

**CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
INSPIRADA NA IDEIA DE UEPS**

RENATO PERON DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação PROFIS – São Carlos (PPG – PROFIS – São Carlos) da Universidade Federal de São Carlos, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Márlon Caetano Ramos Pessanha

SÃO CARLOS - SP

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586c Silva, Renato Peron da
Conservação da energia mecânica : uma sequência didática inspirada na ideia de UEPS / Renato Peron da Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
128 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2016.

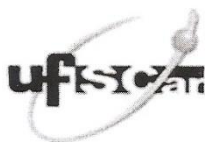
1. Conservação de energia mecânica. 2. Mapas conceituais. 3. UEPS. 4. Aprendizagem significativa.
I. Título.

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INSPIRADA NA IDEIA DE UEPS

Renato Peron da Silva

Orientador:
Prof. Dr. Márlon Caetano Ramos Pessanha

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação PROFIS-São Carlos (PPG_PROFIS-São Carlos) da Universidade Federal de São Carlos no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

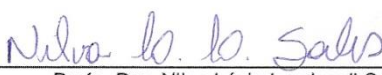
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Renato Peron da Silva, realizada em 01/08/2016:




Prof. Dr. Marlon Caetano Ramos Pessanha
UFSCar



Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales
UFTM



Profa. Dra. Gláucia Gruninguer Gomes Costa
USP



Profa. Dra. Carolina Rodrigues de Souza
UFSCar

São Carlos - SP
2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais, Valmir e Maria Luiza, por estarem sempre ao meu lado durante todas as etapas pelas quais passei desde os primeiros passos e, mais recentemente, na graduação e no mestrado. Na longa caminhada enfrentada até aqui, sempre pude contar com o apoio e o carinho de vocês, que não mediram esforços para me auxiliar.

Agradeço a Deus que iluminou o meu caminho e me proveu de força e saúde durante toda esta longa caminhada.

A minha irmã Larissa, ao meu cunhado Guilherme e ao meu sobrinho Henrique, que chegou trazendo alegria e momentos inesquecíveis desde o primeiro sorriso.

Agradeço a minha esposa Fernanda, que me acompanha há 10 anos e que, a cada dia que passa, complementa a minha vida. Obrigado pela paciência das noites mal dormidas, dos finais de semana do “você nem me deu atenção”.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Márlon Pessanha, pela paciência e dedicação em me orientar, indicando os caminhos a seguir ao longo do texto, pelas sugestões sempre pertinentes ao incluir ou excluir um tópico. Nossas conversas sobre a elaboração das atividades, a análise dos roteiros e a implementação do produto educacional trouxeram incontáveis ganhos a minha própria aprendizagem e percepção acerca do ensino de Física.

Aos Professores Doutores que fizeram parte de meu curso de mestrado, Priscila Azevedo, Marcel Novais, Paulo Camargo, Nelson Studart, Gustavo Rojas, e à professora Ducinei Garcia que ministraram suas disciplinas com grande empenho e dedicação, pelo convívio, apoio, compreensão e pela amizade.

Aos amigos, colegas de turma, que pude conhecer durante o mestrado, Bruno, Carina, Fernando, Herbert, João Paulo, Nivaldo e Rodrigo, obrigado pelo apoio e incentivo ao longo do curso.

Agradeço a todos os amigos; seria impossível citar todos, que sempre me acompanharam ao longo desta trajetória, pelos momentos de descontração, churrascos, viagens que compartilhamos.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade propor uma sequência didática envolvendo o uso de recursos e atividades diversificadas aplicadas ao ensino da Conservação da Energia Mecânica e suas aplicações. A sequência didática foi norteada pela Teoria da Aprendizagem Significativa e pela ideia de Mapas Conceituais, considerando ainda os princípios e passos presentes nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Na sequência didática, a abordagem dos conceitos se dá através da leitura de textos curtos de divulgação científica envolvendo diferentes contextos e aplicações, através de uma animação e de uma simulação computacional, com o uso de questionários, incluindo uma formalização matemática, além do uso de mapas conceituais. A sequência didática elaborada foi implementada em uma turma de 1º ano do Ensino Médio, em uma escola privada na cidade de Ribeirão Preto, SP. De um modo geral, a aplicação da Sequência Didática obteve bons resultados. Além de resultados satisfatórios de aprendizagem, foi perceptível o envolvimento dos alunos nas atividades propostas, mostrando-se satisfeitos com a dinâmica das aulas e inclusive explicitando que estas facilitaram o entendimento do conteúdo estudado, especialmente as que envolviam mapas conceituais e recursos computacionais. A partir dos resultados obtidos, compreende-se que o produto educacional elaborado, uma sequência didática orientada pela ideia de UEPS, possui um potencial em termos de promoção da aprendizagem dos conceitos de conservação de energia mecânica, podendo ser implementada em outros contextos.

Palavras-chave: Conservação de Energia Mecânica, Mapas Conceituais, UEPS, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This study aims to propose a didactic sequence involving the use of resources and diversified activities applied to the teaching of Conservation of Mechanical Energy and its applications. The didactic sequence was based on the Theory of Meaningful Learning and the idea of concept maps, taking into consideration the principles and present steps in Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU). In the didactic sequence of concepts approach is through reading popular science short texts involving different contexts and applications, through an animation and a computer simulation, using questionnaires, including a mathematical formalization, and the use of conceptual maps. The elaborate didactic sequence was implemented in a class of 1st year of high school, in a private school in the city of Ribeirão Preto, SP. In general, the application of the teaching sequence obtained good results. In addition to satisfactory learning outcomes, it was noticed the involvement of students in the proposed activities, showing satisfied with the dynamics of classes, and even explaining that they facilitated the understanding of the study content, especially those involving conceptual and computing resources maps. From the results, it is understood that the educational product developed, a didactic sequence guided by the idea of PMTU, has a potential in terms of promoting the learning of mechanical energy conservation concepts can be implemented in other contexts.

Keywords: Conservation of Mechanical Energy, Conceptual Maps, PMTU, Meaningful Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da dissertação	17
Figura 2 – Esquema da Assimilação	25
Figura 3 – Esquema da aprendizagem subordinada.....	28
Figura 4 – Esquema da aprendizagem superordenada.	29
Figura 5 – Um diagrama indicando que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são interdependentes e simultâneas tanto na dinâmica da estrutura cognitiva como no ensino.	31
Figura 6 – Mapa conceitual sobre o conceito de ar.....	34
Figura 7 – Mapa conceitual elaborado um grupo de estudantes com idade entre 14 e 15 anos.	35
Figura 8 – Alguns conceitos básicos da teoria de Ausubel.	36
Figura 9 – Exemplos dos três padrões estruturais de mapas conceituais. (A) radial, (B) corrente e (C) rede.	38
Figura 10 – Estrutura básica da unidade didática elaborada.	44
Figura 11 – Trecho do texto sobre o funcionamento do KERS e perguntas	48
Figura 12 – Trecho dos textos e perguntas.....	49
Figura 13 – Animação Montanha-Russa.....	50
Figura 14 – Simulador "Energy Skate Park".....	51
Figura 15 – Representação do trilho no túnel e justificativa do Aluno 4	64
Figura 16 – Alunos desenvolvendo atividade com o uso do simulador.....	66
Figura 17 – Mapa inicial do aluno 4.....	69
Figura 18 – Mapa inicial do aluno 7.....	70
Figura 19 – Mapa inicial do aluno 1.....	71
Figura 20 – Mapa inicial do aluno 3.....	72
Figura 21 – Mapa final do aluno 3.....	73
Figura 22 – Mapa final do aluno 7	74
Figura 23 – Mapa final do aluno 4.....	75
Figura 24 – Mapa final do aluno 8.....	76
Figura 25 – Mapa final do aluno 2.....	77
Figura 26 – Exemplos de questões da avaliação somativa.....	79
Figura 27 – Exemplo de questão da avaliação somativa	79
Figura 28 – Questão da avaliação somativa envolvendo um pêndulo simples	80
Figura 29 – Questão da avaliação somativa em um nível de maior complexidade ...	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Passo a passo da UEPS	45
Quadro 2 – Resposta dos alunos - Atividade M01	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS	16
1.2. ESTRUTURA DO TEXTO DA DISSERTAÇÃO.....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	18
2.1.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E A APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO	21
2.1.2. SUBSUNÇORES E ORGANIZADORES PRÉVIOS	23
2.1.3. O PROCESSO DE ASSIMILAÇÃO NA PERSPECTIVA DE AUSUBEL.....	25
2.1.4. TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	26
2.1.5. FORMAS E PROCESSOS: APRENDIZAGENS SUBORDINADA, SUPERORDENADA E COMBINATÓRIA, E OS PROCESSOS DE DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA	27
2.2. MAPAS CONCEITUAIS	31
2.2.1. ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS: INDÍCIOS DOS PROCESSOS DE DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA.....	37
2.3. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)	39
3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	42
4. ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INSPIRADA NA IDEIA DE UEPS .	44
4.1. PRINCIPAIS RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS NA UEPS.....	47
5. RELATOS E ANÁLISES DA IMPLEMENTAÇÃO.....	52
5.1. CONTEXTO DA IMPLEMENTAÇÃO.....	52
5.2. RELATO E ANÁLISE GERAL DA IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS.....	53
5.3. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM – ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS E AVALIAÇÕES.....	67
5.4. AVALIAÇÃO DE ACEITAÇÃO DA UEPS.....	82
5.5. DIFICULDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS	83
5.6. POSSIBILIDADES FUTURAS.....	84
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86

REFERÊNCIAS.....	88
APÊNDICES	91
APÊNDICE A - MATERIAL DO PROFESSOR – APRESENTAÇÃO DA UEPS.....	92
APÊNDICE B - MATERIAIS UTILIZADOS NA UEPS	97
ANEXOS	112
ANEXO A – ATIVIDADES REALIZADAS PELOS ALUNOS: MAPAS CONCEITUAIS E QUESTIONÁRIOS	112

APRESENTAÇÃO

Após concluir a graduação, em dezembro de 2010, ingressei no ano seguinte como professor temporário do Estado, lecionando nos 3 anos do Ensino Médio, em 3 escolas diferentes, as disciplinas de Física, Química e Matemática. Naquele período, também me dediquei a aulas particulares, as quais eram ministradas em uma escola que atendia uma demanda muito alta de alunos de Campinas (SP) e região. Anteriormente minha experiência com alunos era somente com aulas particulares para alunos do ensino médio e pré-vestibular, em um período em que ainda cursava a Licenciatura em Física.

O ano letivo começou com bastante dificuldade, devido à pouca experiência em sala de aula e, também, devido ao fato de os estágios obrigatórios da licenciatura terem sido realizados junto a um público de faixa etária diferente: alunos do CEEJA¹. No estágio, os alunos com que tive contato eram maiores de 18 anos e, frequentemente, estudavam em casa e iam para a escola apenas para tirar dúvidas e realizar as provas. Assim, tive dificuldades ao me deparar, pela primeira vez, com cerca de 35 alunos, em uma mesma turma, da faixa etária do ensino médio regular, muitos dos quais não estavam muito interessados em aprender. Tive muitas dificuldades no início para manter a disciplina e discutir os conteúdos, principalmente por perceber que a maioria deles não possuía a base adequada para os conteúdos do ensino médio. Após os dois primeiros meses, consegui me adaptar ao estilo e ao ritmo dos alunos e, no decorrer do ano, tive poucos problemas de indisciplina e de relacionamento com os alunos.

Minha formação na educação básica ocorreu em escolas particulares e, ao começar as aulas no ensino público percebi que a grande maioria dos alunos não possuía o hábito de estudar em casa, e isso dificultava bastante o andamento das aulas e do conteúdo. Com isso, comecei a propor atividades que estimulassem o interesse dos alunos pela aula e também para o estudo em casa, além de utilizar alguns experimentos relacionados ao conteúdo.

Em 2012, retornei à minha cidade natal, Ribeirão Preto (SP), e lecionando apenas a disciplina de Física pude desenvolver mais atividades práticas com os alunos, apesar de a escola não possuir um laboratório ativo. Essas atividades, além

¹ CEEJA – Centro Estadual de Educação de Jovens e Adultos – Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

de outras realizadas com projetores ou com o auxílio de softwares, permitiram aos alunos, segundo os relatos deles próprios, uma vivência diferente com a disciplina de Física. Destaca-se ainda que, como ocorrem frequentemente, tais alunos estavam tendo uma experiência diferente além dos métodos e recursos que eram utilizados: no ano anterior, não havia um professor fixo para a disciplina de Física.

Além disso, a maioria dos alunos possuía um déficit na aprendizagem com relação a conceitos e atribuição de significados às representações matemáticas. Em virtude disso, após a discussão conceitual e matemática dos tópicos de física, alguns alunos ainda apresentavam dificuldades para explicar determinadas situações utilizando os conceitos discutidos em aula. Uma das primeiras tentativas em diminuir tais dificuldades e o desinteresse foi desenvolver com os alunos atividades práticas e experimentos que os instigassem e os envolvessem mais nas discussões.

Em 2013, comecei a pensar em cursar um mestrado que pudesse, especificamente, me trazer ideias que auxiliassem no desenvolvimento de atividades e no melhor aproveitamento dos espaços da escola (por exemplo, o uso do laboratório da escola, que até então estava sendo utilizado como depósito de materiais). Tendo isto em mente, busquei na Internet as universidades próximas que ofereciam algo neste sentido. Foi, desta maneira, que encontrei o edital sobre o processo seletivo do MNPEF².

Ao ingressar no mestrado profissional, a cada disciplina cursada, percebia a importância da reflexão acerca dos processos de ensino e aprendizagem, que até então não estavam totalmente esclarecidos para mim. Sabia da necessidade de realizar atividades diferenciadas em relação ao método tido como tradicional (giz e lousa), propor inovações nas aulas, etc., porém, sentia a falta de alguns norteadores, teóricos e práticos, que pudessem me auxiliar a desenvolver conteúdos a serem ministrados.

Neste trabalho, é apresentado um produto educacional, produzido no âmbito do mestrado profissional, o qual surgiu a partir de diferentes reflexões e aproximações entre elementos de teorias de ensino e aprendizagem e o cotidiano escolar, com suas características e particularidades, visando à aprendizagem dos alunos, que é o alvo principal na docência.

² MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se evidenciado cada vez mais uma relação de desinteresse por grande parte dos alunos de diferentes níveis de ensino, sejam aqueles que estudam em instituições públicas como em instituições privadas.

Se, por um lado, parte desse desinteresse pode ser explicado por aspectos mais gerais, de natureza sociocultural, que têm sua gênese fora da escola, por outro lado, esse desinteresse deve-se às próprias estratégias e recursos utilizados pelos professores em sala de aula. O ensino tradicional, que ainda permanece sendo praticado em muitas escolas, envolve métodos que resumem a aprendizagem a memorizações de conteúdos disciplinares, os quais são apresentados nas aulas de forma desconexa com aquilo que se pode vivenciar na experiência cotidiana.

No caso da Física, o ensino, muitas vezes, se resume à memorização e à utilização de fórmulas prontas, sem que se estabeleçam relações entre os conceitos físicos com o que está presente no cotidiano e nas situações práticas vivenciadas pelos alunos.

Segunda Barbosa (2006), o conceito de *energia* é um dos conceitos mais difíceis de ser compreendido pelos alunos, devido a diversas razões, entre elas, as diferentes formas enfatizadas por outras disciplinas e a linguagem cotidiana, que trazem diversos termos e significados que se confundem com o termo científico de energia. Temos, como exemplo, a utilização de expressões como "gastar energia", ou "repor as energias" ligados à ideia da realização de atividades físicas ou ao consumo de bebidas e alimentos.

No caso do ensino sobre o conceito físico de Energia (suas formas e transformações), por ter uma natureza mais abstrata, normalmente ocorre por meio de exposições e pela operacionalização matemática, sem uma relação próxima com situações práticas e cotidianas, o que resulta em uma compreensão não muito clara pelos alunos.

Ao longo dos anos da educação básica, o aluno passa a conhecer diversas formas de energias, tratadas em diferentes disciplinas e envolvidas em diferentes situações. No entanto, não é incomum que, ao final do ensino médio, o aluno dificilmente seja capaz de relacionar essas diferentes situações envolvendo diversas formas de energia. Mesmo se analisarmos o conceito de energia dentro da disciplina

de Física, é possível que o aluno tenha estudado diversos tipos de energia, no entanto, ele pode considerar que para cada área da Física existe um modelo de energia, que não se relaciona com as outras áreas. Essa descontinuidade traz grande dificuldade na compreensão de fenômenos e suas relações na ciência.

