6 não concluiu a atividade, deixando de responder as questões b e c. Os demais grupos conseguiram resolver, apresentando clareza e demonstrando segurança nas conclusões. Os resultados se encontram resumidos na tabela 6.

Tabela 6. Resultado das análises das resoluções dos exercícios da 3ª aula.

GRUPOS	RESPOSTAS	ALUNOS	EXERCÍCIOS
GRUPO 1		1	ERGUIDO DIRETAMENTE
	a) resposta direta correta	7	
	b) resposta direta correta	14	
	c) utilizando a equação do trabalho	29	
	resposta correta	39	
GRUPO 2		41	ERGUIDO DIRETAMENTE
	a) resposta direta correta	6	
	b) resposta direta correta	18	
	c) utilizando a equação do trabalho	5	
	resposta correta	30	
GRUPO 3		3	ASSOCIAÇÃO DE ROLDANAS (UMA FIXA E UMA MÓVEL)
	a) resposta direta correta	12	
	b) resposta direta correta	13	
	c) utilizando a equação do trabalho	27	
	resposta correta	40	
GRUPO 4	a) resposta discursiva convincente e correta	33	ASSOCIAÇÃO DE ROLDANAS (UMA FIXA E UMA MÓVEL)
	b) resposta direta correta	15	
	c) utilizando a equação do trabalho	28	
	resposta correta	19	
GRUPO 5		11	PLANO INCLINADO
	a) resposta utilizando a decomposição de Px correta	37	
	b) resposta direta correta	24	
	c) resposta direta e correta	16	
		21	
GRUPO 6		20	PLANO INCLINADO
	a) resposta apresentando forças aplicadas no bloco, decomposição de forças e resposta correta.	23	
	b) Sem conclusão	10	
	c) sem conclusão	43	
		25	
		2	

Quando dizemos que a resposta do grupo foi direta e correta, estamos afirmando que o grupo não utilizou de ferramentas matemáticas para chegar à conclusão, apresentando a resposta por análise direta do exercício. Quando

dizemos que a resposta foi discursiva, estamos afirmando que o grupo apresentou a resposta de forma literal. Acreditamos que todo o processo apresentado até aqui influenciou de forma decisiva nos resultados das atividades dos alunos. A forma como foi conduzida a aula, num ambiente aberto ao diálogo, a apresentação de um problema próximo à realidade do aluno e atividades feitas em grupo permitindo uma interação, com o propósito de aprender com o outro, são diferenciais de grande importância neste contexto. Pelizzari et al. (2002) apontam que uma comunicação eficiente é fundamental na teoria de aprendizagem apresentada por Ausubel. O aluno deverá ser conduzido, respeitado, e sentir-se como parte desse processo de construção desse novo conhecimento.

Rebeque (2008) afirma em seus estudos a importância da Física estar relacionada ao cotidiano por meio de problematização, com o estudo de conceitos e teorias físicas explicando os fatos relacionados às situações cotidianas. Outro ponto importante é o diálogo entre professor e alunos. Ele permite aulas mais dinâmicas em que os alunos participem efetivamente.

#### 4ª aula – Atividade Experimental – Energia Cinética

O objetivo dessa aula era identificar quais grandezas físicas estavam relacionadas ao trabalho realizado por uma força resultante. Para isto, utilizamos uma aula prática, realizada como uma atividade experimental não estruturada, desenvolvida a partir de uma questão aberta.

Sabemos que poucas aulas práticas são ministradas nas atuais aulas de Física, e dessas poucas, a maioria não possui uma estrutura onde o problema proposto deva estimular a curiosidade científica dos estudantes, fazê-los levantar hipóteses sobre a solução de problemas, discutir o experimento realizado, manipular para ver a física como ciência experimental, coletar dados e, principalmente, relacioná-la com eventos do cotidiano (AZEVEDO, 2004).



Essa aula, assim como as demais que contemplam atividades experimentais, foi caracterizada como uma aula investigativa em um laboratório não estruturado cujo grau de liberdade é o IV, (CARVALHO, 2010) onde o aluno recebe o problema, levanta hipóteses, constrói o plano de trabalho, obtém os dados referentes a atividade e tem total liberdade na conclusão.

No início da 4ª aula, separamos aleatoriamente a turma em cinco grupos e apresentamos a proposta que era, por meio de uma atividade prática, identificar quais fatores interferiam na distância percorrida por dois carros após uma colisão (problema apresentado no tópico 3 pag.39).

De posse dos materiais e do roteiro não estruturado, encaminhamos os alunos para os corredores da escola, um local aberto e arejado, onde poderiam ter maior mobilidade e liberdade de execução deste trabalho.

Durante a execução da tarefa, observamos algumas dificuldades apresentadas pelos alunos, como a utilização do transferidor que, embora constasse no kit de materiais, não era estritamente necessário. Houve dificuldade de alguns grupos em interpretar que as esferas simbolizavam um veículo enquanto a caixa representava outro. Mas, mesmo com esses contratempos, todos conseguiram concluir a atividade de forma satisfatória (Figuras 18,19 e 20).



Figura 18. Alunos realizando a atividade prática da 4ª aula.



Figura 19. Alunos realizando a atividade prática da 4ª aula.



Figura 20. Alunos realizando a atividade prática da 4ª aula.

Ao término da atividade experimental, esperava-se que os alunos verificassem hipóteses relacionadas à variação de massas e à variação de velocidades, associada com a inclinação do plano de onde o carro foi abandonado. Analisando as respostas efetuadas pelos grupos, todos, de forma distinta, conseguiram identificar, com auxílio do experimento, que ao modificar a massa, a altura de abandono, a inclinação da reta, o local de abandono e, conseqüentemente, a velocidade da esfera (“carro”), alteramos o deslocamento final dos dois veículos (Tabela 7).

Tabela 7. Resultados da atividade prática investigativa realizada pelos alunos na 4ª aula, quando os grupos coletaram os dados e apresentaram a análise referente a esses dados.