Um exemplo que podemos citar sobre essa situação ocorre quando o aluno não é capaz de relacionar os diversos tipos de energia envolvidos em um processo como sendo resultado da transformação de um determinado tipo de energia em outro. É o caso de transformações de energia envolvidos, por exemplo, na “geração” de energia elétrica, ou na “geração” de energia mecânica. Ou seja, para o aluno, nestes casos, houve apenas a utilização da energia que o corpo ou objeto armazenava. Além disso, alguns alunos possuem a concepção de que somente objetos vivos possuem energia e que somente desses objetos podemos obter a energia para nossas atividades diárias, por exemplo, no caso de alimentos em geral. Além disso, o próprio armazenamento da energia por um corpo ou sistema também apresenta alguns problemas conceituais, já que muitos alunos identificam que somente dispositivo como pilhas e baterias seriam capazes de armazenar energia, não conseguindo relacionar o armazenamento de energia em um sistema com molas ou em uma pedra em um penhasco, por exemplo.

Sendo assim, pelas dificuldades inerentes ao conceito de *energia*, o que inclui sua natureza abstrata, por ser um conceito indireto aos sentidos, o ensino do conceito de energia deve passar por uma reflexão que inclua repensar os métodos e os recursos pedagógicos em sua apresentação e discussão. O trabalho que aqui apresentamos vai neste sentido, no qual buscamos o desenvolvimento de estratégias de ensino diferenciadas em relação ao modelo de ensino tido como tradicional: exploramos o uso de recursos computacionais, de textos e de mapas conceituais como ferramentas de organização e avaliação da aprendizagem.

Além dos recursos e estratégias que compõem o produto educacional elaborado e apresentado nesta dissertação, consideramos alguns aspectos que já vêm sendo revelados nas pesquisas em ensino de ciências há alguns anos. Por exemplo, segundo Barbosa e Borges (2006), o estudo das concepções prévias dos estudantes a respeito do conceito de energia esteve muito presente em pesquisas das décadas de 70 e 80, permitindo que os pesquisadores e docentes pudessem elaborar novas estratégias de ensino visando uma melhoria para o aprendizado do tema. Tatar e Oktay (2007) apontam que as pesquisas sobre o conceito de *energia*

dos estudantes sofrem influências do cotidiano, associando energia a uma “substância que possa ser armazenada”.

Considerar as concepções prévias tornou-se um dos pilares do produto educacional elaborado: as concepções prévias foram levantadas e tratadas em algumas atividades baseadas no uso e construção de mapas conceituais e baseadas em discussões em grupo orientadas por desafios propostos e experimentos virtuais.

Para estruturar o produto educacional, uma sequência didática, inspiramo-nos na ideia de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), a qual, tendo como um de seus norteadores a Teoria da Aprendizagem Significativa, busca proporcionar aprendizagens de forma não-litera e não-arbitrária. Neste sentido, o produto educacional voltado para o ensino de um tópico específico de física, busca ir além de uma simples memorização de fórmulas que, muitas vezes, não possuem significado algum para o aluno.

Entre os recursos considerados na elaboração, há os aplicativos computacionais como simuladores e animações. O uso de tais recursos em sala de aula tem sido incentivado nos últimos anos, ainda que de forma incipiente, tem se tornado cada vez mais frequente em sala de aula, facilitado pelo aumento de equipamentos computacionais disponíveis nas escolas, ainda que a presença de um computador por sala de aula seja, para muitas escolas públicas, algo difícil de se encontrar; um número cada vez maior de escolas tem algum ambiente informatizado que permitiria o desenvolvimento de atividades com o uso de simuladores ou animações computacionais.

Miranda, Arantes e Studart (2010) apresentam maneiras com as quais a utilização dos simuladores podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem. No artigo, os autores apresentam o PhET³, desenvolvido pela Universidade do Colorado e ressaltam que:

[...] as simulações interativas já constituem um mecanismo eficiente para apresentar conceitos científicos e contribuir para tornar os professores facilitadores e os alunos autônomos no processo de ensino e aprendizagem (Miranda, Arantes e Studart, 2010, p. 27).

³ Physics Educacional Technology. Projeto que contém simulações interativas para computadores desenvolvidas pela Universidade do Colorado Boulder, Colorado, EUA.

A sequência didática elaborada inspirada na ideia das UEPS, conforme já comentado, conta ainda com atividades que exploram outros recursos como textos e questionários, que por mais que sejam mais frequentes nas escolas, e, portanto, não se configurarem como, em si, recursos inovadores, são utilizados em atividades propostas em uma perspectiva inovadora. Neste sentido, as atividades elaboradas têm como norte a diversificação de recursos, com cada recurso possuindo um papel bem definido, seja um texto ou uma simulação e em que as estratégias envolvidas no uso dos recursos se configuram como inovadoras, uma vez que buscam promover a participação ativa, mais autônoma e interativa dos alunos, em meio a discussões conectadas com a realidade destes alunos.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho foi propor uma sequência didática, inspirada na ideia de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), para o ensino do conceito de *energia*, sobre a manifestação e conservação da energia mecânica, que reunisse atividades baseadas em estratégias e recursos inovadores, frente aos recursos utilizados costumeira e tradicionalmente em instituições de ensino público ou privado.

A sequência didática elaborada consiste, assim, em um produto didático de reflexões e segundo um referencial teórico que norteou a elaboração e organização de atividades de ensino e aprendizagem.

Como objetivos específicos, buscamos a elaboração de atividades que permitissem que os alunos fossem capazes de relacionar as transformações de energia envolvidas em elementos do cotidiano, como em uma pista de skate, em uma hidrelétrica ou em um pêndulo simples ou mesmo um salto realizado por um atleta. Ao mesmo tempo, buscamos definir, nas atividades planejadas, elementos que permitissem o acompanhamento do processo de aprendizagem do conceito.

De maneira geral, era esperado que o produto didático desenvolvido envolvesse atividades que dessem condições aos alunos de construir novos conhecimentos sobre o conceito de energia e que este, aliado à sua conservação, estivesse estruturado de forma mais clara e com um sentido científico, e não repousando restritamente em concepções do senso comum que permeiam as explicações dos alunos no início de execução das atividades.

1.2. ESTRUTURA DO TEXTO DA DISSERTAÇÃO

A Figura 1, abaixo, traz uma descrição sobre a estrutura de organização deste trabalho, com os respectivos capítulos e uma breve descrição das abordagens realizadas em cada um deles.



Figura 1 – Estrutura da dissertação (elaborada pelo autor)

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho que apresentamos na presente dissertação envolveu a elaboração de um produto didático, uma sequência didática para o ensino e aprendizagem do conceito de conservação de energia mecânica. A elaboração do produto, assim com a análise de sua implementação em sala de aula, ocorreu com base em um marco teórico composto por ideias provenientes da *Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel*, da ideia de *Mapas Conceituais* de Novak, e da ideia de *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* de Moreira.

Neste segundo capítulo da dissertação, apresentamos uma exposição sobre esses elementos teóricos que nortearam o nosso trabalho.

2.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Compondo a fundamentação teórica que norteou a execução do trabalho, temos a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel (1978). Nessa teoria, a aprendizagem significativa é entendida como um processo onde a nova informação irá interagir com conhecimentos e ideias que o aprendiz já possui, fazendo com que ele relacione esse novo aspecto do conhecimento de maneira relevante. O conjunto de conhecimentos e ideias existentes na mente do indivíduo é definida como estrutura cognitiva.

Conforme as palavras do próprio Ausubel (1978, p. iv), suas ideias mais importantes propostas podem ser resumidas da seguinte forma:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.

O que o aluno já sabe, ou seja, suas concepções prévias, muitas vezes apresentam explicações inadequadas desde o ponto de vista científico. As explicações inadequadas, que envolvem erros conceituais, podem ser definidas como concepções espontâneas ou concepções alternativas. Quando relacionadas com temas científicos, tais concepções, em parte, já estiveram presentes na ciência em séculos anteriores, mas foram superadas ao longo do desenvolvimento das ideias científicas. Independentemente do nível de escolarização, os alunos sempre possuirão um conjunto de concepções prévias que influenciam no processo de aprendizagem. Gobara et al (2002) trazem em seu artigo uma análise das

concepções espontâneas de estudantes universitários em relação as Leis de Newton, baseadas principalmente em modelos vivenciados no dia a dia, e verificaram que há uma forte resistência dos alunos em mudar suas concepções.

Sasaki e Santos (2015), em sua proposta de ensino para jovens e adultos sobre o tópico de mecânica, averiguaram diferentes concepções prévias sobre os conceitos de velocidade, aceleração, inércia, lei da ação e reação, forças atuantes sobre um corpo. Conforme descrito no artigo, os alunos responderam a um pré-teste com a intenção de verificar a existência de possíveis erros conceituais sobre os temas que seriam trabalhados. Em seguida, um vídeo, um experimento e uma simulação sobre o assunto são expostos aos alunos e eles devem elaborar previsões sobre o que irá ocorrer na situação representada e que seria analisada.

As concepções prévias dos estudantes sobre o conceito de entropia foram abordadas por Colovan e Silva (2005), que envolvia também os conceitos de processos espontâneos ou não, e a reversibilidade desses processos. No artigo, é possível observar que os estudantes tendem a confundir diversos conceitos, entre eles calor e temperatura, e apresentam ideias imprecisas do ponto de vista científico, como a de que o calor seria uma substância que se move de um corpo para outro.

As concepções prévias dos aprendizes, muitas vezes, estão associadas a situações observadas e/ou vivenciadas por eles em seu cotidiano. São concepções que precisam ser reconhecidas e, muitas vezes, desconstruídas no processo de ensino e aprendizagem.

Ao analisarmos a citação de Ausubel apresentada anteriormente, em que ele comenta que se fosse reduzir as suas ideias seria enfatizando o que o aprendiz já sabe, podemos ter a impressão de que a psicologia envolvida no processo de ensino é algo simples e direto e de que bastaria apenas verificar o que o aluno conhece e ensiná-lo considerando tal conhecimento. No entanto, a teoria de aprendizagem proposta por Ausubel vai muito além dessa simples interpretação, e a ênfase do autor naquilo que o aprendiz já sabe se deve ao importante papel dos conhecimentos prévios na aprendizagem significativa. Para Ausubel, a aprendizagem só irá ocorrer de forma significativa se alguns requisitos forem preenchidos, por exemplo, a existência de aspectos relevantes na estrutura cognitiva do aluno em relação ao novo conhecimento, que o conteúdo deva ser aprendido de forma significativa, e de que a averiguação da aprendizagem ocorra de tal forma que

permita ao aluno utilizar os conhecimentos adquiridos em novas formas, ao invés apenas de reproduzir restritamente as que foram tratadas em aula como “modelos exemplares”. Em outras palavras, segundo essa teoria, se assume que as pessoas em geral possuem uma série de ideias e concepções prévias que são organizadas em uma estrutura mental, a qual o autor define como *estrutura cognitiva*, e para que um novo conceito possa de fato ser adquirido e assimilado pelo aprendiz, é preciso que este novo conceito interaja com as concepções prévias que ele possui, e que permita ir além do que é tratado em sala de aula.

Segundo Ausubel (1978), só teremos uma aprendizagem significativa quando o novo conhecimento encontrar no indivíduo algo em que possa se sustentar e ser ancorado, aumentando assim o nível de conhecimento. Neste “encontro”, os novos conceitos deverão interagir com aspectos relevantes do conhecimento que o aluno já possui. Assim, os novos conceitos são assimilados e incorporados pelo indivíduo, mas, ao mesmo tempo, os próprios aspectos presentes na estrutura cognitiva dos alunos, que servem de ancoradouro, são modificados. Segundo Moreira (2009b):

Este aspecto já existente na estrutura cognitiva e que pode ser um conceito, uma proposição, uma imagem, um símbolo, enfim um conhecimento específico, com pelo menos alguma clareza, estabilidade e diferenciação é o que se chama de *subsunçor* (MOREIRA, 2009b, p. 32).

Outro conceito muito importante da teoria de Ausubel, é a de que o armazenamento de novas informações pela mente humana ocorre, mais frequentemente, de forma hierárquica, ou seja, inicialmente adquirimos conceitos mais inclusivos e, conforme conceitos novos e mais específicos vão sendo adquiridos, estes são interligados ao conceito mais geral. Essa é uma das maneiras que Ausubel propõe que ocorra a aprendizagem significativa, resultado da interação entre uma nova informação e um conceito ou subsunçor preexistente, o que irá modificar a estrutura cognitiva do indivíduo.

Ausubel também traz, em sua teoria, a noção de *aprendizagem mecânica*, que seria uma outra forma de o indivíduo se relacionar com novas informações. Nesse tipo de aprendizagem, o indivíduo apenas recebe novas informações, mas não é capaz de relacioná-las ou interagi-las com nenhum subsunçor existente em sua estrutura cognitiva. Esse novo conhecimento é adquirido e armazenado de forma arbitrária e literal e provavelmente pouco contribuirá para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Com isso, o aprendiz é incapaz de relacionar e utilizar este

conhecimento em uma situação diferente da apresentada pelo professor, já que este novo conhecimento não obteve nenhum significado para ele (PRÄSS, 2012).

A aprendizagem mecânica pode ser observada frequentemente em aulas de disciplinas como a Física e a Matemática, nas quais o aluno, muitas vezes, tende a querer apenas memorizar as fórmulas para poder fazer a prova, sem que necessariamente as novas informações tenham algum significado para si próprio. O mesmo pode ocorrer em outras disciplinas escolares ou em outras ênfases no tratamento de conceitos, por exemplo, em relação a datas e fatos históricos, em que o aluno não é capaz de relacionar outros fatos além daqueles tratados em aula e presentes nas avaliações somativas e pontuais (provas).

Vale destacar que Ausubel não diz que a aprendizagem mecânica é algo extremamente prejudicial e que deveria ser abolida do cotidiano escolar. Para Ausubel, a aprendizagem significativa deve ser buscada com mais frequência que a mecânica, pois permite ao indivíduo modificar suas estruturas cognitivas e assim evoluir no aspecto cognitivo de forma perene. Já a aprendizagem mecânica tende a ser útil apenas em alguns momentos, já que o conhecimento visto tende a ser esquecido posteriormente, uma vez que não foi capaz de estabelecer relações com os subsunçores e nem, necessariamente, ser atrativo para o indivíduo. Para Ausubel, a aprendizagem significativa e a mecânica podem estar relacionadas, ou seja, não estão separadas completamente e uma pode complementar a outra. Esta relação depende do conteúdo a ser ensinado e aprendido, podendo inclusive ocorrer ao mesmo tempo, durante uma tarefa proposta pelo professor.

Além das noções de aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, a teoria de Ausubel reúne outras noções relevantes. O tópico a seguir apresenta outras destas noções, em específico, que tratam de processos básicos de aprendizagem.

2.1.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E A APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO

A aquisição de um novo conhecimento pode acontecer basicamente por duas maneiras: *por descoberta ou recepção*. Ausubel estabelece uma distinção entre a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção. Essa diferença está no fato de que na aprendizagem por descoberta o aprendiz deve, assumindo uma

posição mais ativa, descobrir e construir o conteúdo/conceitos alvos de aprendizagem, enquanto na aprendizagem por recepção, o mesmo conteúdo é apresentado como "pronto e finalizado" pelo educador.

Ainda que pelas definições apresentadas haja uma tendência de associar aprendizagem por recepção à aprendizagem mecânica e aprendizagem por descoberta à aprendizagem significativa, ambas (descoberta e recepção) podem ocorrer de forma significativa. Para isso, é necessário que o conteúdo a ser desenvolvido seja preparado e adequado para determinada situação de ensino. Devemos considerar também o fato de que, nos primeiros anos de uma criança, a maioria dos conhecimentos adquiridos será por descoberta, pois a criança ainda não possui, em sua estrutura cognitiva, elementos suficientes para que a aprendizagem por recepção seja eficiente.

Outro ponto que vale ser destacado é que situações de ensino envolvendo aulas de laboratório poderiam ser facilmente associadas à aprendizagem por descoberta. No entanto, o modo convencional das aulas de laboratório dificilmente permite a descoberta e, sim, apenas a verificação de determinado conceito. Vale destacar também que, segundo Ausubel, a simples descoberta dos conteúdos pelos alunos seria algo ineficiente, devido a extensa quantidade de conceitos a serem vistos, sendo muito difícil ao aluno compreender e assimilar conceitos de forma significativa para todo conteúdo em meio a um processo de aprendizagem por descoberta. Com isso, a aprendizagem por recepção também é necessária e pode ser muito eficaz se for intencionada na perspectiva da aprendizagem significativa. Assim, tanto a aprendizagem por descoberta como a receptiva podem ocorrer de forma significativa, e mais do que isso, podem ocorrer simultaneamente.

Para que a aprendizagem se dê de forma significativa, além de considerar as concepções prévias dos alunos, é necessário também que o material a ser utilizado em sala de aula possua características que se relacionem ou se incorporem aos conhecimentos prévios do aprendiz de uma maneira não arbitrária e não literal. Dessa forma, teremos um *material potencialmente significativo* (MOREIRA, 2006).

Logicamente, desenvolver ou preparar materiais potencialmente significativos nem sempre é uma tarefa fácil, pois esse material deve fornecer novas informações relevantes ao aprendiz de forma não arbitrária e que estejam em seu domínio de aprendizado, e o aprendiz deve ser capaz de relacioná-las com os conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006).

Outro fator que Ausubel leva em consideração para a aprendizagem significativa é que o aprendiz possua disposição para relacionar o novo conhecimento, apresentado/discutido nos materiais de ensino, com seus subsunçores. Sem essa disposição, por mais que se desenvolvam materiais potencialmente significativos, não ocorrerá a aprendizagem significativa. Ou seja, é necessário que o aprendiz queira aprender e esteja aberto a novas ideias e conceitos que lhe serão apresentados. Porém, do mesmo modo, mesmo que o aprendiz esteja disposto a aprender, se o material que lhe for apresentado não for potencialmente significativo, dificilmente ocorrerá a aprendizagem significativa.

A ideia da aprendizagem significativa, conforme proposto por Ausubel, parte do pressuposto de que a nova informação deva interagir com algum conceito já existente no indivíduo de maneira não-literal e não-arbitrária. À vista disso, o conceito de subsunçor introduzido por Ausubel é essencial para a ocorrência da aprendizagem significativa, pois uma nova informação deve relacionar-se inicialmente com esse subsunçor, promovendo posteriormente a sua modificação. Apresentamos, a seguir, um subtópico no qual discutimos a ideia dos subsunçores, além de outra ideia presente na teoria de Ausubel: organizadores prévios.

2.1.2. SUBSUNÇORES E ORGANIZADORES PRÉVIOS

Subsunçor nada mais é do que um conceito previamente existente na estrutura cognitiva, capaz de servir como base de sustentação, ou "ancoradouro" para uma nova informação. Quando um novo conhecimento interage com um subsunçor, o conhecimento poderá possuir um significado para o indivíduo (MOREIRA, 2006).

Moreira (2006) afirma que, para um material ser potencialmente significativo, é preciso que existam subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz, já que para a ocorrência da aprendizagem significativa, é preciso que os dois primeiros citados acima, sejam relacionáveis, ou seja, é preciso que os novos conceitos interajam com os subsunçores, sejam assimilados e incorporados pelo indivíduo, e com isso, modificando o subsunçor inicialmente tido como ancoradouro.

Em crianças, os primeiros subsunçores são adquiridos pela formação de conceitos, principalmente pela descoberta e verificação de hipóteses, e por generalizações. Em seguida, após a criança ter adquirido certa quantidade de

conceitos, é que lhe é possível apresentar conhecimentos segundo um processo de assimilação, inerente à ideia de aprendizagem significativa. O processo de assimilação, que na teoria de Ausubel é bem definido, será abordado mais adiante nesta dissertação.

Mesmo após a criança, ou mesmo um adulto, ter passado dessa fase de formação de conceitos, ela pode não possuir os subsunçores relevantes para que lhe possa ser ensinado determinados conhecimentos. Com isso, um questionamento surge: de que forma podemos fornecer os subsunçores necessários para que a aprendizagem significativa ocorra? Nesse caso, a aprendizagem mecânica torna-se uma possibilidade, já que o conteúdo a ser ensinado é completamente desconhecido pelo aprendiz. Um ensino pautado por uma aprendizagem mecânica deve ocorrer até que elementos da área de conhecimento alvo de aprendizagem passem a fazer parte da estrutura cognitiva do aprendiz.

Para este caso de não existência de subsunçores relacionados ao novo conhecimento, Ausubel (1978) também recomenda o uso de *organizadores prévios*, os quais seriam materiais introdutórios que têm a função de servir de âncora para a aprendizagem, levando ao desenvolvimento dos subsunçores iniciais, permitindo assim que a aprendizagem significativa ocorra. Os organizadores prévios têm como principal finalidade estabelecer uma relação entre o que o aprendiz já conhece e o que se espera que ele passe a conhecer.

Contudo, Ausubel não define de modo preciso o que um material necessitaria conter para ser definido como um organizador prévio. Para ele, esta definição não é possível de ser feita, já que todo tipo de material preparado para ser um organizador prévio, deve levar em conta o conteúdo a ser ensinado, assim como a idade do aprendiz e se ele possui alguma familiaridade com o conteúdo. Portanto, deve-se entender como um organizador prévio qualquer elemento de ensino que estabeleça a relação comentada anteriormente, entre o que o aprendiz já conhece e o que ele deve conhecer para estabelecer novos subsunçores. Podem ser utilizados como organizadores prévios, desde um texto escrito ou um vídeo, até uma demonstração virtual (simulação ou animação).

2.1.3. O PROCESSO DE ASSIMILAÇÃO NA PERSPECTIVA DE AUSUBEL

Como dito anteriormente, a aprendizagem se torna significativa quando o aprendiz é exposto a um novo conceito e este se relaciona de forma não literal e não arbitrária a um subsunçor existente em sua estrutura cognitiva, promovendo a assimilação do conceito e posteriormente a modificação do subsunçor inicial.

Para exemplificar o processo de assimilação inerente à teoria de Ausubel, Moreira (2006) nos traz o seguinte esquema representativo, apresentado na Figura 2:

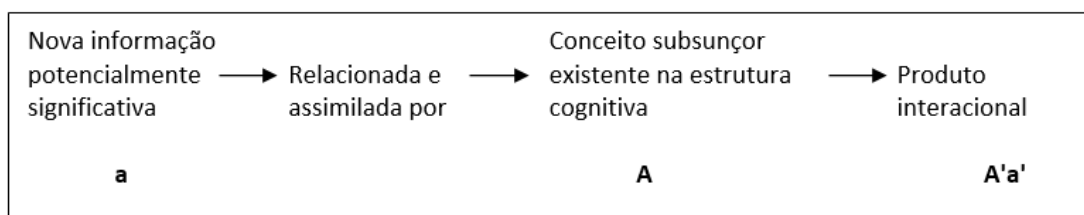


Figura 2 – Esquema da Assimilação (MOREIRA, 2006).

Conforme representado no esquema da Figura 2, uma nova informação ou um novo conceito potencialmente significativo **a** é relacionado a um subsunçor **A** já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Após isso, tanto o novo conceito **a**, quando o subsunçor **A**, são alterados pela interação. Assim, o produto dessa aprendizagem não é apenas o acréscimo de um novo conceito mais específico a um conceito mais amplo (que poderia ser entendido como um $A + a$), e sim a modificação tanto do novo conceito como do subsunçor que serviu de âncora.

O produto interacional **A'a'** não é o produto final da aprendizagem significativa. Ele pode sofrer alterações com o decorrer do tempo, pois, em um primeiro momento, o aprendiz continuará a relacionar o produto interacional **A'a'** às formas separadas de **A** e **a**. Porém, após certo tempo, esse produto obtido tende a ser modificado, sendo, na verdade, reduzido a uma ideia mais simples e geral do que o formato de interação entre **A** e **a**.

Esse processo de redução é que o Ausubel define como "assimilação obliteradora". Após a ocorrência da aprendizagem significativa, que resulta no produto interacional **A'a'**, o subsunçor e o novo conhecimento vão se tornando cada vez mais inseparáveis na estrutura cognitiva do aprendiz, até que em determinado momento para o aprendiz, já não ocorre essa separação. Nesse momento, temos como resultado um novo conceito subsunçor **A'**. Esse novo subsunçor **A'**, contém o produto interacional obtido anteriormente, mas agora, o aprendiz já não o reproduz

mais como a soma das identidades individuais. Esse processo de esquecimento da forma original do subsunçor é o que torna o aprendizado significativo e permite que o aprendiz armazene novas informações, pois a partir desse momento a nova informação deixa de ser interpretada separadamente do primeiro subsunçor e passa a integrar um novo e mais complexo subsunçor.

Nesse conceito, Moreira (2006) destaca que os processos de avaliação que contenham a repetição exata de informações vistas, prejudica a aprendizagem significativa, pois o aprendiz ao passar pela aprendizagem significativa, modifica não só o novo conhecimento adquirido, mas também o subsunçor existente. O autor ainda afirma que, quando a nova informação apresentada ao aprendiz é devolvida por este no mesmo formato, se impede a continuação do processo de assimilação e conseqüentemente da assimilação obliteradora.

2.1.4. TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel define três tipos de aprendizagem significativa: *representacional*, *de conceitos* e *proposicional*. Segundo Ausubel, a aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem, da qual as outras duas dependem. Basicamente, a *aprendizagem representacional* trata da atribuição de significado a seus respectivos símbolos, como as palavras, os objetos, os gestos, entre outros (MOREIRA, 2009a). Poderíamos citar, por exemplo, a associação da palavra "cadeira" para uma criança, que, ao ouvir o termo, associa-o ao objeto que ela observa ou de que faz uso.

Já a *aprendizagem de conceitos* é uma extensão da *aprendizagem representacional*, que se dá a partir de uma generalização que a criança, até então, não efetuava (MOREIRA, 2009a). No exemplo apresentado anteriormente, a *aprendizagem de conceitos* ocorreria no momento em que a criança passaria a associar a palavra "cadeira" a qualquer objeto que se assemelhasse ao objeto visto durante a ocorrência da *aprendizagem representacional*.

Outro aspecto que devemos mencionar é que, apesar de aprendizagem representacional ser o tipo mais básico de aprendizagem, não necessariamente a aprendizagem ocorre iniciando-se por ela. É possível que em determinadas situações a aprendizagem de conceitos aconteça antes da representacional, por exemplo, o conceito de vegetais. A criança já pode ter conhecido diversos tipos de

frutas apresentados pelos pais e/ou escola. No entanto, é possível que a criança não estabeleça uma relação entre frutas e vegetais, não tendo nesse momento a percepção de que as frutas são parte de uma grande variedade de vegetais que podem ser produzidos pelo ser humano para seu consumo.

O último tipo de aprendizagem significativa é a *proposicional*, em que o principal objetivo é a compreensão de ideias expressas seja por palavras combinadas ou por expressões (MOREIRA, 2009a). Dessa forma, a aprendizagem proposicional só é atingida se houver a aprendizagem representacional, pois é ela quem irá dar condições para que ocorra a atribuição de significados aos símbolos.

2.1.5. FORMAS E PROCESSOS: APRENDIZAGENS SUBORDINADA, SUPERORDENADA E COMBINATÓRIA, E OS PROCESSOS DE DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA

Conforme temos destacado ao longo deste capítulo, um novo conceito, ao ser apresentado a um aprendiz, deve ser capaz de relacionar-se e interagir com as ideias e conceitos preexistentes, os quais poderão atuar como subsunçores ao novo conceito. Uma das premissas da aprendizagem significativa é a de que, em sua maioria, o processo de aprendizagem, armazenamento e organização de informações e conceitos ocorre naturalmente de forma hierárquica, ou seja, ocorrem de cima para baixo em níveis de abstração, generalidade e inclusão (MOREIRA, 2006). Dessa forma, geralmente os conceitos mais específicos de determinado conteúdo são conectados a conceitos e ideias mais gerais que comportem essa especificidade.

Isto posto, ao receber novas informações, o aprendiz estabelece mais frequentemente relações de subordinação deste novo conceito a conceitos mais gerais e inclusivos que ele já possui em sua estrutura cognitiva. A esta forma de aprendizagem, dá-se o nome de *aprendizagem subordinada*, que ocorre frequentemente nas aprendizagens *proposicional* e *de conceitos*.

Na aprendizagem subordinada, podemos destacar ainda duas subformas: a derivativa e a correlativa. A *aprendizagem subordinada derivativa* seria a situação em que um novo conceito é aprendido como uma situação mais específica de um outro conceito já existente na estrutura cognitiva. O importante, nessa forma de aprendizagem, é a de que ela ocorre de forma rápida e relativamente sem esforço,

já que traz uma situação mais específica de algo que já está claro para o aprendiz. Na Física, poderíamos exemplificar com o conceito de aceleração constante, como sendo um caso mais específico do conceito de aceleração. Se o aprendiz possui em sua estrutura cognitiva o significado de aceleração, como sendo a variação da velocidade em um certo intervalo de tempo, o conceito de aceleração constante será facilmente compreendido pelo aluno como um caso mais específico, já que nesta situação a velocidade é modificada sempre com a mesma "taxa" de variação.

Na *aprendizagem subordinada correlativa*, o novo conhecimento é visto como uma extensão ou modificação de conceitos previamente aprendidos. No caso do ensino de Física, geralmente o conceito de campo elétrico é visto posteriormente ao de campo gravitacional. Com isso, estabelece-se uma relação de comparação entre o campo elétrico e o campo gravitacional para exemplificar melhor seus conceitos. Isso ocorre, não só pelo fato de o aprendiz ter visto anteriormente o conceito de campo gravitacional, mas pelo fato de que o campo gravitacional é algo que lhe é mais familiar do que o campo elétrico e, com isso, torna-se mais clara a sua semelhança e comparação. A figura 3, abaixo, mostra um esquema representando a aprendizagem subordinada.

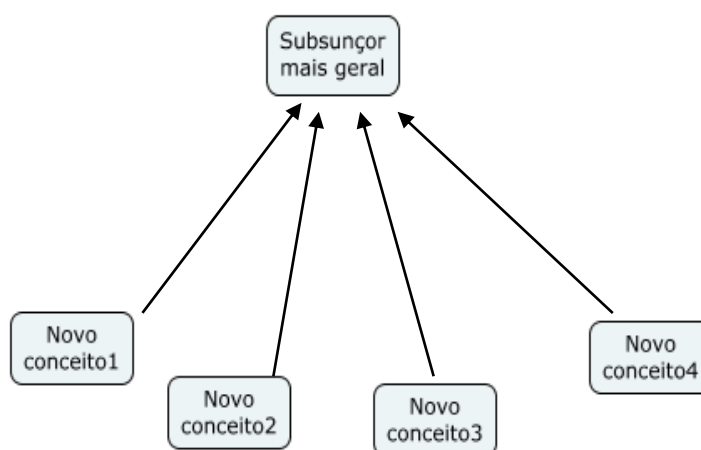


Figura 3 – Esquema da aprendizagem subordinada (Fonte: Elaborada pelo autor)

A aprendizagem significativa pode ocorrer também de maneira *superordenada*, na qual um novo conceito potencialmente significativo é visto de forma que seja mais geral e inclusivo do que os subsunçores já existentes no aprendiz. Neste caso, o aprendiz possui determinados subsunçores e, ao se deparar com o novo conceito, observa que este agrega todos ou parte dos conceitos

subsunçores, tornando-os casos ou situações mais específicas do novo conceito. Como um exemplo, ao estabelecer o conceito de mamífero, a criança pode ser capaz de relacionar com os vários tipos de animais que pertencem a essa classe, os quais ela já conhece, como cães, gatos, baleias, etc. No ensino de Física, podemos identificar esse tipo de aprendizagem em uma situação em que o aprendiz tem contato com o conceito de *força resultante* sobre um corpo ou um sistema, reconhecendo uma aceleração caso a força resultante não seja nula, e conseguindo estabelecer relação com os conceitos vistos anteriormente sobre o movimento uniforme (MU) e uniformemente variado (MUV) de um corpo. Nessa situação, o conceito de MU e MUV seriam os subsunçores já existentes em sua estrutura cognitiva e, ao ser apresentado ao conceito de força, percebe-se que os tipos de movimento são casos mais específicos do conceito de força resultante sobre um corpo ou sistema. O esquema apresentado na figura 4 representa a relação que se estabelece entre o novo conceito e os subsunçores na aprendizagem significativa superordenada.

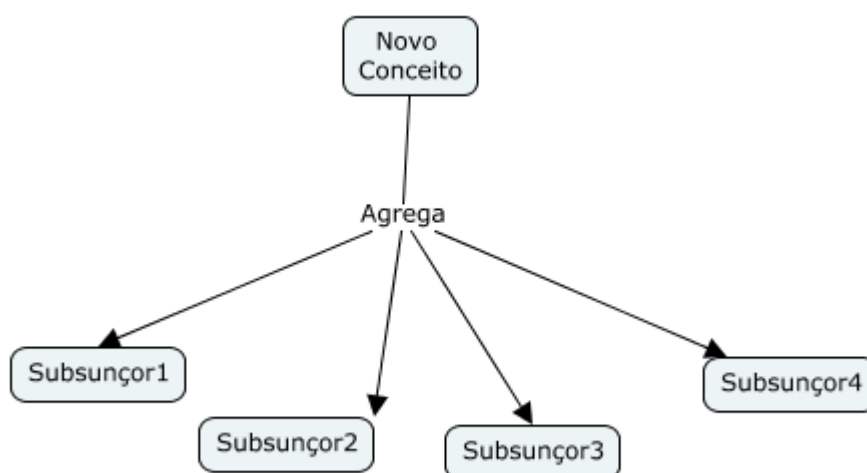


Figura 4 – Esquema da aprendizagem superordenada (Fonte: Elaborada pelo autor).