GRUPOS	COMENTÁRIOS DOS ALUNOS	ALUNOS	DADOS COLETADOS			
GRUPO 1	"Levando em conta a massa, quanto maior a altura, maior será a velocidade e consequentemente o impacto."	11	Bola Maior		Bola menor	
		15	h=20cm	$\theta=10^\circ$	h=20cm	$\theta=10^\circ$
		21	distância Percorrida 43 cm		distância Percorrida 31 cm	
		30	h=14cm	$\theta=5^\circ$	h=14cm	$\theta=5^\circ$
		36	distância Percorrida 32 cm		distância Percorrida 21 cm	
		37	h=10cm	$\theta=3^\circ$	h=10cm	$\theta=3^\circ$
			distância Percorrida 20 cm		distância Percorrida 17 cm	
GRUPO 2	"Aumentou a altura, aumentou a velocidade e o arraste."	28	Bola Maior		Bola menor	
		1	h=19cm	$\theta=22^\circ$	h=19cm	$\theta=22^\circ$
		32	distância Percorrida 42 cm		distância Percorrida 33 cm	
		24	h=10cm	$\theta=10^\circ$	h=10cm	$\theta=10^\circ$
		29	distância Percorrida 17 cm		distância Percorrida 14 cm	
		16				
GRUPO 3	CÁLCULOS	6	Esfera Grande		Esfera média	
		12				
		4	Altura 23 cm	Altura 60 cm	Altura 23 cm	Altura 60 cm
		20	Ângulo 25°	Ângulo 35°	Ângulo 25°	Ângulo 35°
		43	deslocamentos		deslocamentos	
18	48 cm	1m26cm	39 cm	1m3cm		
GRUPO 4	CÁLCULOS	2	Bola Maior		Bola menor	
		7	h=14cm	c=83cm $\theta=14^\circ$	h=14cm	c=83cm $\theta=14^\circ$
		10	distância Percorrida 24 cm		distância Percorrida 11 cm	
		19	h=21cm	c=81cm $\theta=20^\circ$	h=21cm	c=81cm $\theta=20^\circ$
		25	distância Percorrida 41 cm		distância Percorrida 20 cm	
		27	h=40cm	c=76cm $\theta=30^\circ$	h=40cm	c=76cm $\theta=30^\circ$
33	distância Percorrida 76 cm		distância Percorrida 34 cm			
40						
GRUPO 5	"A massa e a velocidade interfere no deslocamento do corpo e a altura interfere diretamente na velocidade"	3	Esfera maior		Esfera menor	
		5				
		8	Altura 19,5 cm	Altura 10,5 cm	Altura 19,5 cm	Altura 10,5 cm
		14	Ângulo 15°	Ângulo 7°	Ângulo 15°	Ângulo 7°
		23	deslocamento		deslocamento	
42	35 cm	21cm	32 cm	18cm		

5ª aula – Formalização do teorema Trabalho-Energia Cinética – Exercícios em grupo.

Dando sequência às análises da aula prática investigativa anterior, refletimos com os alunos sobre as observações feitas por todos os grupos mostrando que a massa, altura, ponto de abandono, ângulo do plano inclinado e velocidade foram fortemente mencionados por todos os grupos, mas as variáveis que influenciavam diretamente no deslocamento eram massa e velocidade do

sistema. Terminando essa reflexão inicial, analisamos, junto aos alunos quais forças atuavam no sistema esfera /caixa logo após a colisão. Após identificar essas forças, ficou fácil determinar que a força resultante era a força de atrito, sabendo-se que é essa força que faz o sistema parar por se tratar de uma força de oposição ao movimento, como representado na Figura 21.

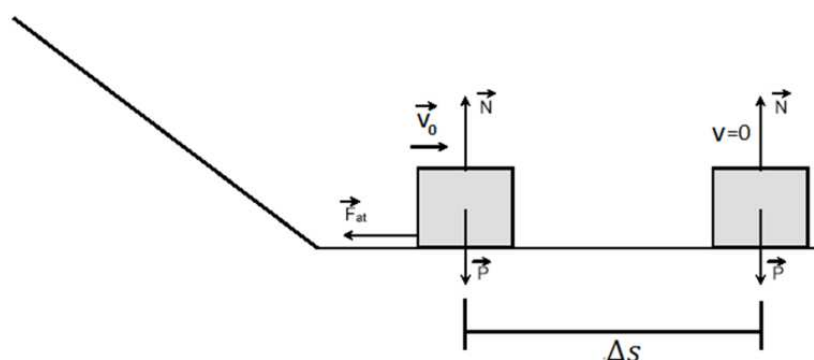


Figura 21. Forças atuantes no sistema esfera/caixa.

Retomando à discussão da aula 1, trabalho relacionado à variação de energia, concluímos, no término dessa etapa, que o trabalho realizado pela força de atrito durante o deslocamento dos carros ao serem arrastados é igual a variação da energia relacionada à velocidade, chamada de energia cinética, o que foi obtida com os alunos utilizando-se o quadro e giz. Assim os alunos puderam observar que as variáveis encontradas no experimento (massa e velocidade) são termos fundamentais na expressão desta energia.

Após esse desenvolvimento, dividimos a turma em seis grupos distintos, separados aleatoriamente, e para cada grupo foi entregue uma folha de exercício (tópico 3 pag.42). Tais exercícios eram compostos por 3 questões. A primeira desejava saber o valor da energia cinética do sistema, a segunda desejava saber a massa e a terceira, a velocidade. Esses exercícios tinham o

propósito de verificar as habilidades dos alunos na resolução de um exercício cuja solução está diretamente relacionada ao manuseio de uma equação. Além da interpretação dos dados, a habilidade matemática na solução seria de fundamental importância. Nossas análises dos resultados dessa atividade encontram-se sintetizados na tabela 8.

Tabela 8. Análise dos resultados do exercício referente a energia cinética, realizada pelos alunos na 5ª aula.

GRUPOS	RESPOSTAS	ALUNOS	EXERCÍCIOS
GRUPO 1	a	1	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		14	
	b	16	
		20	
GRUPO 2	a	29	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		39	
	b	41	
		10	
GRUPO 3	a	18	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		6	
	b	5	
		15	
GRUPO 4	a	27	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		13	
	b	40	
		30	
GRUPO 5	a	11	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		4	
	b	19	
		24	
GRUPO 6	a	43	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		28	
	b	21	
		8	
GRUPO 7	a	3	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		36	
	b	21	
		8	
GRUPO 8	a	2	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		12	
	b	23	
		25	
GRUPO 9	a	33	Exercício energia cinética 03 questões discursivas (cálculo)
		33	
	b	42	
		42	

Observamos que cinco grupos tiveram um bom desenvolvimento desde a escolha da equação, substituição de valores, desenvolvimento matemático e apresentação de unidades. Mas o grupo 5, embora tenha apresentado o uso coerente da equação na primeira questão e uma identificação correta dos dados, ignorou o denominador 2 da equação sem alguma explicação, o que levou a um

resultado incorreto do exercício. Esse mesmo erro voltou a acontecer na segunda questão. Os alunos utilizaram corretamente a equação e fizeram o desenvolvimento matemático na 3ª questão. Todavia não houve uma apresentação da unidade correspondente (Joule), de modo que identificamos uma falta de atenção e compromisso do grupo com a atividade.

#### 6ª aula – Atividade Experimental – Energia Potencial Gravitacional.

O objetivo desta aula foi de identificar quais grandezas físicas estão relacionadas ao trabalho da força peso. Para isto usamos novamente como estratégia uma aula prática para solução de um problema realizando uma atividade experimental não estruturada. Apresentamos aos alunos uma questão aberta, agora relacionada à energia potencial gravitacional.

Esse novo problema (tópico 3 pag.44) está contextualizado na construção de um edifício e o uso de bate-estacas como equipamento fundamental na construção da fundação, base do alicerce dos edifícios.

Pretendíamos que os alunos, ao analisar os materiais disponíveis e conhecedores do funcionamento de um bate-estaca, fossem capazes de simular o funcionamento do bate-estaca e, por meio das observações, identificassem as variáveis que estavam diretamente relacionadas à eficiência do equipamento.

Essa atividade aconteceu dentro da própria sala de aula, diferente do experimento anterior que ocorreu nos corredores da escola. Essa escolha não foi por imposição, mas por necessidade, devido a um evento que acontecia nas dependências da escola (semana da saúde na escola), o que interferiria na concentração, execução e andamento das atividades do experimento.