Ausubel (1978) ainda apresenta outra forma de aprendizagem, que não ocorre necessariamente por uma relação de subordinação ou superordenação. Neste caso, os novos conceitos não podem ser subordinados a ideias mais gerais e inclusivas (*aprendizagem subordinada*) e nem podem agregar conceitos já existentes (*aprendizagem superordenada*). A esta terceira forma de aprendizagem, ele a chama de *aprendizagem combinatória*. Nela, a aquisição/construção de

conhecimento ocorre quando o aprendiz é capaz de combinar o novo conhecimento com outros conceitos existentes em sua estrutura cognitiva de uma maneira geral, ao invés de relacionar com aspectos específicos de determinado conceito.

Esta forma de aprendizagem, em princípio, ocorre em menor escala devido à complexidade necessária, pois o aprendiz deve ser capaz de relacionar conceitos até então totalmente distintos e, por isso, são mais difíceis de aprender e lembrar. Em um dos exemplos citados por Ausubel (2003), ele relaciona os conceitos de temperatura e volume, visto que nessa situação os conceitos de temperatura e volume não podem ser subordinados um ao outro e muito menos superordenados. A ideia envolvendo o aumento do volume ocupado por um gás possui “sentido” se o aprendiz associa a medida do grau de agitação das moléculas de um gás com a sua temperatura, combinando assim dois conceitos aparentemente distintos.

Relacionado a estas formas de aprendizagem significativa, existem alguns processos que lhe são inerentes: os processos de *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa* (ou *integradora*).

O processo de *diferenciação progressiva* resulta da modificação do subsunçor inicialmente existente no aprendiz; este, ao ser exposto a um novo conceito e passar pelas fases de assimilação, obliteração e esquecimento, comentadas no tópico 2.1.3, faz com que o subsunçor seja diferenciado progressivamente. Este processo é muito comum na *aprendizagem subordinada*, em que novos conceitos mais específicos em relação a conceitos mais amplos vão sendo adquiridos pelo aprendiz.

Nas aprendizagens *superordenada* e *combinatória*, temos o que Ausubel define como *reconciliação integrativa*, em que novas ideias mais amplas vão sendo adquiridas, e o aprendiz precisa integrar essas novas ideias aos conceitos subsunçores que possui, de forma a agregá-los.

Moreira (2009a) traz que a própria ideia de aprendizagem significativa pode exemplificar os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Isto ocorre quando os conceitos de aprendizagens representacional, conceitual e proposicional constituem exemplos mais específicos do conceito de aprendizagem significativa, e, visto que esses processos de aprendizagem podem ocorrer por meio de subordinação, superordenação ou combinação, constituem uma reconciliação integrativa. Tais processos não ocorrem necessariamente independentes e em tempos diferentes uns dos outros, sendo processos que podem ocorrer

simultaneamente e alternando, ora ocorrendo a diferenciação progressiva, ora a reconciliação integrativa, em virtude dos conceitos a serem transmitidos. Moreira (2010) traz um diagrama exemplificando essas ideias, apresentado na figura 5:

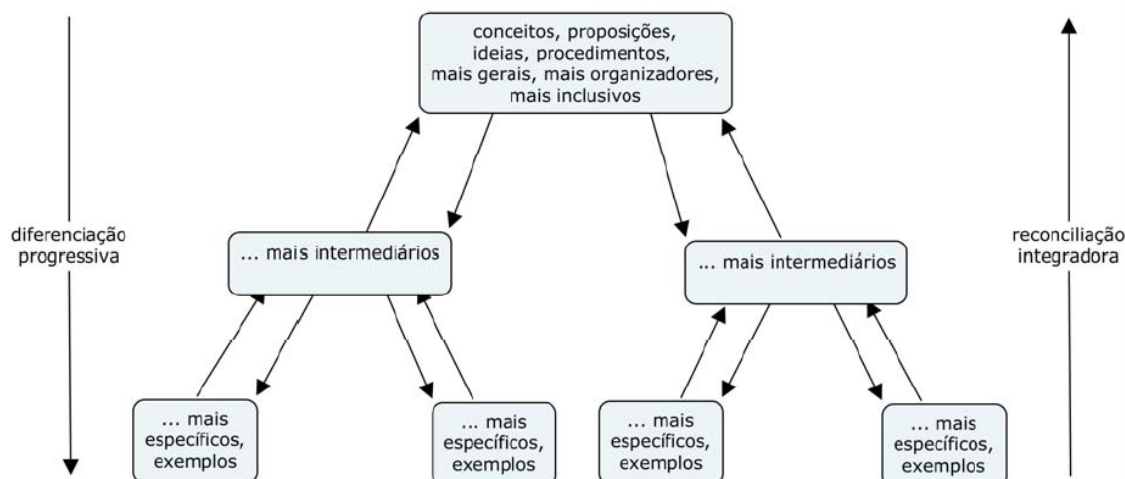


Figura 5 – Um diagrama indicando que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são interdependentes e simultâneas tanto na dinâmica da estrutura cognitiva como no ensino (MOREIRA, 2010).

Vale destacar que os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa só irão ocorrer enquanto houver aprendizagem significativa, que conduzem o aprendiz a um novo estágio do desenvolvimento cognitivo. Assim, tais processos se apresentam como especialmente relevantes na teoria e, ao mesmo tempo, identificá-los é uma forma de buscar indícios da ocorrência da aprendizagem significativa.

Inspirados nas ideias propostas por Ausubel, em sua teoria de aprendizagem, alguns autores elaboraram métodos/instrumentos que auxiliam o professor no processo de aprendizagem, por exemplo, os *Mapas Conceituais* e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Tais métodos/instrumentos, os quais envolvem as noções de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, serão discutidos nos subtópicos 2.2 e 2.3.

2.2. MAPAS CONCEITUAIS

A teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel pressupõe, entre outras coisas, que o professor deve de alguma forma avaliar/conhecer o que o aprendiz já conhece sobre determinado assunto, para que então possa propor atividades que se ancorem nesses subsunçores e que possam levar a uma

interação entre o conhecido e o que se espera que se torne conhecido. Buscando maneiras de como averiguar tais conhecimentos que o aprendiz já possui, alguns pesquisadores (NOVAK, 2000; NOVAK; GOWIN, 1984) desenvolveram a ideia de *mapas conceituais*, nos quais os conceitos e a forma como interagem podem ser representados segundo uma organização hierárquica, podendo evidenciar a ocorrência ou não de uma aprendizagem significativa.

Dentro de uma ideia geral, mapas conceituais nada mais são do que diagramas que indicam relações entre determinados conceitos com uma organização específica permitindo ao aluno externalizar seu conhecimento, e ao professor inferir sobre a aprendizagem dos alunos. Quando utilizados como recursos de ensino, podem ser utilizados para que os alunos analisem e compreendam as relações entre diferentes conceitos. Segundo Moreira (1997, p. 5), a elaboração dos mapas conceituais:

[...] trata-se, no entanto, de uma técnica desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos. Ausubel nunca falou de mapas conceituais em sua teoria.

Geralmente, os mapas conceituais são construídos em uma estrutura hierárquica em que conceitos mais gerais e amplos aparecem no topo, e seus conceitos mais específicos vão sendo incluídos abaixo. No entanto, nada impede que um mapa conceitual contenha sua organização segundo outras disposições, por exemplo, da esquerda para a direita. A ideia mais importante é de que a elaboração de um mapa conceitual sobre um determinado tópico não será única, pois depende de como o aprendiz interpreta e relaciona esses conceitos, assim "um mapa conceitual deve ser sempre visto como 'um mapa conceitual', não como 'o mapa conceitual' de um determinado conjunto de conceitos" (MOREIRA, 2006, p.10). Com isso, o professor não deve exigir que o aluno faça um mapa conceitual "correto", pois cada aluno possui uma estrutura cognitiva que pode ou não estar de acordo com o conteúdo estudado. Se um professor solicita aos alunos que elaborem um mapa conceitual, a intenção é averiguar se o mapa conceitual elaborado mostra evidências de uma aprendizagem significativa.

A utilização dos mapas conceituais no processo de ensino e aprendizagem pode ser feita a qualquer momento, ou seja, é possível que os alunos façam seus mapas conceituais antes mesmo do conteúdo a ser ensinado ter sido discutido. Isso

permitirá ao professor avaliar se seus alunos já possuem alguma noção de como relacionar aqueles conceitos. Da mesma forma, o professor pode pedir a elaboração de um mapa conceitual enquanto o conteúdo ainda não foi totalmente discutido e, posteriormente, ao final do estudo sobre o conteúdo, para avaliar se houve uma mudança na forma como os alunos relacionam tais conceitos.

O uso de mapas conceituais, ocorrendo antes do desenvolvimento de um determinado tópico se iniciar, pode auxiliar o professor a determinar ou ter uma boa aproximação dos conhecimentos prévios que os alunos possuem, ou seja, permite identificar alguns elementos relacionáveis com o novo conhecimento a ser ensinado que os alunos já saibam. Tendo essa informação, o professor pode elaborar um plano de ensino que permita a ampliação dessas relações entre os conceitos envolvidos e, caso seja necessário, corrigir determinados erros ou interpretações equivocadas ou pouco adequadas que eventualmente os alunos possuam.

A conexão entre os conceitos, em um mapa conceitual, deve ser feita por meio de linhas que os conectem. Essas linhas podem possuir rótulos ou palavras-chave que ajudem ao leitor a compreender melhor a relação entre os conceitos.

As figuras 6, 7 e 8, apresentadas nas páginas a seguir, trazem alguns modelos de mapas conceituais disponíveis na literatura.

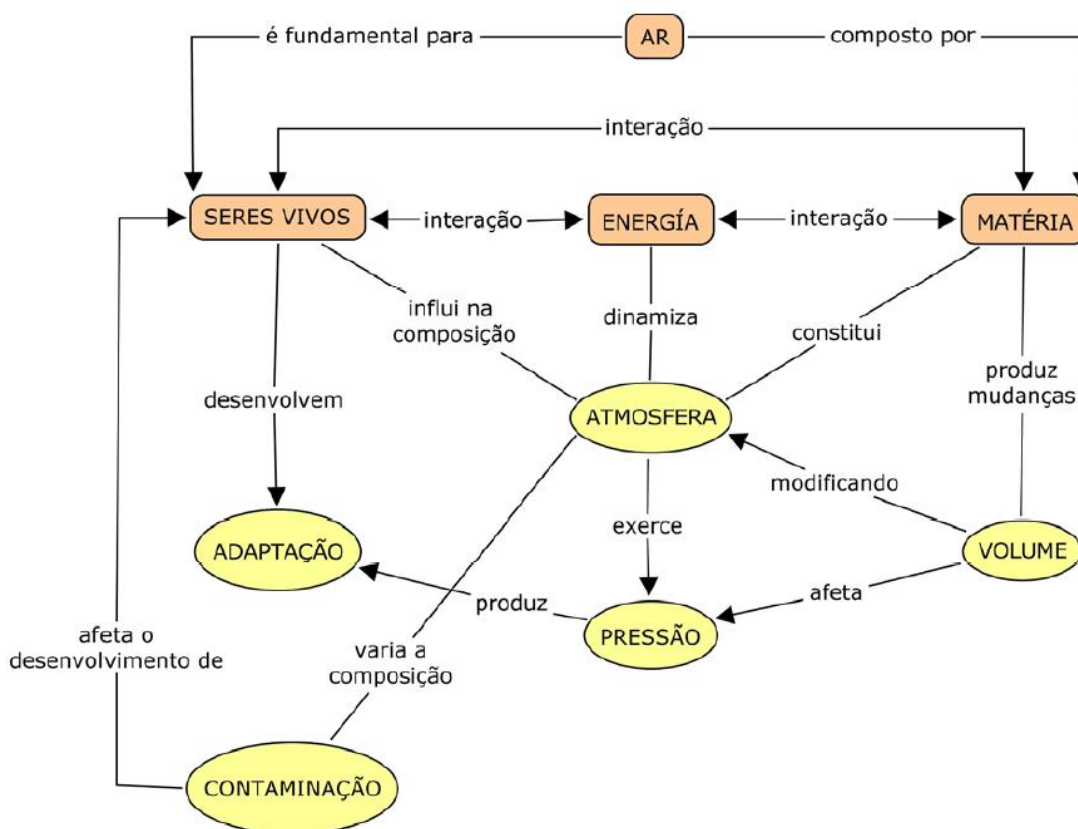


Figura 6 – Mapa conceitual sobre o conceito de ar. Disponível em Fernandez, Ramirez e Scnersch (1994, apud MOREIRA, 1997).

Um mapa conceitual pode trazer informações a respeito de um conceito que é/será/foi tratado em uma única aula, em um tópico (por exemplo, representado por um capítulo de livro) ou mesmo de um curso completo. Tudo irá depender da quantidade de informações que são colocadas e interligadas pelas palavras-chave. Na Figura 6, temos um exemplo de um mapa conceitual bastante generalizado, ou seja, ele traz a relação entre os conceitos principais do conteúdo de ciências do 1º ano, mas sem explicar com muitos detalhes de que forma ocorrem as interações mencionadas. O mapa conceitual apenas traz como essas relações acontecem de forma geral, sem citar um exemplo específico.

Já na Figura 7, temos um mapa conceitual sobre a dinâmica dos ecossistemas. Nesse mapa, têm-se informações mais detalhadas a respeito dos conceitos envolvidos entre a energia e matéria de um ecossistema, níveis tróficos, sucessões ecológicas, entre outros, e como eles se relacionam.

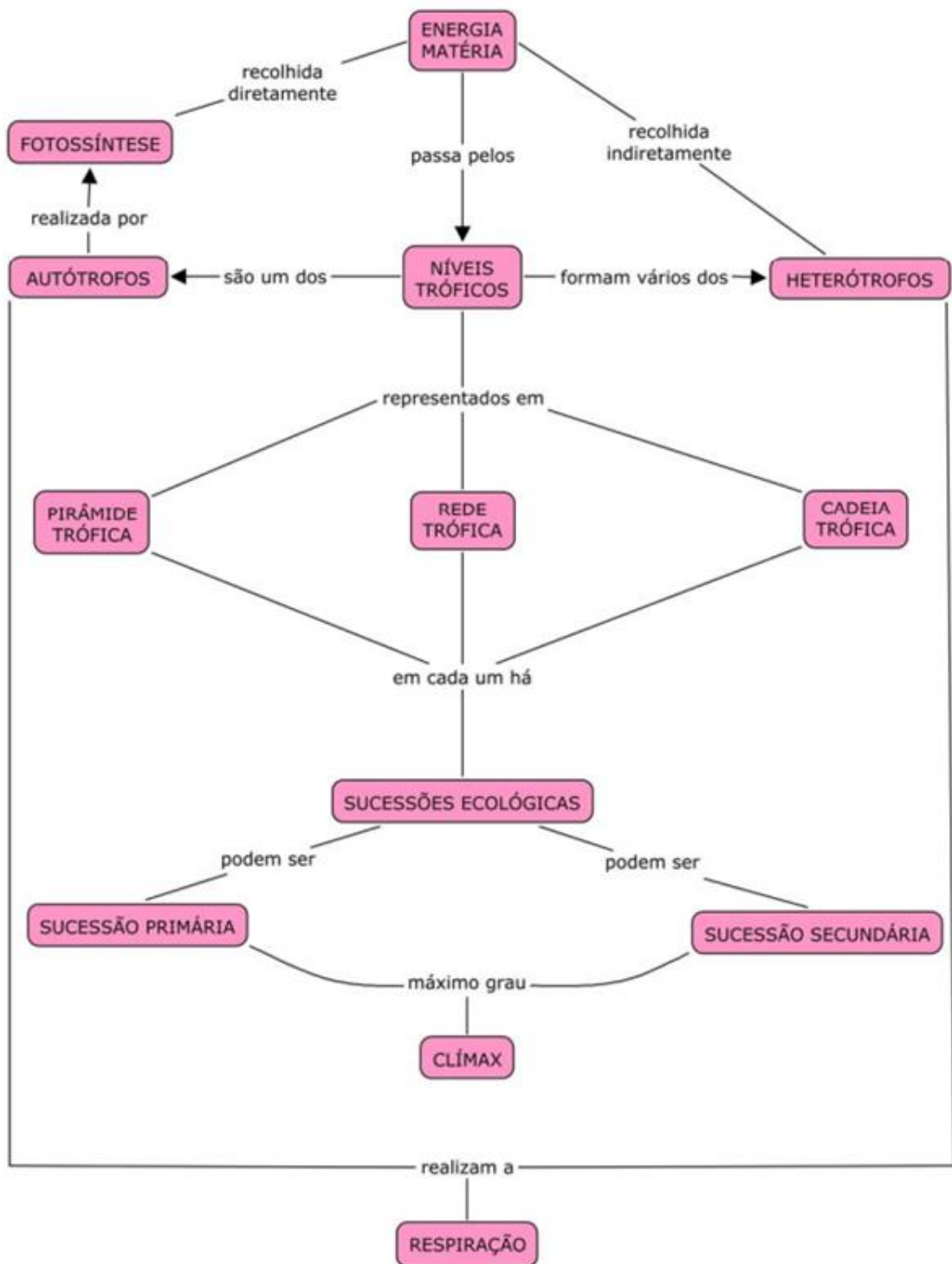


Figura 7 – Mapa conceitual elaborado um grupo de estudantes com idade entre 14 e 15 anos. Disponível em Palmero, González (1996, apud MOREIRA, 1997)

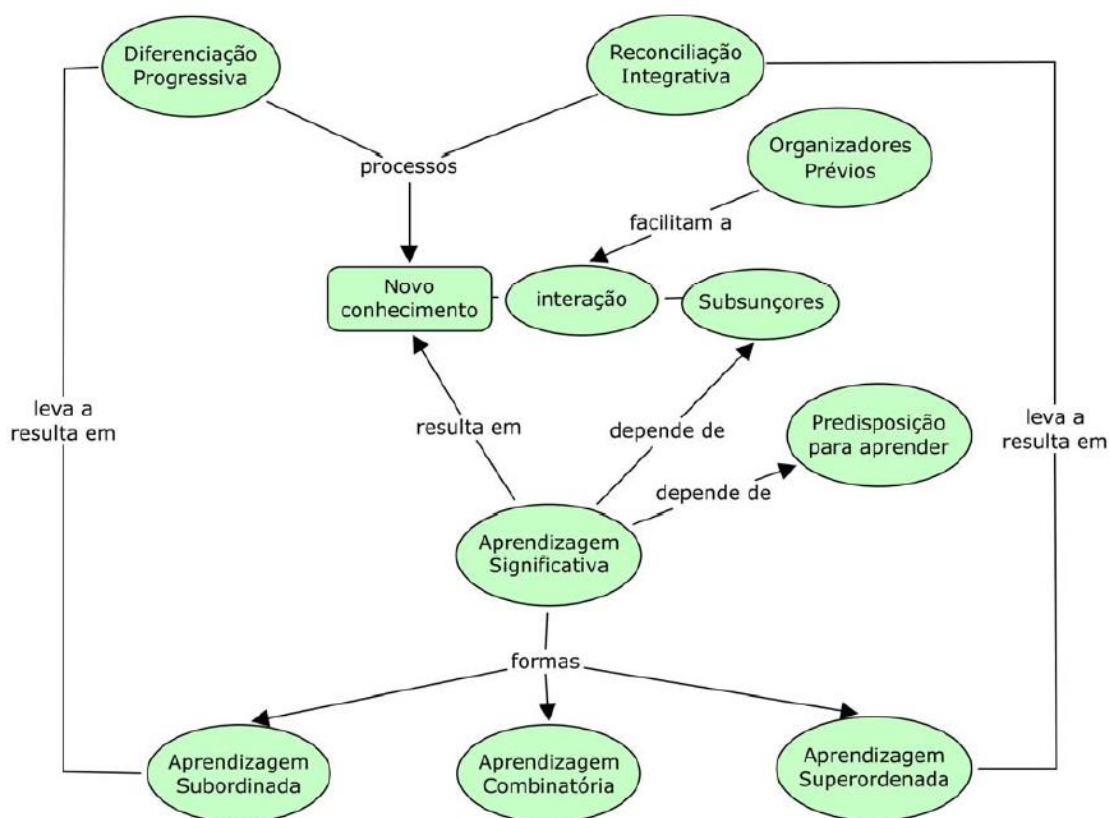


Figura 8 – Alguns conceitos básicos da teoria de Ausubel (MOREIRA, BUCHWEITZ, 1993).

A figura 8 acima traz um mapa conceitual que difere, em parte, dos exemplos de mapas anteriores, já que, enquanto neste mapa o conceito mais amplo se posiciona no centro do esquema elaborado, nos anteriores, o conceito mais amplo estava no topo do mapa conceitual. Esse tipo de mapa conceitual representado na Figura 8 tende a ser o mais comum elaborado pelos alunos, pois estes tendem a relacionar os conceitos mais específicos a um conceito mais amplo, visto como central.

Assim, conforme podemos observar, a distribuição explicitamente hierárquica com o conceito mais geral posicionado no topo não é a única forma de se construir um mapa conceitual. Em outras palavras, os mapas conceituais não precisam necessariamente ter uma estrutura rígida, de cima para baixo.

Mais do que isso, algumas conexões em um mapa conceitual que rompem com essa estrutura rígida podem evidenciar uma aprendizagem em que se atribui mais significado. Neste sentido, no processo de avaliação da aprendizagem significativa é importante que o aluno consiga estabelecer relações em outras direções sobre o conteúdo aprendido, inclusive com relações cruzadas as quais

podem indicar a ocorrência da reconciliação integrativa e da diferenciação progressiva. No subtópico 2.2.1, apresentado adiante, são fornecidos mais detalhes sobre a relação entre os mapas conceituais e os processos de reconciliação integrativa e diferenciação progressiva.

Antes disso, vale destacar dois pontos sobre os mapas conceituais que se apresentam como relevantes: (i) conforme já comentado, em um mapa conceitual, é possível aos alunos identificar, exemplificar e expor para outras pessoas as relações existentes entre elementos de seu conhecimento; (ii) um mapa conceitual não é autoexplicativo e, assim, deve ser explicado pelo autor. As relações estabelecidas em um mapa conceitual, que precisam ser explicadas, indicam o grau de percepção e conexão entre os conceitos vistos.

2.2.1. ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS: INDÍCIOS DOS PROCESSOS DE DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA

No trabalho desenvolvido e apresentado na presente dissertação, as noções de diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa se apresentam como relevantes. A diferenciação progressiva, como dito anteriormente, modifica os subsunçores existentes e associa conceitos mais específicos a um conceito mais amplo. Já no processo de reconciliação integrativa, o aprendiz relaciona as novas informações aprendidas a conceitos subsunçores já existentes em sua estrutura cognitiva, permitindo a reorganização de seus significados.

Conforme também comentado, a identificação dos conhecimentos que permeiam a estrutura cognitiva do aluno pode ocorrer através dos mapas conceituais, os quais podem fundamentar o trabalho do professor, levando-o a elaborar materiais que possam interagir de maneira significativa com os conhecimentos prévios dos alunos. Além disso, segundo já sinalado, não existe um mapa conceitual “certo” ou “errado”. Assim, o professor deve, de alguma maneira, avaliar o mapa desenvolvido pelo aluno buscando, mais do que supostos erros ou acertos na representação, interpretar as relações estabelecidas pelo aluno e verificar se tais informações estão de acordo com o conhecimento científico abordado.

Uma possibilidade que pode permitir interpretar as relações estabelecidas pelos alunos é a partir de uma análise qualitativa de mapas conceituais.

Na literatura, uma forma de análise de mapas conceituais com uma natureza qualitativa pode ser encontrada em Corrêa (2015), a qual se baseia no

reconhecimento de três padrões estruturais que os mapas conceituais podem ter: *radial*, *corrente* e *rede*, conforme a figura abaixo.

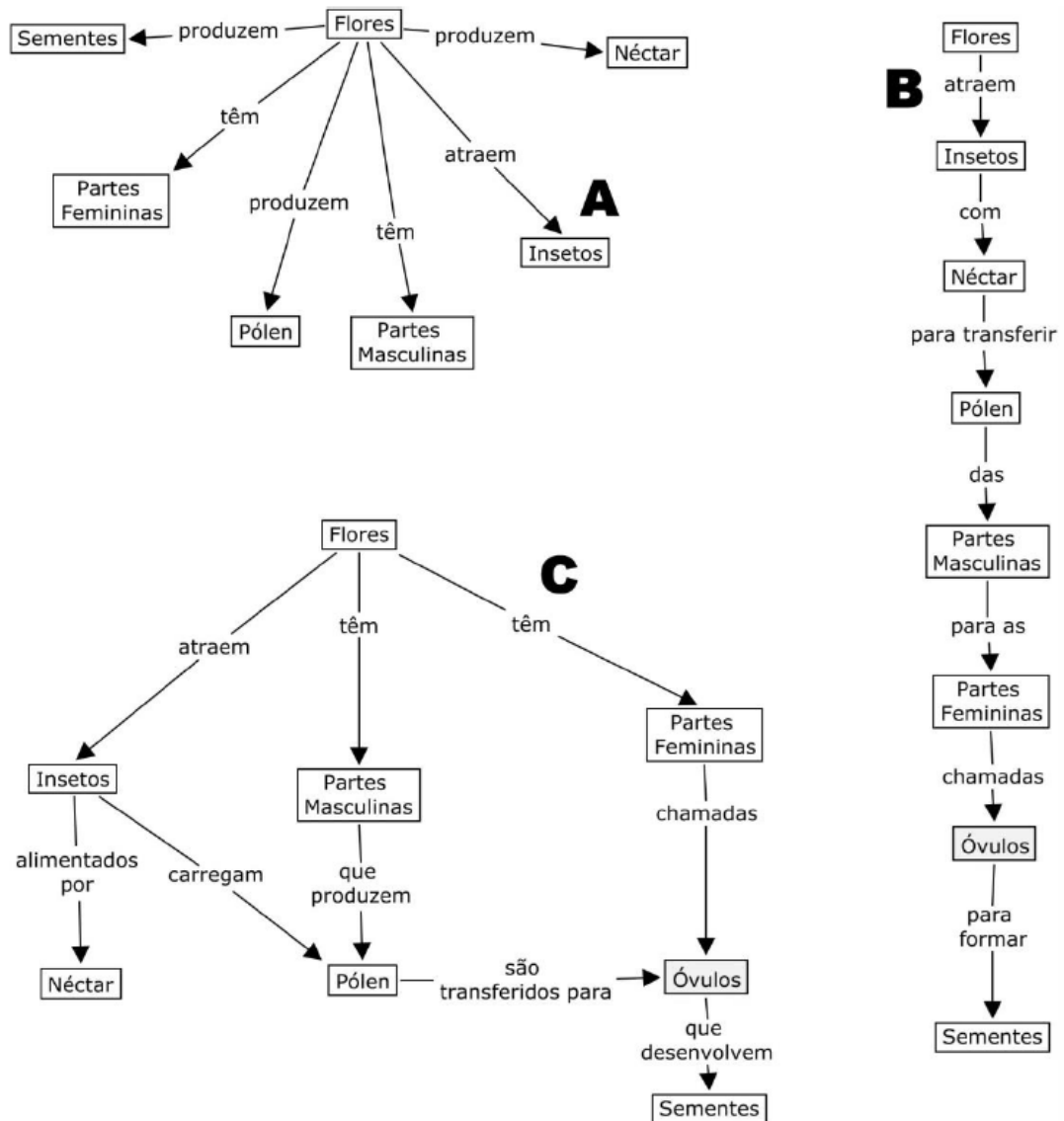


Figura 9 – Exemplos dos três padrões estruturais de mapas conceituais. (A) radial, (B) corrente e (C) rede. Adaptados de Kinchin et al (2000) por Corrêa (2015).

Esses três tipos de mapas conceituais possuem características bem definidas quanto a sua estrutura. O padrão encontrado no mapa A (radial), possui um conceito central e a partir deste surgem os outros conceitos, os quais não apresentam ligações entre si. No mapa B (corrente), os conceitos são organizados em linha, tendo cada novo conceito uma relação com os conceitos anterior e o próximo. No mapa C (rede), há uma estrutura hierárquica dos conceitos que estão conectados entre si e demonstram uma estrutura de conhecimentos mais complexa sobre o

tema. Tais padrões de mapas podem ser utilizados como instrumentos para averiguação da aprendizagem significativa.

A presença de relações cruzadas entre os conceitos representados em um mapa conceitual pode ser interpretada como um indício de uma reconciliação integrativa, pois por definição esse processo envolve a inter-relação de diferentes conceitos. Além disso, conceitos mais inclusivos que possuem um conjunto de outros conceitos, como representado na estrutura de um mapa conceitual com conexões “sequenciais” (presentes nos mapas B e C da figura 9), podem estar associados a uma diferenciação progressiva (CORRÊA, 2015).

Considerando isso, entre os modelos de mapas conceituais apresentados na figura 8, o mapa C (rede) corresponderia a um nível maior de aprendizagem significativa se comparado aos demais mapas, uma vez que possui, ao mesmo tempo, conexões sequenciais que podem se associar a uma diferenciação progressiva e relações cruzadas, que podem indicar uma reconciliação integradora. Na mesma linha, o mapa A (radial) poderia ser considerado como correspondendo a um nível menor de aprendizagem significativa, uma vez que não fornece elementos visuais que permitam inferir sobre a ocorrência de uma diferenciação progressiva ou uma reconciliação integrativa.

Logo, em atividades envolvendo a construção de mapas conceituais pelos alunos, como um recurso auxiliar ao professor na identificação da organização do pensamento destes, uma análise visual dos mapas conceituais desenvolvidos pode ser efetuada pelo professor como uma possibilidade a mais de inferência sobre a aprendizagem dos alunos.

2.3. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)

De acordo com Moreira (2011), uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é um conjunto de instruções para o planejamento didático de atividades a serem desenvolvidas em um conjunto de aulas, visando à aprendizagem significativa. Esse modelo de ensino, proposto por Moreira (2011), busca uma aproximação entre a teoria e a prática no processo de ensino e aprendizagem, através de atividades e/ou materiais que possibilitem ao aluno uma interação com o conceito a ser estudado.

Além das ideias propostas por Ausubel, a UEPS possui elementos teóricos desenvolvidos por outros autores, tais como a teoria dos campos conceituais de

Gérard Vergnaud (1990), as teorias de educação de Novak (1977) e Gowin (1981), assim como a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2005).

A utilização de uma UEPS parte da ideia de modificar o modo como o ensino ocorre tradicionalmente. Esse ensino tradicional refere-se a uma concepção de que o professor detém o conhecimento e apenas o transmite para os alunos, com informações a serem memorizadas, reproduzidas nas avaliações e esquecidas logo após (MOREIRA, 2011).

A utilização da UEPS, que tem como um dos principais referenciais teóricos a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, propõe uma série de atividades potencialmente significativas que deverão contemplar alguns princípios, com o intuito de possibilitar ao aprendiz uma interação significativa dos conceitos trabalhados. Moreira (2011) apresenta alguns destes princípios, entre os quais podemos destacar: o aluno é quem decide se irá aprender significativamente ou não; o conhecimento prévio é o principal componente para a ocorrência da aprendizagem significativa; a relação entre o novo conhecimento e o que já se conhece pode ser feita utilizando-se organizadores prévios; as situações-problema devem possuir um nível de complexidade cada vez maior, e devem estabelecer relações e conexões com o novo conhecimento e, por fim, que a aprendizagem deve ocorrer mais frequentemente de maneira significativa e crítica ao invés da aprendizagem mecânica.

Além desses princípios, Moreira (2011, p. 45, tradução nossa) traz os passos que uma UEPS deve ter:

1. Definir o tópico a ser estudado;
2. Propor situações que permitam averiguar os conhecimentos prévios dos alunos. Essas situações podem envolver uma ou mais atividades (debates, questionários, mapas conceituais);
3. Propor situações-problema em nível introdutório ao tema a ser trabalhado, levando-se em conta o conhecimento prévio do aluno;
4. Após o desenvolvimento das situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser estudado, levando em conta a diferenciação progressiva;
5. Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes do conteúdo a ser ensinado em um nível mais elevado de complexidade em relação à primeira apresentação;
6. Concluir a unidade de ensino, dando prosseguimento ao processo de diferenciação progressiva, retomando os aspectos mais

importantes do conceito em uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo da sua implementação, registrando todos os fatos que possam evidenciar a aprendizagem significativa. Propor novas situações em que os tópicos trabalhados sejam retomados sob uma nova perspectiva, possibilitando captação e/ou transferência de significados;
8. A UEPS só poderá ser considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

Alguns trabalhos encontrados na literatura trazem o desenvolvimento e a aplicação da UEPS como um meio que busca promover a aprendizagem de conceitos, tanto na área da Física, como também nas disciplinas de Química, Biologia e Matemática.