Dentre as atividades feitas em todo o trabalho, essa foi a que apresentou o menor grau de dificuldade na execução. Em todos os grupos, ficou



evidente a identificação do problema e a habilidade de reproduzir os casos (Figura 22.A; 22.B e 22.C).



A)

B)



C)

Figura 22. Alunos realizando a atividade prática sobre Energia Potencial Gravitacional (bate-estaca).

Ao concluir essa etapa, verificamos um melhor entrosamento na execução da atividade que acreditamos ser pelo fato de que os alunos estavam apropriando-se de conteúdos exigidos na realização de atividades nesse formato.

Júlio e Vaz (2007) afirmam que o arranjo dos alunos em grupos parece atender melhor as demandas atuais da educação e auxiliar na realização de atividades que requerem habilidades cognitivas sofisticadas.

O nosso objetivo nesta aula era que os alunos identificassem quais grandezas físicas estavam relacionadas ao trabalho da força peso. Os resultados estão sintetizados na Tabela 9.

Tabela 09. Análise dos resultados da atividade prática referente a Energia Potencial Gravitacional, realizada pelos alunos na 6ª aula.

GRUPO	COMENTÁRIOS DOS ALUNOS	ALUNOS	DADOS COLETADOS	
GRUPO 1	"A massa, a altura altera na profundidade em que a estaca vai afundar"	3	Esfera Grande	Esfera Pequena
		8	Lápis = 14cm	Lápis = 14cm
		15		
		20	Altura de abandono = 10 cm	Altura de abandono = 10 cm
		32		
		33	Afundou = 4 cm	Afundou = 1 cm
GRUPO 2	"A altura da qual a esfera é largada, e a massa das esferas"	6	Esfera Grande	Esfera Pequena
		7	Estaca 17 cm acima da areia	Estaca 17 cm acima da areia
		10		
		21	Esfera 30 cm acima da areia (13 cm da estaca)	Esfera 30 cm acima da areia (13 cm da estaca)
		16		
		12	d=17 p/13 (afundou 4 cm)	d=17 p/16 (afundou 2 cm)
GRUPO 3	"Conclusão: A altura que esfera foi solta, a gravidade e a massa das esfera alteram o quanto a estaca (lapis) afunda"	13	Esfera Maior	Esfera Menor
		11	Estaca 17 cm	Estaca 17 cm
		24	altura de abandono 5 cm	altura de abandono 5 cm
		29	afundou 6 cm	afundou 3 cm
		2	Estaca 17 cm	Estaca 17 cm
		4	altura de abandono 30 cm	altura de abandono 30 cm
GRUPO 4	"O que interfere na eficiência do bate estaca é a altura e a massa da esfera"	1	Bola média	Bola pequena
		5	h do lapis = 14,5	h do lapis = 14,5
		14	h (abandono da esfera) 5,0 cm (afundou 3,5 cm)	h (abandono da esfera) 5,0 cm (afundou 1 cm)
		23	h do lapis = 14,5	h do lapis = 14,5
			h (abandono da esfera) 14,5 cm (afundou 8,0 cm)	h (abandono da esfera) 14,5 cm (afundou 2 cm)
		25		
		27	h do lapis = 14,5	h do lapis = 14,5
30	h (abandono da esfera) 30,0 cm (afundou 13,5 cm)	h (abandono da esfera) 30,0 cm (afundou 5,5 cm)		
GRUPO 5	"A massa das esferas e a altura em que são abandonadas, interferem na profundidade em que a estaca vai atingir"	19	Bola maior	Bola menor
		18	27 cm de altura	27 cm de altura
		28		
		37	afunda 5 cm	afunda 2 cm
		39		
		40		
		42		

É interessante observar que em todos os grupos foram mencionadas a massa e a altura de abandono. Mas apenas os grupos 3 e 4 trabalharam com mais de uma medida de altura, o que nos deixou em dúvida se os grupos restantes chegaram à conclusão que a altura é uma grandeza que interferia diretamente na

eficiência do bate-estaca por simples observação ou não souberam expressar a altura, confundindo-a com a posição inicial do lápis. Outra observação interessante é que o grupo 3 acrescentou a gravidade também como fator que interferia na eficiência do bate-estaca.

7ª aula. – Formalização do trabalho da força peso – Exercícios em grupo.

Após análise dos dados obtidos pelos grupos referentes ao experimento, desenvolvemos uma aula dialogada, utilizando soluções dos grupos, a fim de concluirmos a etapa referente à análise de variáveis que influenciava na energia potencial gravitacional de um corpo. Mencionamos que todos os grupos informaram que a massa e a altura de abandono são as variáveis envolvidas nesse trabalho, mas informamos ainda que um grupo mencionou a gravidade. Durante o desenvolvimento da prática, alguns alunos mencionaram o tipo de solo. Considerando essa afirmativa, concordamos com a observação, mas afirmamos a todos que neste experimento propriamente dito o solo não foi uma variável, pois utilizamos a mesma lata com o mesmo tipo de solo (areia).

Concluimos, ao término dessa etapa, que o trabalho realizado pela força peso do bate estacas, durante o deslocamento entre dois pontos  $h_0$  e  $h$ , é igual a variação da energia potencial gravitacional, que foi obtida com os alunos e assim eles puderam observar que as variáveis encontradas no experimento (massa, altura e gravidade) são termos fundamentais nesta equação.

Após esse desenvolvimento, realizou-se o terceiro exercício. Dividimos a turma em cinco grupos, separados aleatoriamente, e para cada grupo foi entregue uma folha de exercícios (tópico 3 pag.47). Tais exercícios eram formados por 3 perguntas. A primeira desejava saber o valor da energia potencial gravitacional num dado ponto “A” do sistema, a segunda desejava saber o valor da energia potencial gravitacional num ponto “B” e a terceira tinha

o objetivo de levar o aluno a encontrar a massa a partir do valor da energia potencial gravitacional e a altura pré-definidos.

Durante a resolução do primeiro exercício, observamos que todos os grupos utilizaram corretamente a equação da energia potencial gravitacional, assim como expressaram corretamente as unidades de cada variável. Apenas o grupo 1 não chegou ao resultado esperado por desconsiderar a altura, embora esta estivesse evidente no enunciado caracterizando uma dificuldade ao interpretar a representação esquemática (Figura 8 tópico 3). Esses resultados estão sintetizados na tabela 10.

Tabela 10. Análise dos resultados do exercício referente a Energia Potencial Gravitacional, realizada pelos alunos na 6ª aula.