Por exemplo, Lopes (2014) desenvolveu uma UEPS sobre conceitos de eletricidade, tais como diferença de potencial, corrente elétrica e suas aplicações. A UEPS desenvolvida utilizou questionários com o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos, assim como a construção de mapas conceituais durante a realização do trabalho.

Já Schittler (2014) traz uma proposta baseada nas UEPS para o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea como a conservação do momento angular, aspectos do modelo do átomo de Bohr, lasers, quantização de energia, entre outros.

Em um último exemplo, Ribeiro (2014) propõe uma UEPS voltado para cursos básicos de engenharia sobre o cálculo e a representação de forças atuantes em uma partícula no espaço, utilizando o software *Geogebra*.

A elaboração do produto didático apresentado na presente dissertação seguiu as orientações e as ideias envolvidas na elaboração de uma UEPS, assim como os diferentes elementos teóricos associados a ela, que foram apresentados neste capítulo de fundamentação teórica.

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Este trabalho contemplou, assim, a elaboração de uma sequência didática, a qual se constituiu como primeira etapa do que fora desenvolvido. Como uma segunda etapa, ocorreu a implementação da sequência didática em sala de aula. Por fim, na terceira etapa, fez-se uma análise das atividades implementadas, com o intuito de buscar evidências da ocorrência da aprendizagem significativa.

A aplicação da sequência didática, inspirada na ideia de UEPS, ocorreu em uma escola da Rede Particular do Estado de São Paulo, localizada na cidade de Ribeirão Preto (SP), junto aos alunos de uma turma de 1º ano do Ensino Médio. Os alunos realizaram as atividades durante o período normal de aulas, com a supervisão do professor, que mediou as discussões e os temas propostos para cada etapa proposta. Cada atividade realizada teve um formato de registro apropriado, que conteve os principais elementos que foram discutidos ou vistos durante o encontro. Nesse registro, que era feito pelos próprios alunos, eles colocaram seus pontos de vista e opiniões a respeito do conceito de energia e expressavam seus entendimentos pessoais para as situações que eram propostas nas atividades.

A análise do produto didático em cada etapa, e como um todo, se faz necessária devido à complexidade do objeto de estudo. Os processos de ensino e aprendizagem não são triviais e a elaboração de determinadas atividades que num primeiro momento podem ser de extrema relevância para o elaborador, podem ser assumidas pelo público-alvo como tendo pouca importância, não produzindo os efeitos desejados ou ainda produzindo resultados diferentes dos inicialmente esperados.

Dessa forma, durante o desenvolvimento do trabalho proposto, foram coletadas informações que pudessem auxiliar o professor a avaliar os trabalhos elaborados pelos alunos, assim como verificar indícios da ocorrência da aprendizagem significativa. Essa análise teve como elementos norteadores: o registro de aula feito pelo professor, que contém informações relevantes sobre a aplicação da atividade na situação de aula, tais como, aceitação dos alunos, dúvidas, questionamentos; as atividades escritas feitas pelos alunos; assim como os mapas conceituais elaborados por eles.

Com base nesses dados coletados pelo professor, autor da presente dissertação, foi executada a 3ª etapa do trabalho, que corresponde justamente a uma análise da efetividade, em termos de aprendizagem, do produto didático elaborado, uma sequência didática.

4. ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INSPIRADA NA IDEIA DE UEPS

O produto didático elaborado no mestrado profissional se constitui em uma sequência de atividades, a qual foi desenvolvida segundo os princípios e passos de uma UEPS. As atividades propostas e a estrutura básica da UEPS estão representadas na Figura 10.

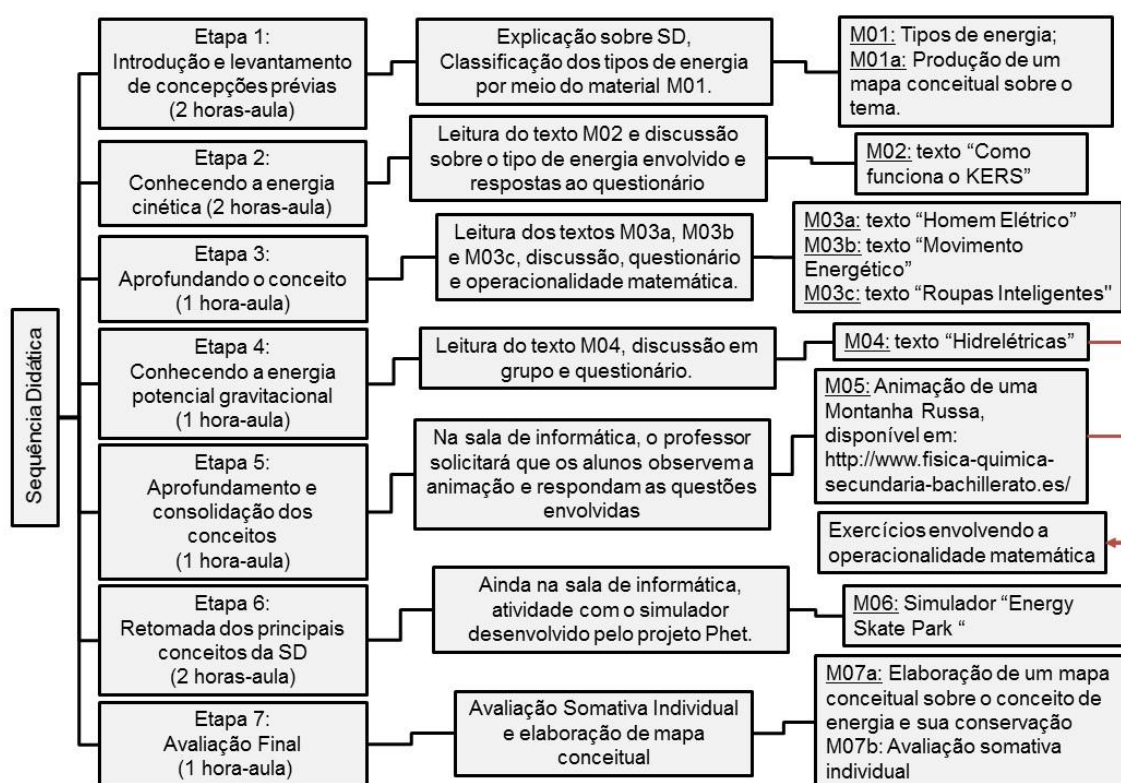


Figura 10 – Estrutura básica da unidade didática elaborada (elaborada pelo autor).

Os códigos indicados como **M_{xy}**, em que **x** e **y** são algarismos, são rótulos para os materiais que são parte integrante do produto didático.

Como ponto de partida, é feita uma análise sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito de energia, por meio da realização de duas atividades. Essa análise permite ao professor uma verificação sobre os aspectos os quais ele deve abordar nas próximas atividades, com a intenção de modificar a compreensão dos alunos. Essa atividade está relacionada ao que Ausubel (1978) define como sendo organizadores prévios, que são materiais introdutórios que podem servir de âncora para a aprendizagem desenvolvendo os subsunçores iniciais, permitindo

assim que a aprendizagem significativa ocorra. Esses organizadores prévios têm como principal finalidade estabelecer uma relação entre o que o aprendiz já conhece e o que ele deve conhecer para conseguir aprender de forma significativa o conteúdo desejado.

A primeira atividade traz uma série de figuras contendo diferentes elementos/situações presentes no nosso cotidiano, para os quais os alunos deverão identificar se há a presença ou não de algum tipo de energia (BARBOSA; BORGES, 2006). Em seguida, os alunos, já familiarizados⁴ com a elaboração de mapas conceituais, deverão construí-lo sobre o tema abordado em sala de aula.

A UEPS propõe também o uso de textos científicos ou de divulgação científica que abordem de alguma maneira os conceitos envolvidos no tema trabalhado. O objetivo da utilização desses textos aliados às questões dissertativas é permitir e verificar se o aluno consegue identificar o conceito trabalhado em sala de aula em outras situações aparentemente sem conexão.

A utilização de animações e simuladores, que permitem observar e manipular objetos virtuais em movimento e verificar a presença ou não da energia mecânica, deve promover ao aluno um maior entendimento do conceito, além de trazer novos significados aos conhecimentos que já possuam.

O passo a passo da UEPS proposta está descrito a seguir, no Quadro 1, assim como as estratégias utilizadas e as atividades desenvolvidas em cada etapa da UEPS. Os materiais utilizados, referenciados por M01, M02 etc., encontram-se no apêndice B. As etapas descritas abaixo foram aplicadas em sala de aula durante o período normal de aulas e, de acordo com as observações, foram sugeridas melhorias ou modificações com intuito de obter um resultado mais satisfatório da atividade.

Quadro 1 – Passo a passo da UEPS

Etapa 1: Atividade Inicial - Introdução e levantamento das concepções prévias

As concepções alternativas sobre o conceito de energia já foram estudadas por diversos autores, como Barbosa e Borges (2006). Nestes estudos, verificam-se que, muitas vezes, os alunos associam energia a objetos em movimento ou em objetos como pilhas, baterias, etc., concepções

⁴ A implementação da sequência didática ocorreu em uma turma que já estava familiarizada com os mapas conceituais, uma vez que atividades envolvendo este recurso haviam sido executadas no início do ano letivo em que se deu a implementação. Sugere-se que, em um momento prévio à implementação da sequência didática, atividades com o uso de mapas conceituais sejam desenvolvidas.

estas que interferem na aprendizagem do conceito e que, portanto, precisam ser conhecidas pelo professor. Considerando isso, na primeira etapa da sequência se prevê uma atividade envolvendo a identificação da presença ou não de algum tipo de energia em diversas situações do cotidiano, atividade esta realizada com base no material M01. Além disso, a etapa envolve uma atividade de produção de um mapa conceitual.

Etapa 2: Situação Problema I – Conhecendo a energia cinética

Através da leitura de um texto, os alunos serão levados a discutir e a conhecer a Energia Cinética através do funcionamento do KERS (Material M02), dispositivo utilizado em carros de *Fórmula 1* que transforma parte da energia cinética em energia elétrica, que é armazenada em uma bateria, permitindo ao piloto um acréscimo de potência durante uma ultrapassagem. Os alunos deverão também responder um questionário baseado no texto.

Etapa 3: Situação Problema II – Aprofundando o conceito

Novamente há uma atividade envolvendo a leitura de pequenos textos (M03), o qual trata de pesquisas sobre roupas especiais contendo pequenos geradores elétricos, que permitem aproveitar a energia do movimento a partir de sua transformação em energia elétrica. Após a leitura, os alunos responderão algumas perguntas e, como uma atividade optativa, poderão fazer um novo mapa conceitual sobre o conceito de energia.

Etapa 4: Aprofundando e consolidando conhecimentos I – Conhecendo a energia potencial gravitacional

Apresenta-se nesse momento um novo texto (M04), o qual explicita algumas das principais características presentes em uma hidrelétrica. Esse texto tem por finalidade permitir uma discussão sobre a relação entre o potencial em ocorrer um movimento de um corpo em função de sua altura com relação ao solo. Essa discussão, espera-se, culminará com a apresentação da energia potencial gravitacional, quando este possui determinada altura em relação a um nível. Ao final da atividade, também há a presença de um questionário no qual os alunos deverão refletir e, se possível, identificar a energia cinética no funcionamento da hidrelétrica.

Etapa 5: Aprofundando e consolidando conhecimentos II – Montanha Russa

Esta atividade consiste em observar uma animação de uma montanha russa na qual os conceitos de energia potencial gravitacional e cinética são abordados através de gráficos em barra. No desenvolvimento da atividade, os alunos deverão responder um questionário (M05) sobre as situações observadas na animação e sobre a percepção da conservação da energia mecânica.

Observação: Ao final de cada uma das etapas 3, 4 e 5, propõe-se a realização de atividades envolvendo a representação e operacionalidade matemática das energias cinética e potencial gravitacional, assim como sobre a sua conservação. Para tal, se reserva cerca de 1/3 do período da aula para a resolução e discussão de problemas matemáticos.

Etapa 6: Aprofundando e consolidando conhecimentos III – Simulador

Em seguida, considerando os conceitos de transformação de energia mecânica, os alunos deverão realizar atividades (M06) utilizando o simulador "Energy Skate Park", com base em desafios que norteiam o uso do simulador. Entre esses desafios, estão alguns relacionados com: as condições para executar um *looping*, a comparação das velocidades dos skatistas, o que ocorre quando a massa é alterada, a influência do atrito, entre outras.

Etapa 7: Avaliação

Após a realização das atividades descritas acima, é aplicada uma avaliação formal e os alunos elaboram um novo mapa conceitual (M07) sobre energia e sua conservação. A partir da avaliação formal e do novo mapa conceitual, em conjunto com as demais atividades avaliativas executadas ao longo da sequência didática, se busca verificar se houve ou não uma aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados.

Os materiais utilizados durante a aplicação da UEPS, além de um roteiro direcionado ao professor são disponibilizados, na íntegra, no Apêndice.

4.1. PRINCIPAIS RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS NA UEPS

No presente subtópico, são apresentados os principais recursos utilizados na UEPS. Os recursos e as atividades que são parte da sequência didática foram selecionados ou elaborados de modo a atender os passos de uma UEPS, conforme descritos no tópico 2.3. Seguindo esses passos, as atividades possuem uma justificativa para a ordem que foram apresentadas aos alunos.

Segundo Moreira (2011), o primeiro passo de uma UEPS é definir o tópico a ser estudado. Devido a percepção do professor, em anos anteriores, da dificuldade dos alunos em compreenderem de maneira satisfatória o conceito de energia mecânica e sua conservação, foram elaboradas atividades que pudessem diminuir tal dificuldade.

A utilização dos mapas conceituais possibilita que o aluno manifeste os seus conhecimentos sobre o tema a ser estudado. Isso permite ao professor adequar as atividades, buscando maneiras de relacioná-las com os possíveis subsunçores já existentes nos alunos. Aliado aos mapas conceituais, são desenvolvidas atividades baseadas no uso de textos curtos com resumos de reportagens e questionários. Esses textos, que além de serem apresentados e lidos, são alvo de discussão, têm por finalidade introduzir e/ou problematizar o conceito a ser estudado de forma não-litera e não-arbitrária. A Figura 11, a seguir, apresenta um trecho de um dos textos

elaborados e também algumas das perguntas que eram respondidas pelos alunos após a leitura e análise do texto.

Como funciona o KERS

Há alguns poucos anos, a Fórmula 1 apresentou uma nova tecnologia, que, teoricamente, torna os carros mais ecologicamente corretos. O Sistema de Recuperação de Energia, ou KERS, é um dispositivo usado para converter parte da energia desperdiçada nas frenagens em energia de tipos mais úteis, que então pode ser utilizada para aumentar a potência dos carros.

Parece bastante complicado, mas não é. A física básica do KERS é explicada em quase todas as escolas de ensino médio. Quando você dirige seu carro nas ruas e freia, a maior parte dessa energia é convertida em calor (é por isso que os carros rápidos precisam manter seus freios frios). Na maioria dos carros, a energia em forma de calor é desperdiçada, mas em um veículo equipado com o KERS, não é o caso. Quando o piloto freia, a maior parte da energia ainda é convertida em calor, mas uma parte é tratada de maneira diferente e armazenada no carro.

...

Questionário

1) Qual a origem da energia armazenada no KERS ?

2) Quais os tipos de energia envolvidos na utilização do KERS?

...

Figura 11 – Trecho do texto sobre o funcionamento do KERS e perguntas

Outras atividades, que também são baseadas em textos curtos, propõem situações nas quais o conceito visto anteriormente aparece de uma maneira diferente e aparentemente sem conexão com a situação anterior. A elaboração desta atividade teve o intuito de promover o processo de diferenciação progressiva, pois permite ao aluno agregar conhecimentos mais específicos a um conceito mais amplo. A Figura 12 traz um exemplo de um desses textos, assim como as questões a ele relacionadas:

Homem elétrico

Já pensou se, um dia, existissem aparelhos capazes de gerar energia elétrica a partir dos movimentos naturais do nosso corpo? Pois o que há alguns anos parecia improvável está para se tornar realidade. Cientistas da Simon Fraser University, do Canadá, desenvolveram uma tecnologia que produz energia a partir do movimento dos joelhos. O aparelho coleta a energia do final da passada, quando os músculos estão trabalhando para desacelerar o movimento da perna – mais ou menos como fazem os carros híbridos que retiram energia de suas freadas.

...

Roupas inteligentes

Já pensou em vestir uma camisa ou um vestido capaz de gerar energia para carregar seu aparelho de MP3? É isso que engenheiros da Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos, conseguiram inventar. Eles criaram nanogeradores capazes de produzir energia a partir de esforços mecânicos. Em seguida, inseriram esses dispositivos na base das fibras do tecido, fazendo o movimento da roupa gerar eletricidade. Esses nanogeradores são 100 vezes mais finos do que um fio de cabelo e possuem um décimo da largura das fibras têxteis convencionais.

...

Questionário

- 1) Quais as formas de produção de energia nos dispositivos apresentados nos textos?
- 2) Você conhece algum outro equipamento que seu funcionamento está baseado nas mesmas ideias?

...

Figura 12 – Trecho dos textos e perguntas

Entre os tipos de recursos utilizados no desenvolvimento da UEPS, há as animações e os simuladores computacionais. O principal objetivo na utilização desses recursos está associado à visualização de fenômenos relacionados com os conceitos que eram vistos, até o momento, em uma forma descritiva, ainda que mediante o uso de representações visuais. Embora relacionados a situações práticas, como tais conceitos são tratados, até então, principalmente com o uso de textos, os alunos apenas eram incentivados a pensar nos fenômenos, não os visualizando. A visualização de representações dinâmicas de situações envolvendo

os fenômenos estudados é possível em um outro momento da sequência didática, com o uso das animações e simuladores.

Em uma atividade, com o uso de uma animação que traz uma representação do movimento em uma montanha-russa, retomam-se os conhecimentos estudados anteriormente numa situação que agrega os dois tipos de energia (cinética e potencial) e também que contém um maior nível de complexidade em relação às primeiras atividades. A Figura 13 traz uma tela capturada da animação.

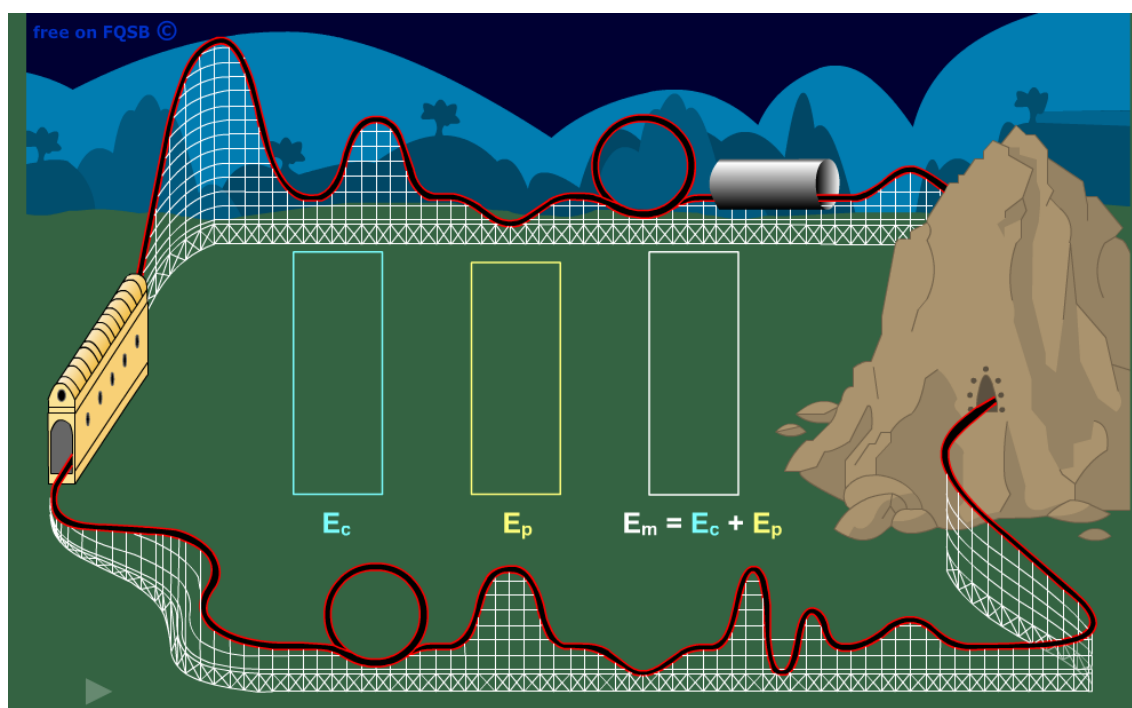


Figura 13 – Animação Montanha-Russa (disponível em <http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/energia_potencial_cinetica_mecanica.htm>. Acesso em 17 ago 2015).

Já em outra atividade, baseada no uso do simulador “Energy Skate Park”, desenvolvido pelo PhET, são retomados os conhecimentos discutidos anteriormente e também são propostos novos desafios para os alunos. A intenção com esses desafios é verificar se os alunos conseguem relacionar o que observam utilizando os conceitos de transformação de energia, promovendo assim a reconciliação integradora dos conceitos estudados. A Figura 14 mostra uma tela capturada do simulador utilizado na atividade.



Figura 14 – Simulador "Energy Skate Park" (desenvolvido pelo Phet).

Conforme pode ser observado no Apêndice B, outros recursos foram definidos, ocupando papéis bem específicos nas atividades. Cada um dos recursos foi selecionado ou elaborado atendendo objetivos pedagógicos que, em geral e conforme já destacado, estão relacionados com os passos de uma UEPS. O que apresentamos no presente subtópico são alguns dos principais recursos utilizados e os tipos de recursos utilizados.

5. RELATOS E ANÁLISES DA IMPLEMENTAÇÃO

A UEPS elaborada, a qual foi descrita no capítulo anterior, foi aplicada no final do segundo bimestre de 2015 com alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola particular na cidade de Ribeirão Preto, SP. Apesar de a escola possuir um material apostilado para o desenvolvimento dos conteúdos programáticos para o ensino médio, a coordenação e a direção escolar apoiaram a ideia de desenvolver um trabalho diferenciado com os alunos, mesmo que eventualmente isso pudesse ocasionar um atraso no cumprimento do conteúdo pré-estabelecido pelo material didático. O apoio da coordenação escolar resulta do perfil que a escola possui, no sentido de promover um ensino diferenciado para todos os alunos, com a realização de atividades interdisciplinares, culturais e sociais, e não alienada ao cumprimento do currículo escolar a qualquer custo. Além disso, para os alunos que eventualmente tenham um histórico escolar com dificuldades, frequentemente, durante o processo de ensino e aprendizagem, são oferecidas atividades extras, adaptadas no intuito de contribuir para o crescimento intelectual do aluno.

Um aspecto que vale destacar, antes mesmo da descrição da implementação, é o fato de que, na escola, os alunos apresentam grande assiduidade, o que contribuiu para o desenvolvimento da UEPS de forma satisfatória. Se durante o desenvolvimento do trabalho, houvesse muitas faltas de alunos, estes poderiam perder o interesse por atividades futuras e não compreenderiam a próxima atividade em sua plenitude, o que prejudicaria a análise da potencialidade da UEPS.

5.1. CONTEXTO DA IMPLEMENTAÇÃO

O presente trabalho, conforme descrito acima, foi desenvolvido em um colégio particular do município de Ribeirão Preto, SP. Apesar de a escola ter iniciado suas atividades com educação há mais de 40 anos, o ensino médio teve início apenas em 2011. Anteriormente, a escola trabalhava apenas com turmas de berçário, educação infantil e ensino fundamental I e II, turmas estas que ainda fazem parte do escopo escolar.

Não somente por ter iniciado os trabalhos com o ensino médio recentemente, mas também pela estrutura física das salas de aula, que não comportam um número muito grande de alunos, as turmas do ensino médio possuem poucos alunos.

No ano de 2015, a escola possuiu apenas três turmas de ensino médio (uma turma para cada série) sendo o autor deste trabalho o professor da disciplina de Física em todas as turmas. A turma do 1º ano do ensino médio, em que ocorreu a implementação da UEPS elaborada, possuía oito alunos, sendo quatro meninos e quatro meninas. Destes alunos, um menino e três meninas já estudavam na escola no ano anterior, onde concluíram o ensino fundamental II. A aplicação da UEPS ocorreu durante o horário regular escolar.

O horário escolar semanal possui 3 aulas de Física de 40 minutos cada para o 1º ano do ensino médio. As aulas eram divididas em dois dias, sendo um dia com aula dupla e outro com uma aula simples. Dessa forma, algumas atividades foram realizadas utilizando a aula dupla, deixando para a aula simples as atividades menores, discussões sobre a atividade anterior, ou ainda a operacionalização matemática das situações envolvidas.

Para que a implementação da UEPS pudesse ocorrer de forma linear, não sendo necessário retomar ou interromper as atividades propostas, durante o 1º semestre letivo, antes da implementação da UEPS, foi apresentado o conceito de mapa conceitual aos alunos, bem como ocorreu a realização de atividades de elaboração de alguns mapas conceituais, com o intuito de familiarizá-los com este recurso. Desse modo, no momento da implementação da UEPS, os alunos já sabiam como elaborar e utilizar um mapa conceitual sobre o tema energia. Embora durante essa instrução prévia tenha sido utilizado o software *Cmap* (IHMC, 2014) para construção dos mapas conceituais, durante as atividades que compõe a UEPS, os mapas conceituais foram elaborados pelos alunos em papel.

5.2. RELATO E ANÁLISE GERAL DA IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS

No relato aqui apresentado, nos dedicamos a expor somente aqueles momentos que envolvem a discussão conceitual e o uso dos recursos e atividades diferenciados. Neste sentido, os momentos de operacionalidade matemática, que serviram de complemento e de apoio à formalização dos conceitos, não serão detalhados aqui, exceto quando relacionados com a avaliação somativa final.

A seguir, apresentamos um relato da implementação, segundo as etapas da UEPS elaborada.

Etapa 1 (2 horas-aula)

Momento 1

Neste primeiro encontro, foi explicado aos alunos como funcionariam as atividades de forma geral, sem que se detalhassem os conceitos ou atividades, porém esclarecendo a eles os objetivos dessas atividades, assim como a forma de avaliação a que eles seriam submetidos. Em seguida, estabeleceu-se a conversa inicial sobre o tema energia e suas diversas formas e maneiras que a podemos encontrar no nosso dia a dia. Conforme os alunos iam mencionando os tipos de energia que conheciam, estes eram anotados no quadro. Após essa primeira atividade, foi solicitado que os alunos elaborassem um mapa conceitual sobre o conceito *Energia*, que deveria ser entregue na aula seguinte. Uma análise dos mapas conceituais é apresentada no tópico 5.2.

Momento 2

Na segunda aula, foi desenvolvida uma atividade a qual envolveu o Material 01 (M01), no qual era solicitado aos alunos discutir sobre a presença ou não de energia em diversas situações representadas por figuras. Os alunos deveriam ainda justificar e identificar qual o tipo de energia envolvido nas figuras. Para essa atividade, os alunos foram divididos em grupos, com o intuito de estimular a interação entre eles e um processo de aprendizagem colaborativa, promovendo ainda um engajamento e evitando possíveis “desânimos” caso algum aluno não conseguisse identificar um determinado tipo de energia para uma ou mais situações apresentadas. No início da primeira aula, foi explicado aos alunos que as atividades envolvidas nas primeiras duas aulas visavam identificar o que eles pensavam e conheciam e, desse modo, não se exigiam respostas corretas. Foi explicitado ainda que as respostas fornecidas ajudariam o professor no desenvolvimento das atividades, uma vez que um dos objetivos destas era permitir obter algumas informações que facilitariam o tratamento dos conceitos envolvidos, o que inclui o que os alunos já sabiam.

O Quadro 2 abaixo traz as principais respostas dos grupos de alunos para as situações apresentadas, agrupadas por tipos de energia que eles identificaram em cada situação. Nesta atividade, que se baseava no material M01 disponível no apêndice B, havia 21 situações, representadas por figuras e numeradas de [1] a [21]. Com os alunos divididos em grupo, foi solicitado que, para cada uma das situações,

eles indicassem ou não a presença de energia, identificando ainda o tipo de energia associada. Os números indicados no Quadro 2 a seguir, se referem à numeração das figuras conforme o material disponibilizado. Assim, o quadro contém as categorias elaboradas pelos alunos para as situações representadas por figuras, assim como as situações (indicadas pelos números) que possuíam aquele tipo de energia.

Quadro 2 – Resposta dos alunos - Atividade M01

Categoria	Figuras indicadas pelo Grupo 1⁵	Figuras indicadas pelo Grupo 2⁶
Energia Cinética	[5], [8], [11], [13], [17]	[5], [8], [11], [13], [17]
Energia Gravitacional	[10], [12]	[10], [12], [16]
Energia Solar / Térmica	[18], [7]	[18], [7]
Energia Nuclear / Iônica	[6], [15]	[6], [15]
Energia Sonora	[1]	[1]
Energia Elétrica	[2], [4], [19], [21]	[4], [19], [21]
Não Possui	[3], [9], [11], [12], [14], [16], [20]	[2], [3], [14], [20]
Energia Elástica		[9]

Durante a realização dessa atividade, surgiram os termos “energia cinética” e “energia gravitacional” devido a presença de um aluno que estava cursando o 1º ano do ensino médio pela segunda vez (veio de outra escola). Devido a esse fato, e por ser uma turma pequena e a atividade ser em grupo, houve mais de um aluno que escreveu os termos energia cinética e gravitacional, ainda que para os alunos muitos destes termos não possuíssem ainda um significado claro. Isso se tornou aparente especialmente nas discussões envolvidas na atividade.

Analisando as respostas dos alunos na atividade baseada no uso do material M01, podemos observar que para a figura indicada com o número 3 em tal material, que representa uma plataforma de petróleo, não houve a atribuição de algum tipo de energia envolvida. O resultado nos chama a atenção, uma vez que é bem possível que os alunos já tivessem, em anos anteriores, estudado sobre combustíveis

⁵ Grupo 1 formados pelos alunos: 1, 2, 3 e 4

⁶ Grupo 2 formados pelos alunos: 5, 6, 7 e 8

fósseis. Esse fato nos permite inferir a não atribuição de um significado muito claro para o que se estudou em anos anteriores sobre o conceito de combustíveis fósseis.

Na mesma linha, podemos inferir a não atribuição de um significado muito claro, para outros conceitos que teriam sido alvo de estudos prévios, para um caso em que o grupo 1 optou por não preencher os tipos de energia para as figuras indicadas com os números 9, 11 e 12 do material estudado, figuras estas que representavam, respectivamente, uma bola presa a uma mola pendurada ao teto, engrenagens e o Sistema Terra-Lua.

Outro fato que vale ser destacado está na identificação, pelo grupo 2, do tipo de energia presente nas figuras de número 9 e 17 do material, as quais representavam, respectivamente, uma bola presa a uma mola pendurada ao teto e um arqueiro puxando uma flecha em um arco. O grupo 2, atribuiu como sendo a energia elástica na situação representada na figura de número 9 do material utilizado, porém não identificou o mesmo tipo de energia envolvida na situação representada na figura de número 17 no material. Tal fato pode ser explicado, primeiro, devido ao aluno que já havia cursado o 1º ano do Ensino Médio ter uma vaga lembrança do conceito e, segundo, por esta lembrança envolver somente um fenômeno/situação que pode ter sido discutido, sem que o conceito tenha sido estendido a outras situações. Isso também nos permite inferir que possa ter havido um estudo anterior sem que se tenha construído um significado muito claro para o conceito, no caso, o conceito de energia elástica.

A figura de número 14 que representa uma estátua, presente no material, foi interpretada pelos alunos como não possuindo energia. Possivelmente, isso ocorreu pela estátua ser um objeto imóvel: para os alunos, por não haver movimento, não deveria possuir energia. O mesmo acontece para a figura de número 16, que representa uma esfera parada sobre a mesa, em que um dos grupos (grupo 1), não indicou a existência de algum tipo de energia associada. Em ambos os casos, podemos inferir que os alunos reconhecem a existência de uma energia de forma associada exclusivamente à existência de algum movimento.

Por fim, destaca-se ainda o fato da figura de número 20, que representa um prato contendo algum tipo de alimento, ter sido indicada por ambos os grupos como não possuindo uma energia associada. Tal resultado não atendeu a uma expectativa inicial de que fosse fornecida alguma resposta do tipo “energia do alimento”, posto que o conceito de energia associado a alimentos é bastante frequente no cotidiano

dos alunos, estando presente, por exemplo, em propagandas e reportagens sobre alimentos.

Etapa 2 (2 horas-aula): Situação problema I

Momento 1

Foi entregue aos alunos o material M02, contendo o texto sobre o KERS, com base nele, os alunos, após a leitura, deveriam responder as perguntas que eram apresentadas no próprio material, logo abaixo do texto.