GRUPOS	QUESTÕES	RESPOSTAS	ALUNOS	EXERCÍCIOS
GRUPO 1	1ª	Uso correto da equação, apresentou as unidades e	3	Exercício energia potencial gravitacional 03 questões discursivas (cálculo)
		<b>dificuldade na resolução matemática</b>	8	
	2ª	Uso correto da equação, apresentou as unidades e	15	
		<b>dificuldade na interpretação do problema</b>	32	
3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	33		
	habilidades matemática	43		
			20	
GRUPO 2	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	6	Exercício energia potencial gravitacional 03 questões discursivas (cálculo)
		habilidades matemática	7	
	2ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	10	
		habilidades matemática	12	
3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	16		
	habilidades matemática	21		
GRUPO 3	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	2	Exercício energia potencial gravitacional 03 questões discursivas (cálculo)
		habilidades matemática	4	
	2ª	Uso correto da equação, apresentou as unidades e	11	
		<b>dificuldade na resolução matemática</b>	13	
3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	24		
	habilidades matemática	29		
			36	
GRUPO 4	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	1	Exercício energia potencial gravitacional 03 questões discursivas (cálculo)
		habilidades matemática	5	
	2ª	Uso correto da equação, apresentou as unidades e	41	
		<b>dificuldade na interpretação do problema</b>	27	
3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	30		
	habilidades matemática	23		
			25	
			14	
GRUPO 5	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	18	Exercício energia potencial gravitacional 03 questões discursivas (cálculo)
		habilidades matemática	19	
	2ª	Uso correto da equação, apresentou as unidades e	28	
		<b>dificuldade na interpretação do problema</b>	37	
3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, apresentou as unidades e	40		
	habilidades matemática	39		
			42	

Observando a resolução dos grupos referente à segunda questão, que foi o caso com o maior índice de interpretações equivocadas, queríamos que os alunos refletissem que, como no ponto “A” a altura era 10 m, no ponto “B” a altura seria 0. Utilizando a equação de energia potencial gravitacional

encontrariam uma energia potencial gravitacional nula, no ponto B pois, não havendo altura, não há energia potencial gravitacional. O grupo 1 utilizou como altura 10m, encontrando um valor de 500J, embora esperássemos 0 . Os grupos 2 e 3 conseguiram interpretar corretamente a altura nesse exercício, como  $h = 0$ , mas na resolução matemática, enquanto o grupo 2 resolveu a operação facilmente, o grupo 3, ao efetuar o produto desses valores por 0, encontrou 50J.

Nos grupos 4 e 5 a interpretação foi semelhante, considerando um deslocamento negativo partindo de “A” igual a zero e chegando em “B” igual a 10m, mas como afirmamos que “A” estaria a 10m, “B” valeria 0, com essa interpretação equivocada, o grupo chegou a um resultado de -500J, nos mostrando a necessidade de evidenciar o plano de referência.

Analisando agora a 3ª e última questão, que embora exigisse um pouco mais de habilidades matemáticas, todos os grupos desenvolveram corretamente a atividade e conseguiram encontrar a altura a partir dos dados referentes à energia potencial gravitacional e à massa do corpo fornecida. Mesmo com algumas interpretações equivocadas, ao analisar o problema e com inconsistências nas operações matemáticas elementares, conforme salientado por Nascimento, Silva, Silva (2013), ao investigar como os estudantes realizavam operações matemáticas, constatando deslizos, desmotivações e erros relacionadas às operações básicas. Entretanto, foi possível verificar que a atividade possibilitou uma interpretação correta da equação da energia potencial gravitacional, proporcionando também a habilidade do seu uso e das unidades e suas operações e resultados.

#### 8ª aula – Atividade Experimental – Energia Potencial Elástica.

O objetivo desta aula foi identificar quais grandezas físicas estão relacionadas ao trabalho da força elástica. Para isto, usamos novamente como estratégia uma aula prática, realizando uma atividade experimental não

estruturada na busca de solução de um problema. Apresentamos aos alunos uma questão aberta, relacionada à energia potencial elástica.

Essa nova atividade está relacionada ao uso do “bodoque” (conforme apresentado no tópico 3 pag.49)

Após dividir a turma em cinco grupos, cujo agrupamento ocorreu por escolha dos próprios alunos, organizamos os grupos dentro da própria sala, pois ainda não era possível realizar a atividade no corredor, pelo mesmo motivo ocorrido na aula anterior (Semana da Saúde na Escola). Assim, após a organização, entregamos os roteiros e acompanhamos a leitura junto aos alunos. Logo após a leitura, entregamos os materiais disponíveis e deixamos que organizassem e planejassem o desenvolvimento da atividade (Figura 23 A e B)



Figura 23. Alunos preparando-se para início da atividade prática sobre Energia Potencial Elástica.

O desenvolvimento da atividade aconteceu de forma tranquila (Figura 24 A e B). Orientamos aos grupos a observarem o posicionamento do elástico na canaleta para evitar uma diferença muito grande quando os elásticos fossem trocados. Alguns alunos questionaram onde seria a posição inicial do sistema projétil-elástico. Orientamos que essa posição deveria ser onde o pedaço de



madeira se apoiava no elástico sem ocorrer uma deformação significativa (Figura 13 tópico 3 pag.50).



Figura 24. Alunos realizando a atividade prática sobre Energia Potencial Elástica.

Ao término dessa atividade, alguns dados apareceram como variáveis, embora neste trabalho eles fossem constantes. Por isso, nossa interpretação dos dados fornecidos pelos alunos foi mais criteriosa e, principalmente, a forma como seria exposta essa nossa observação. Na 9ª aula esclarecemos aos alunos a diferença entre variável e constante. Os resultados encontrados nessa atividade estão resumidos na tabela 11.

Tabela 11. Análise dos resultados da atividade prática referente à Energia Potencial Elástica, realizada pelos alunos na 8ª aula.

GRUPOS	COMENTÁRIOS DOS ALUNOS	ALUNOS	DADOS COLETADOS	
GRUPO 1	"A massa, a espesura do elástico e a força aplicada alteram o deslocamento do objeto"	3	"Elástico Fino"	"Elástico Grosso"
		8	6 cm deformação	6 cm deformação
		15	35 cm deslocamento	58 cm deslocamento
		20	4 cm deformação	4 cm deformação
		11	14 cm deslocamento	17 cm deslocamento
		32	10 cm deformação	10 cm deformação
		33	71 cm deslocamento	104 cm deslocamento
GRUPO 2	(Sem comentários)	6		"Elastico Diferente"
		7	5 cm deformação	5 cm deformação
		10	28 cm deslocamento	23 cm deslocamento
		21	10 cm deformação	10 cm deformação
		16	72 cm deslocamento	81 cm deslocamento
		12	15 cm deformação	15 cm deformação
			120 cm deslocamento	133 cm deslocamento
GRUPO 3	"Massa, elasticidade e a força"	4	"Gominha Fina"	"Elástico Grosso"
		14		
		24		
		27	10 cm deformação	10 cm deformação
		30	50 cm deslocamento	108 cm deslocamento
		36	15 cm deformação	15 cm deformação
		41	100 cm deslocamento	169 cm deslocamento
GRUPO 4	"A espesura da goma e quanto ela é esticada para lançar o objeto."	5	"1º Elástico"	"2º Elástico"
		19		
		29		
		42	5 cm deformação	5 cm deformação
		43	10 cm deslocamento	16 cm deslocamento
			8 cm deformação	8 cm deformação
	45 cm deslocamento	53 cm deslocamento		
GRUPO 5	(Sem comentários)	19	"Elástico 1"	"Elástico 2"
		18		
		28	7 cm "Elasticidade" (deformação)	7 cm "Elasticidade" (deformação)
		37	53 cm deslocamento	62 cm deslocamento
		39		
		40	10 cm "Elasticidade" (deformação)	10 cm "Elasticidade" (deformação)
42	78 cm deslocamento	85 cm deslocamento		

Relembrando que o objetivo dessa aula prática era levar o aluno a identificar variáveis que definem energia potencial elástica ou o trabalho da força elástica. É possível observar na tabela 11 que os grupos 2 e 5 responderam de forma indireta, porém coerente, ao objetivo do estudo aqui desenvolvido, utilizando apenas os resultados do experimento.

Já os demais grupos, além do resultado do experimento, responderam de forma discursiva e nessas respostas, os grupos 1 e 3 colocaram como variável

que influenciaria no deslocamento do objeto, a massa. Como o pedaço de madeira era o mesmo para toda a experiência, ele deveria ser considerado como uma constante. Outros fatores mencionados foram a elasticidade da goma, relacionado com a espessura. A força que os grupos 1 e 3 se referem é a força necessária para deformar o elástico, e o grupo 4 se refere a "quando ela é esticada", também semelhante aos grupos 1 e 3. Todos os resultados práticos foram condizentes em todos os grupos, exceto no grupo 2, em que a primeira leitura do elástico mais grosso apresentou uma medida menor que aquela de espessura menor.

Ao concluir essa análise, podemos dizer que os grupos conseguiram alcançar o objetivo. Ao desenvolverem o experimento, todos apresentaram que a eficiência estava relacionada à deformação do elástico e ao tipo de material de que é constituído.

#### 9ª Aula – Formalização do trabalho da força elástica.

Depois de analisar os resultados apresentados pelos grupos na 8ª aula, dialogamos com os alunos sobre os dados apresentados. Comentamos sobre a relevância da palavra força e nossa interpretação diante do contexto em que ela se apresenta. A variável massa apontada algumas vezes pelos grupos foi exposta por nós como uma constante, já que a massa do pedaço de madeira não foi alterada durante o experimento. Depois de apresentar de forma objetiva todos dados salientados pelos grupos, destacamos que o tipo de material (gominha)- (constante elástica) e a deformação interferiram no trabalho da força elástica.

Tendo essas variáveis e relembrando com os alunos a lei de Hooke (desenvolvida no 3º bimestre), que quanto maior a deformação maior a força (Figura 25A), construímos o gráfico (Figura 25B).

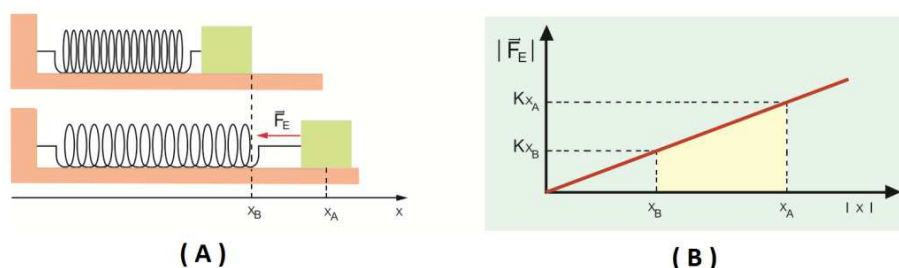


Figura 25: Deformação elástica (a) e representação gráfica da mesma (b) (Autor: Marcos André Gonçalves Silva).

Inicialmente tivemos um pouco de dificuldade para que os alunos conseguissem relacionar as figuras 25A e 25B e principalmente em interpretar que a área clara na figura 25B correspondia ao produto da deformação da gominha pela força elástica. Essa dificuldade já era observada nas operações matemáticas básicas e evidencia sua extensão para a geometria plana. Utilizamos uma maneira mais simples para calcular a área clara da figura 25B, calculando a área do triângulo maior  $(x_A; Kx_A; 0)$  e subtraímos a área do triângulo menor  $(x_B; Kx_B; 0)$  e assim alcançamos nosso objetivo.

#### 10ª Aula – Exercício em grupo – Energia Potencial Elástica.

Com o encerrar dessa etapa e acreditando que a maioria dos alunos estavam esclarecidos diante de nossa explanação sobre energia potencial elástica, realizamos a quarta lista de exercício (conforme apresentado no tópico 3 pag.52)

Novamente, dividimos a turma, agora em seis grupos distintos, separados aleatoriamente, e para cada grupo foi entregue uma folha de exercícios. Esses exercícios eram formados por 3 questões. A primeira desejava saber o valor da energia potencial elástica de uma mola que foi deformada, a segunda desejava saber qual era a deformação para certa energia potencial

elástica e a terceira tinha o objetivo de encontrar o valor de uma constante elástica, a partir de dados fornecidos da deformação e energia potencial elástica.

Esperávamos que, ao resolver essas questões, os alunos demonstrassem habilidades ao lidar com a expressão que havíamos obtido na 9ª aula. E o resultado desse exercício pode ser verificado na tabela 12 a seguir.

Tabela 12. Análise dos resultados dos exercícios referente à energia potencial elástica, realizada pelos alunos na 10ª aula.

GRUPOS	QUESTÕES	RESPOSTAS	ALUNOS	EXERCÍCIOS
GRUPO 1	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	5	Exercício energia potencial elástica 03 questões discursivas (cálculo)
	2ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e nem no final na resposta.</b>	19	
	3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e nem no final na resposta.</b>	37	
GRUPO 2	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	2	Exercício energia potencial elástica 03 questões discursivas (cálculo)
	2ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	6	
	3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e nem no final na resposta.</b>	12	
GRUPO 3	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	20	Exercício energia potencial elástica 03 questões discursivas (cálculo)
	2ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e errou no final na resposta.</b>	3	
	3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e errou no final na resposta.</b>	8	
GRUPO 4	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e nem no final na resposta.</b>	43	Exercício energia potencial elástica 03 questões discursivas (cálculo)
	2ª	Uso <b>incorreto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e não apresentou as unidades durante a resolução e erro no final na resposta.</b>	11	
	3ª	Uso <b>incorreto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e não apresentou as unidades durante a resolução e erro no final na resposta.</b>	7	
GRUPO 5	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	14	Exercício energia potencial elástica 03 questões discursivas (cálculo)
	2ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	21	
	3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução.</b>	36	
GRUPO 6	1ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e nem no final na resposta.</b>	1	Exercício energia potencial elástica 03 questões discursivas (cálculo)
	2ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e nem no final na resposta.</b>	4	
	3ª	Uso correto da equação, desenvolvimento operacional, habilidades matemática e <b>não apresentou as unidades durante a resolução e errou no final na resposta.</b>	10	

O critério adotado neste exercício era o mesmo dos exercícios anteriores. Sendo assim, embora pareça que nessa atividade houve um pior

desempenho dos alunos, apenas o grupo 4 não conseguiu manipular corretamente a equação nas duas últimas questões. Observamos também que, em todos os grupos, houve uma maior dificuldade em trabalhar com as unidades e, em alguns casos, no resultado, essas unidades foram simplesmente esquecidas. Os grupos 2, 3, 4 e 6 tiveram problemas com as manipulações matemáticas. O grupo 2 demonstrou problema relacionado à divisão com números decimais. O grupo 3 não soube isolar a variável (desaparecendo com a variável  $x$ ). O Grupo 4 não fez o uso correto da equação tanto na 2ª como na 3ª questão, embora a resolução matemática estivesse correta, não há coerência nos resultados. E o grupo 6 apresentou pouca habilidade matemática na 3ª questão, embora a equação estivesse montada corretamente, não chegaram a uma conclusão. Rezende, Lopes e Egg (2004) afirmam que os professores destacam a deficiência cognitiva como um dos principais fatores que impedem o desenvolvimento da aprendizagem. De fato, nos deparamos com dificuldades nas operações matemáticas consideradas elementares. No entanto, as respostas dadas pelos alunos às atividades investigativas foram bastante satisfatórias, identificando que ocorreu a apropriação dos conceitos. Cabe destacar que, mesmo com dificuldades em leitura e compreensão dos enunciados, conseguimos com o diálogo contornar o problema, tendo indícios de que os alunos compreenderam os conceitos, assim como identificaram as grandezas relacionadas em cada exercício.

#### 11ª Aula – Opinião dos alunos - Questionário.

Como todo esse trabalho foi feito no 4º bimestre, essa aula aconteceu no último encontro do ano e sua finalidade era que os alunos avaliassem todo trabalho desenvolvido nesse bimestre. Aplicamos um questionário com três questões, destacadas abaixo:

1º O que você achou desse novo formato das aulas de Física dadas durante o 4º Bimestre?

2º Com as aulas voltadas para o formato investigativo, a aprendizagem ficou facilitada ou não fez diferença?

3º O que mais te agradou e/ou desagradou neste formato de aula?

O objetivo era saber como o aluno recebeu durante o 4º bimestre esse novo formato das aulas de Física. Nesse questionário, ele teria a oportunidade de expor todas as suas observações referentes às aulas, e, com base em suas opiniões e sugestões, poderíamos melhorar o desenvolvimento das atividades e pensar em aulas de Física mais agradáveis e eficientes. Outro diferencial nesse questionário é que o aluno não precisaria identificar-se, aumentando a liberdade de expressão. Conversamos com os alunos esclarecendo a intenção do questionário, ressaltando a necessidade deles justificarem as respostas dadas.

A primeira pergunta desejava verificar como os alunos receberam esse novo formato de atividade. Como as repostas deveriam ser apresentadas de forma discursiva, lemos, analisamos, classificamos e em seguida quantificamos as respostas no gráfico 7.



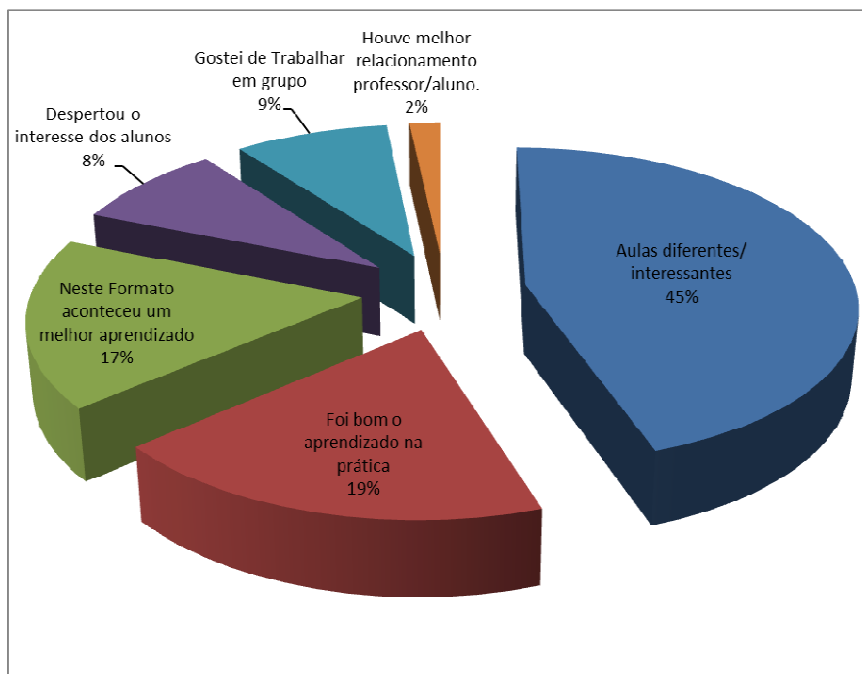


Gráfico 7. Exposição dos alunos referentes ao novo formato das aulas de Física aplicadas durante o 4º Bimestre?

Verificamos que as atividades, diferentes e dinâmicas, foi o item mais significativo (45%). O segundo item mais referido está diretamente relacionado com a atividade prática, onde os alunos indicaram que foi prazeroso aprender através de atividades experimentais, mencionado em 19% das citações. Já 17% dos alunos afirmaram que o melhor aprendizado aconteceu devido ao novo formato das aulas. Essas três principais recorrências acumulam 81% das opiniões apresentadas pelos alunos, mas ainda foi apontado que esse novo formato despertou efetivamente o interesse do aluno (8%), a importância do trabalho em grupo também foi registrada (9%), e o melhor relacionamento entre professor e aluno também foi indicado (2%).

A segunda pergunta tinha a pretensão de verificar se as atividades investigativas facilitaram ou não a aprendizagem dos alunos. Embora a eficiência de atividades desse formato sejam apontadas em pesquisas, queríamos um retorno direto dos alunos envolvidos e essas respostas podem ser observadas no gráfico 8.

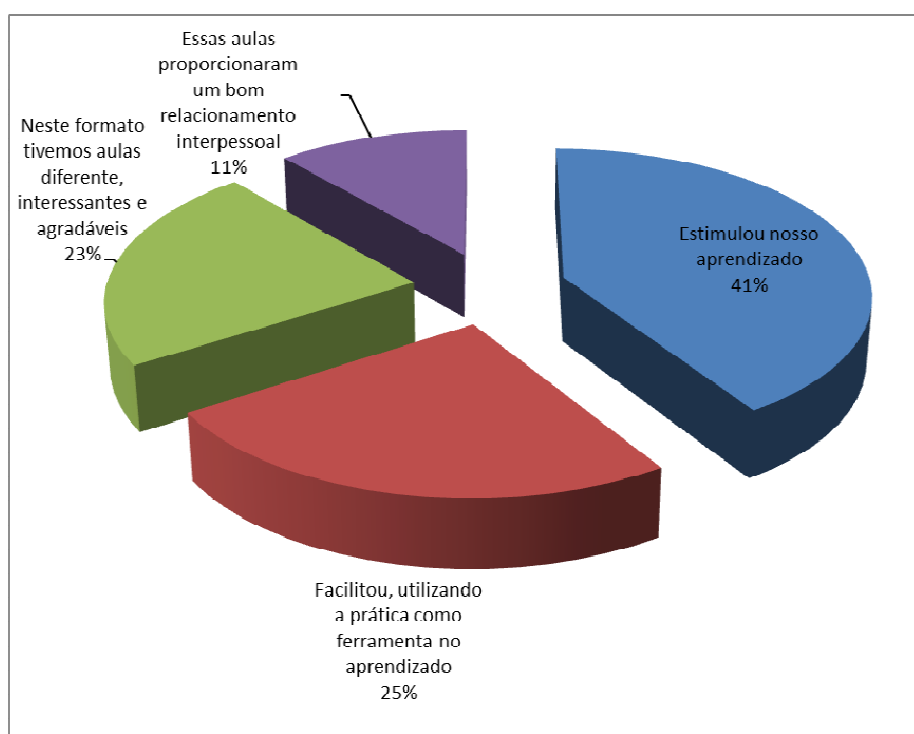


Gráfico 8. Ponto de vista dos alunos referentes a atividade prática investigativa.

Embora estimular não seja sinônimo de facilitar, essas duas palavras resumem 66% das observações apontadas pelos alunos (gráfico 8). Boa parte (41%) apontou que as atividades investigativas estimularam o aprendizado, um incentivo produzido pelo novo formato das aulas, e conseqüentemente, facilitou o aprendizado. Outros dois pontos lembrados foram as aulas caracterizadas

como diferentes e agradáveis e a relação do trabalho em grupo lembradas aqui na relação interpessoal.

A terceira e última pergunta pretendia verificar os pontos positivos e negativos vistos pelos alunos neste formato de aulas investigativas, que podem ser analisadas na tabela 13.

Tabela 13. Exposição dos alunos referentes aos pontos positivos e negativos desse trabalho.

		<b>RESPOSTAS</b>	<b>%</b>
<b>Pontos Positivos</b>		Atividades Práticas	<b>30%</b>
		Trabalhos em grupo	<b>30%</b>
		Compreender da matéria/prática	<b>18%</b>
		Aulas mais agradáveis, dinâmicas e em novo ambiente	<b>12%</b>
<b>Pontos Negativos</b>		Falta de tempo	<b>5%</b>
		Falta de interesse de alguns alunos	<b>4%</b>
		O término das aulas	<b>2%</b>

As atividades práticas e os trabalhos em grupo são indicados como principais pontos positivos apresentados pelos alunos, e correspondem a 60% das indicações (Tabela 13). A compreensão da matéria pela atividade prática (18%) somada às aulas diferentes e novo ambiente (12%) também foram mencionados como diferencial. Poucos foram os pontos negativos. Entre eles, a falta de tempo (5%). Acreditamos que esse tempo ao qual os alunos se referem está relacionado à dinâmica de algumas aulas em que as expressões eram desenvolvidas e na sequência os exercícios eram realizados, tudo num mesmo encontro. Outro ponto apresentado é a falta de interesse de alguns alunos. Por último, apresentaram-se como ponto negativo o fim do bimestre e consequentemente o término do trabalho e o fim das aulas experimentais

investigativas, o que de fato não é um ponto negativo, mas talvez, o que mais esperávamos nas nossas aulas, alunos querendo estudar e aprender mais sobre a Física.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste tópico apresentamos conclusões que têm a finalidade de dar fechamento ao trabalho realizado, mas também, considerações a respeito do próprio trabalho e reflexões de minha prática docente, na intensão de estar falando com outros tantos professores.

Antes de iniciar as atividades deste trabalho, uma grande preocupação, e acredito que de grande parte dos professores, era com relação ao número de aulas que deveria ser destinado a sua execução. Sendo refém de um planejamento a ser cumprido, cogitei se não estaria comprometendo minhas aulas. Ao término do seu desenvolvimento verifiquei que antes não havia planejamento e sim uma lista de conteúdos. A concepção de planejamento é outra. Requer pensar em objetivos, em como os alunos aprendem, em estratégias de ensino, entre outros. Planejar não é preparar aula e a intencionalidade presente num planejamento reflete diretamente nas ações dos estudantes em sala de aula. Preparava aulas para alunos passivos e aqui planejei para ter alunos ativos.

Em relação ao tempo, utilizei um total de 10 aulas para desenvolver o tema Trabalho e Energia, um tempo equivalente ao utilizado em aulas tradicionais, com a diferença fundamental de ter sido desenvolvida na perspectiva da aprendizagem significativa sendo o conhecimento construído pelos alunos.

O tema escolhido não se trata de uma novidade no currículo das escolas e com certeza é uma unanimidade entre professores de Física como um dos conceitos mais relevantes a ser ensinado. Entre os pesquisadores na área, como apontado no tópico 2, (Referencial Teórico) é indicado como um dos temas mais relevantes nos estudos da Física, visto que perpassa pela mecânica, termologia, eletromagnetismos e ondulatória, além do seu caráter interdisciplinar. Os livros didáticos também dão destaque ao assunto, dedicando alguns capítulos ao mesmo. Portanto, não identificamos uma inovação na inserção do tema propriamente dito, mas na forma como o mesmo foi abordado, colocando o aluno como ativo no processo de ensino e aprendizagem.

Destacam-se algumas escolhas entre as estratégias adotadas. Partindo da problematização utilizando-se de problemas cotidianos, os alunos mostraram-se interessados pela busca da solução e o fato dos problemas serem abertos deu condição para que todos dessem sua resposta independente de ser satisfatória ou não. A utilização de atividades experimentais de caráter investigativo também possibilitou a efetiva participação dos alunos, levantando hipóteses e obtendo resultados sem que demonstrassem grandes dificuldades em sua execução, visto que os materiais eram de fácil manuseio e bastante simples, o que foi uma escolha pensada, pois os mesmos podem ser reproduzidos com facilidade e com tais materiais. O fato que desperta a atenção dos alunos é o fenômeno e não o material em si.

Os problemas e as atividades experimentais foram motivadoras, mas identificamos que a sistematização era necessária e as aulas que deram sequência a essas atividades, embora desenvolvidas no quadro, foram bem recebidas pelos alunos, pois estávamos chegando em respostas para questões de interesse, confrontando teorias e leis com as investigações realizadas e assim, conseguindo a participação ativa dos alunos.

A matematização desenvolvida dessa forma mostrou a matemática com significado, como estruturante dos fenômenos e conceitos físicos. A oferta de exercícios na sequência contribuiu com o desenvolvimento das habilidades técnicas de leitura e operações matemáticas.

Por fim, destacamos a utilização de grupos durante todo o processo, com atividades que favoreceram o diálogo e a argumentação. Percebemos os grupos mobilizados na realização das tarefas, responsáveis, sabendo que suas ações afetavam os demais componentes do grupo, possibilitando, além da construção dos conteúdos conceituais, o desenvolvimento de conteúdos procedimentais e atitudinais, o que também, foi identificado na socialização dos resultados entre todos os grupos e nas aulas expositivas. A utilização de atividades em grupo também favoreceu a ação docente. Enquanto a comunicação entre o professor e 40 alunos é, em geral, uma tarefa que se dá em “mão única”, o uso de pequenos grupos permite a interação entre alunos e professor, possibilitando a função de mediador no processo.

A perspectiva de analisar os resultados alcançados nesta pesquisa também deu outro caráter para o processo avaliativo. A avaliação tornou-se um ato contínuo para o professor e alunos e a investigação dos resultados deixou de ter um caráter classificatório, mas utilizada para identificar a aprendizagem em diversos aspectos e como reguladora no processo. Mais uma vez, as atividades em grupo favoreceram a observação como um instrumento de avaliação, verificando o processo e não apenas o resultado final das atividades.

Durante todo tempo que trabalhei como professor de Física em escolas tanto públicas quanto privadas, o tema. Energia e Trabalho sempre foi apresentado de forma “tradicional” aos alunos. Em algumas situações, tentava demonstrar a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética na queda de uma bola, e até mesmo, calcular a energia dissipada depois da queda da bola e seu retorno a uma altura efetivamente menor que a de

abandono, utilizando práticas demonstrativas, considerando que estava “dando” aos alunos uma ótima aula. Hoje, verifico que nada que eu tenha feito foi tão relevante na minha vida docente quanto esse trabalho. Aqui consegui realmente utilizar a atividade prática, não como um instrumento de comprovação da Física, mas como um artifício na construção do conhecimento. Consegui aproximar a Física do cotidiano do aluno, e instigá-los na resolução de problemas. Grande parte dos trabalhos foram feitos em grupo, em sala, nos pátios ou nos corredores da escola, algo antes praticamente improvável, pela dificuldade que possuía em lidar com uma sala que não fosse formada em filas perfeitamente alinhadas. Hoje, acreditando neste trabalho, não vejo outra forma de desenvolver esse tema. Algumas modificações deverão acontecer, para assim, torná-lo mais relevante. Dentre essas modificações está a antecipação do início das atividades para que aconteça a conclusão de todo o tema, até a Conservação de Energia Mecânica, e dedicar um tempo maior, solicitação dos alunos, para avaliar o trabalho como um todo. Pretendo adaptar esse formato a outros temas da Física e assim, quem sabe, tornar a Física tão encantadora para os meus alunos quanto ela é para mim.

Uma das maiores gratificações que tive ao desenvolver as atividades por quase 2 meses foi ouvir, no final de uma aula um aluno, que sempre apresentou apatia em todas as disciplinas, comportamento hostil, problemas familiares, baixíssimo rendimento escolar e praticamente nenhum interesse manifestar sua insatisfação pelo término da aula dizendo: “Já acabou? Só porque a aula estava legal!” (Diário de campo 04/11/2014). Esse acontecimento surpreendeu-me e naquele momento consegui ver neste trabalho algo maior, talvez o resgate do desejo do aprender de um aluno esquecido por todos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. S. **Dificuldades de aprendizagem em Matemática e a percepção dos professores em relação a fatores associados ao insucesso nesta área.** 2006. 13p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática) - Universidade Católica de Brasília, Brasília-DF, 2006.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194.2003.

AZEVEDO, M. C. P. S.; Ensino Por Investigação: Problematizando As Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P (Org) **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Cap. 2,p. 19-34.

BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado.** Rio de Janeiro, Zahar, 1977.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico: Contribuição Para Uma Psicanálise do Conhecimento.** 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.316P

BAÑAS, C.; PAVÓN, R.; RUIZ,C.; MELLADO,V. Un programa de investigación-acción con profesores de secundaria sobre la enseñanza-aprendizaje de la energía. Un estudio de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3402-1-3402-9.2013.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos Estudantes Sobre Energia no Início do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 182-217.2003.



CANTO, E. L. **Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2009. 328 p.

CAMPOS, A. **A Conceitualização do Princípio de Conservação de Energia Mecânica: os processos de Aprendizagem e a Teoria dos Campos Conceituais**. 2014. 522p. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências – Área de Concentração Ensino de Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CAPECCHI, M. C. V. M.; Problematização no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P.; (Org). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 2, p. 21-40.

CARVALHO, A. M. P.; O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 1, p. 01-20.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org) **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Cap. 3,p. 53-78.

COIMBRA, D.; GODOI, N.; MASCARENHAS, Y. P. Educação de Jovens e Adultos: Uma Abordagem Transdisciplinar para o Conceito de Energia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 628-647.2009.

DELIZOICOV, D.;ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992. Cap. 3, p. 86-89.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH,J.; MORTIMER,E.; SCOTT,P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Pesquisa no Ensino de Química**. n. 9,p. 31-40, 1999.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de Conteúdo**: abordagens qualitativas. Brasília: Liber Livro, 2012.

GASPAR, A. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.254p.

GASPAR, A. Cinquenta anos de Ensino de Física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor; artigo apresentado no XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 2002.

GOMIDE, C.; NICOLIELO, B. Dez Razões para apostar em trabalho em grupo. s/d. Disponível em <<http://educarparacrescer.abril.com.br/aprendizagem/apostar-trabalho-grupo-508577.shtml>>. Acesso em: 02/06/2015..

JÚLIO, J. M.; VAZ, A. M. Grupos de alunos como grupos de trabalho: um estudo sobre atividades de investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, p.1-20. 2007.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 181-205.2009.

LENZ, J. A.; FLOREZAK, M. A. Atividades Experimentais Sobre Conservação de Energia Mecânica. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 17-19. 2012.

MORAIS, A.; GUERRA, A. Historia e a Filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1502-1-1502-9. 2013.

MOREIRA, M. A. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel **Teorias de Aprendizagem**. 2.ed. São Paulo: EPU, 2011

MOREIRA, M. A.; GONÇALVES, E. S. Laboratório Estruturado Versus Não Estruturado: Um Estudo Comparativo em um Curso Individualizado. **Revista Brasileira de Física**, v. 10, n. 2, p. 367-381.1980.

NASCIMENTO, L. C. S.; SILVA, A. J; SILVA, S. A. F. Dificuldades com Operações Básicas com Números Naturais no Ensino Fundamental. In: XV ENCONTRO BAIANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1-9., 2015, Bahia. **Anais...** Bahia: UNEB. 2013.

NASCIMENTO, T. B.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de Problemas em Aulas De Física no Ensino Médio. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1-5., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. 2005.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do Currículo de Física na escola de Nível Médio: Um Estudo Desta Problemática na Perspectiva de Uma Experiência em Sala de Aula e da Formação Inicial de Professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.18, n.2: p.135-151.,2001.

PANZERA, A. C.; GOMES, A. E. Q.; MOURA, D. G.; VENTURA, P. C. S. CBC (Currículo Básico Comum) **Proposta Curricular Física Ensino Médio**. Minas Gerais: Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, 2007. p.60.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42. 2002.

REBEQUE, P. V. S. A Problematização do Cotidiano dos Alunos no Ensino e Aprendizagem de Física. 2008. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” –SP, 2008.

RESOLUÇÃO SEE 2251/2013. Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. Disponível em : <<https://www.educacao.mg.gov.br/images/documentos/2251-13-r.pdf>>. Acesso em: 02/11/2015.

REZENDE, F.; LOPES, A. M. A.; EGG, J. M. Identificação de Problemas do Currículo do Ensino e da Aprendizagem de Física e de Matemática a Partir do Discurso de Professores. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 185-196.2004.

RODRIGUES. G.M. **A Abordagem do Conceito de Energia Através de Experimentos de Caráter Investigativo, Numa Perspectiva Integradora**. 2005. 122p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências ) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

ROSITO, B. A. **O Ensino de Ciências e a Experimentação**. In: MORAES, R. (Org) 3.ed. São Paulo: EDIPUCRS, 2008. Cap. 7,p. 195-208.

SANCHES, W. E.; SCHIMIGUEL, J. O uso de Animações Interativas no Ensino dos Conceitos da Energia Mecânica. II Seminário Hispano Brasileiro, 348.,2012, **Anais** v. 13, n. 1, p. 17-19.2012.

THOMAZ ,M. Fernandez. A experimentação e a formação de Professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 3: p. 360-369, dez. 2000.

VENTURA, P. C. S.; NASCIMENTO, S. S. Laboratório Não Estruturado: Uma Abordagem do Ensino Experimental de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 54-60, abr. 1992.