Algo relevante que vale ser destacado é que, nesta atividade, tornou-se aparente uma preocupação dos alunos em buscar fornecer uma resposta correta esperada pelo professor. Em um diálogo que se estabeleceu após a leitura do texto, a todo momento os alunos questionavam se o que eles iriam responder estava certo ou não. Em outras palavras, antes de inserir qualquer resposta no material escrito, os alunos buscavam uma aprovação de suas possíveis respostas, de modo que não obtivessem uma “avaliação negativa” na atividade. Dessa forma, foi necessária novamente uma explicação sobre quais eram os objetivos das atividades que estavam sendo desenvolvidas e de que, naquele momento, não importava se a resposta estava correta ou não, mas, sim, que eles deveriam se preocupar unicamente em explicitar claramente como compreendiam o que era questionado. Foi comentado, também, mais uma vez, que eventuais erros na análise ou sobre o tipo de energia envolvida seriam corrigidos posteriormente pelo professor.

Diante do que foi observado, podemos refletir sobre a dificuldade na inovação didático-pedagógica, que, muitas vezes, é vista desde a ótica da ação do professor, mas raramente se observa a partir das ações dos alunos. Na situação presenciada e acima descrita, foi possível perceber um receio por parte dos alunos com relação a uma mudança nas práticas recorrentes em sala de aula, em específico sobre a avaliação. Esta é vista, inclusive pelos alunos, como uma forma de categorizar o que os alunos respondem unicamente como certo ou errado, e não como uma forma de permitir o reconhecimento do que precisa ser melhor discutido, revisado e/ou aprofundado.

Uma vez que ficou claro aos alunos os objetivos da atividade, estes registraram suas respostas. Tal atividade foi realizada em duplas.

Quando questionados sobre a origem da energia armazenada pelo KERS, os alunos apresentaram respostas como:

“Energia desperdiçada nas frenagens em energia de tipos mais úteis, que pode ser utilizada para aumentar a potência dos carros” (Alunos 3 e 4).

“A origem é a energia desperdiçada” (Alunos 1 e 2).

Já quando questionados sobre os tipos de energias presentes na situação, foram fornecidas respostas como:

“ Energia Cinética e Térmica” (Alunos 5 e 6, 7 e 8).

Analisando as respostas elaboradas pelos alunos, podemos inferir que possivelmente houve um entendimento adequado do texto apresentado. Vale destacar que o texto original, no qual nos baseamos para a elaboração do texto utilizado na atividade, continha o termo ‘energia cinética’. Tal termo, no entanto, foi retirado na elaboração do material utilizado na atividade, com a intenção de provocar uma curiosidade nos alunos sobre o tipo de energia que estava sendo tratado na situação. Devido ao fato de um dos alunos já ter visto o conceito no ano anterior, em todas as respostas fornecidas à segunda pergunta, havia a indicação da energia cinética. Como boa parte dos alunos não conheciam ainda essa forma de energia, é possível também que parte das indagações sobre responder certo ou errado que ocorreram no encontro vieram justamente por esse motivo: alguns alunos ouviram a resposta de outros colegas da turma, incluindo o que já havia estudado o conceito, mas não sabiam do que se tratava, não tendo condições de reconhecer como algo certo ou errado.

Um último ponto que vale ser destacado é que, nesta atividade, também não surgiram respostas que imaginávamos que poderiam aparecer, tais como sobre os tipos de energias envolvidos fossem algo como “energia do carro”, “energia dos motores”, etc.

Momento 2

Na quarta aula, foi retomado o texto utilizado na aula anterior e, durante uma conversa inicial, foi pedido aos alunos que explicassem a origem da energia armazenada no KERS. Novamente, devido à presença de um aluno que já havia estudado o tema, surgiu como resposta a energia cinética. A partir de um diálogo com a turma, foi explicado que de fato se tratava da energia cinética, a qual eles se referiam. Em seguida, questionou-se se tal energia poderia ser, de algum modo, representada por uma expressão matemática. Neste sentido, a retomada do texto

utilizado na aula anterior e a discussão valorizando aquilo que era colocado pelos alunos, direcionaram a uma formalização matemática e conceitual de energia cinética. Posteriormente, foram realizados alguns exercícios sobre energia cinética, de modo que os alunos pudessem familiarizar-se com o formalismo matemático envolvido, incluindo o reconhecimento das grandezas e suas unidades.

Etapa 3 (1 hora-aula): Situação problema II

A etapa 3 ocorreu quase duas semanas após a aula 2, havendo, neste intervalo, as férias escolares. Apesar de a escola permitir a realização do desenvolvimento deste trabalho, devido ao estabelecido no regimento interno da escola, os alunos não poderiam terminar o semestre sem a aplicação de provas e simulados. Com isso, a atividade teve que ser interrompida por um período. De certa forma, a pausa na continuidade do trabalho dificultou o desenvolvimento das atividades.

No início da quinta aula, ocorrida no retorno das férias escolares, foi entregue o material M03, que consistia em um compilado de três textos sobre energia cinética e sua transformação em energia elétrica. Nessa etapa, a ideia era aprofundar o conhecimento até então construído sobre o conceito de energia cinética. Pelo fato de a atividade ocorrer após as férias, percebeu-se um pouco de dificuldade nos alunos em relacionar esse texto com o anterior e apenas alguns alunos identificaram a energia cinética como a fonte geradora da energia elétrica. Com isso, foi necessário dedicar parte da aula a uma recapitulação do que havia sido discutido nas atividades até então.

Outro problema que foi identificado estava relacionado com o enunciado de uma das questões que era parte do material M03, que sucedia a leitura dos textos. O enunciado da questão dizia: *“Quais as formas de produção de energia nos dispositivos apresentados no texto?”*.

Os alunos inicialmente interpretaram a questão como se essa estivesse solicitando que fosse indicado um tipo de energia diferente para cada um dos textos e, deste modo, não buscavam efetuar uma relação entre a presença de um mesmo tipo de energia em diferentes situações. No entanto, durante a própria discussão entre os alunos, que foi facilitada pela atividade ter sido realizada em grupos, alguns deles reconheceram que se tratava de um mesmo tipo de energia, afirmando que “é

só energia cinética” nas situações, ainda que outros tenham mantido em seus discursos a necessidade de identificar um tipo de energia diferente em cada texto.

As respostas fornecidas foram:

“Energia cinética é gerada do corpo em movimento e as vibrações pelo banco do carro em movimento” (Alunos 2 e 8).

“Cinética [sic], gera energia através do movimento dos joelhos”

“Cinética [sic], gerada pela vibração de uma superfície como o banco do carro em movimento”

“Cinética [sic], causada pela roupa em movimento” (Aluno 6).

“No primeiro texto a produção de energia se dá a partir do movimento da caminhada. No segundo texto, ocorre por meio das vibrações da força mecânica. O terceiro também é por meio de nanogeradores, a partir de esforços mecânicos” (Alunos 4 e 7).

Uma vez identificado um problema na interpretação da questão, optamos por modificá-la na versão final da sequência didática, a qual é apresentada no apêndice da presente dissertação. A pergunta foi modificada para: *“Há uma forma de energia comum nos 3 textos. Qual é e como está envolvida em cada situação?”*.

Como resposta para a segunda questão, que questionava se os alunos conheciam algum equipamento que teria seu funcionamento baseado nas mesmas ideias, o KERS, que havia sido tratado no texto utilizado na atividade anterior, foi mencionado por parte dos alunos. Isso ocorreu apesar da pausa no desenvolvimento das atividades ocasionado pelo período de férias. Alguns dos alunos, no entanto, pensaram em equipamentos que geram energia elétrica, por exemplo, capas de celular e placas solares. As respostas apresentadas pelos alunos são indicadas a seguir:

“KERS, que é utilizado nos carros de F1” (Alunos 2, 5, 6 e 8).

“Sim, capinha de celular que carrega o celular através da energia solar. Placas solares que aquecem a água através da energia solar” (Alunos 1, 3, 4 e 7).

Algo que vale ser destacado é que, durante a aula, foi possível perceber que poucos alunos recordaram, em um primeiro momento, do KERS tratado no texto anterior. No entanto, o fato de as atividades serem realizadas em grupos permitiu que, a partir da interação entre os alunos, muitos recordassem da atividade anterior. Tal aspecto revela a importância das interações em sala de aula, o que é

potencializado pela escolha didática envolvida, de desenvolver a maioria das atividades em grupos.

Etapa 4 (1 hora-aula): Aprofundando e consolidando conhecimentos I

Para a atividade desenvolvida na sexta aula, foi entregue o material M04, que contém informações sobre o funcionamento e estrutura de uma hidrelétrica. A leitura do texto permitiu aos alunos identificarem os tipos de energia e as transformações envolvidos em uma hidrelétrica: a transformação da energia potencial gravitacional da água em energia cinética e, posteriormente, em energia elétrica.

Nessa situação, o termo *energia potencial gravitacional* aparecia no próprio texto, o que de certa forma facilitou a identificação, por parte dos alunos, da atuação de tal tipo de energia na situação apresentada. Quando questionados sobre os tipos de energia presentes na situação apresentada no texto, os alunos apresentaram as seguintes respostas, que apesar de sucintas, indicavam claramente o que se pedia:

“Energia Potencial gravitacional, elétrica e cinética” (Alunos 1, 3, 4 e 7).

“Energia potencial gravitacional, energia elétrica, energia cinética, energia mecânica” (Alunos 2, 5, 6 e 8).

Já quando questionados sobre a importância da queda d’água na geração de energia, os alunos não conseguiram relacionar adequadamente com o conceito de energia potencial, o que evidencia que a simples leitura do material não era suficiente para a compreensão do conceito. No entanto, observando-se as respostas dos alunos 2, 5, 6 e 8, nota-se que houve uma percepção da ocorrência de uma transformação de um determinado tipo de energia em outro, no caso, como descrito pelos alunos, da transformação da energia cinética em elétrica. Em parte, esses alunos conseguiram identificar uma das transformações de energia que ocorrem em uma usina hidrelétrica. Contudo, esperava-se que os alunos identificassem o armazenamento de energia potencial gravitacional devido a presença da barragem e posteriormente a transformação dessa energia potencial em cinética e, por conseguinte, em elétrica. As respostas dos alunos para essa pergunta estão transcritas a seguir:

“A queda d’água é importante para auxiliar a produção de energia” (Alunos 1, 3, 4 e 7).

“A queda d’água move as pás da turbina transformando energia cinética em elétrica” (Alunos 2, 5, 6 e 8).

De modo semelhante, em uma terceira questão que acompanhava o texto, que solicitava a indicação do motivo de boa parte da energia elétrica produzida no Brasil ser proveniente de hidrelétricas, os alunos se restringiram a responder um trecho curto presente no texto:

“Devido a sua enorme quantidade de rios” (Todos os alunos).

Com relação a esta questão, a resposta dos alunos pode indicar uma busca, no texto, por possíveis respostas literais a uma pergunta e, ao mesmo tempo, pode indicar uma falta de um conhecimento mais elaborado sobre as características geográficas das regiões brasileiras e a localização das hidrelétricas. Os alunos ficaram restritos ao indicado no texto, não trazendo, por exemplo, comentários sobre o relevo, que poderia ser associado à energia potencial. Posteriormente, em uma conversa com a professora da disciplina de Geografia, constatou-se que na época em que a atividade foi realizada os alunos ainda não haviam estudado as características do relevo brasileiro.

De modo geral, as repostas fornecidas nesta atividade foram pouco profundas. De todo modo, era planejada uma discussão conjunta com a turma, o que ocorreu, para melhor elucidar o conceito de energia potencial gravitacional, o que culminaria com sua formalização matemática. Na aula, a discussão conjunta foi especialmente útil para permitir que os alunos avançassem mais em suas explicações.

Etapa 5 (1 hora-aula): Aprofundando e consolidando conhecimentos II

Conforme o planejamento da atividade, inicialmente foi apresentada aos alunos uma animação computacional que representa o movimento em uma montanha-russa, já destacada no capítulo 4 deste texto. Devido aos computadores disponíveis no laboratório de informática da escola não estarem funcionando corretamente, optou-se pela apresentação da animação em sala pelo professor com auxílio de um projetor. Durante a apresentação, era solicitado aos alunos que observassem o que ocorria durante o trajeto. A animação foi repassada pelo menos mais duas vezes, de modo a permitir que os alunos pudessem observar o movimento e os gráficos associados, representados na animação.

Em seguida, foi pedido aos alunos que identificassem os tipos de energia que atuavam na situação representada. Todos os alunos indicaram a Energia Cinética e a Energia Potencial:

“Energia Cinética e Potencial” (Todos os alunos).

Já em relação à segunda questão, que solicitava que fosse indicada o que acontecia com as energias durante o trajeto, os alunos apresentaram algumas respostas interessantes. Destaca-se ainda que, apesar da atividade ter sido realizada em grupo, alguns alunos optaram por responder de maneiras diferentes o que observaram na animação. Alguns exemplos das respostas obtidas são apresentados a seguir:

“Elas variam de acordo com o trajeto” (Aluno 6).

“As energias variam, quando está no ponto mais alto da montanha a energia potencial aumenta, e a cinética abaixa” (Alunos 3, 4 e 7).

“No que uma [energia] aumenta, a outra diminui, exceto na primeira subida” (Aluno 5).

“Quando a bolinha está mais alta na montanha, a energia potencial é maior, quando ela está descendo [sic] a cinética é maior” (Aluno 8).

Vale destacar que, apesar de alguns alunos indicarem uma relação entre a variação das energias cinética e potencial, inclusive indicando uma relação também com a altura, não há uma explicação mais explícita indicando uma conversão entre os tipos de energia. No entanto, a pergunta foi elaborada de modo que os alunos efetuassem uma leitura da animação percebendo alguma variação das energias em meio a uma situação dinâmica, o que de fato ocorreu conforme pode ser observado nas respostas obtidas.

A terceira questão solicitava aos alunos que indicassem como seria o trilho da montanha russa em uma parte oculta do trajeto, devido a existência de um túnel. Uma vez que, na animação contínua, o carrinho passa rapidamente pelo túnel, para que os alunos respondessem a questão, a animação foi passada “quadro a quadro”, no intervalo em que o carro da montanha russa, representado por um ponto, passava pelo interior do túnel. Durante as discussões para responder à questão, foi possível perceber que os alunos reafirmavam o que haviam observado ao responder a questão anterior, ou seja, que as energias cinética e potencial variavam ao longo do trajeto percorrido pelo carrinho. Após discutirem em grupo, a partir do gráfico

indicado na animação que mostrava um aumento da energia potencial gravitacional, os alunos concluíram que se tratava de um trecho com acive.

A questão solicitava como resposta que fosse feito um esquema representando o trilho dentro do túnel. Além disso, no momento da atividade, foi solicitado que o desenho fosse justificado com uma explicação.

Um exemplo de resposta fornecida pelos alunos é apresentado na Figura 15, a seguir:

3) O trilho dentro do túnel é um pouco mais elevado, fazendo com que a energia potencial aumente.



Figura 15 – Representação do trilho no túnel e justificativa do Aluno 4

Na sequência da aula, em continuação à análise da animação, foi pedido aos alunos que observassem um terceiro gráfico de coluna, além dos gráficos de energia cinética e energia potencial, o qual possuía como identificação o rótulo (*Em*). No diálogo que se estabeleceu, várias suposições foram colocadas pelos alunos sobre o que seria o *Em*. Algo que ficou claro para os alunos, no decorrer das discussões guiadas pelo professor, é que o gráfico rotulado como *Em* representava uma soma da energia cinética e potencial. A partir dessa constatação, o professor identificou o gráfico como associado ao conceito de *Energia Mecânica*. Em seguida, somente após a explicação e ao analisarem e observarem novamente o gráfico, os alunos perceberam que a soma não se alterava, ou seja, após o início da descida do carrinho, a energia mecânica se mantinha constante, variando apenas as parcelas que faziam parte de sua totalidade e que eram representadas por outros gráficos.

A forma como foi elaborada e executada a atividade, baseando-se em uma análise de um movimento associado a representações gráficas, mostrou-se como potencial e, de forma efetiva, colaborou para a formalização do conceito de energia

mecânica e de conservação de energia mecânica. Deste modo, conforme foi possível perceber nos diálogos com os alunos, estes reconheceram que a energia mecânica se conserva ao longo do movimento, apenas havendo uma variação nas formas de energia que a compõem (cinética e potencial).

Etapa 6 (2 horas-aula) – Retomada dos principais conceitos da UEPS

A penúltima atividade era baseada no uso do simulador “Energy Skate Park”, produzido pela Phet. Nessa etapa, os alunos deveriam cumprir uma série de desafios propostos.

A implementação da atividade foi dificultada por problemas de natureza técnica. Devido aos computadores, presentes na sala de informática da escola, apresentarem muitos problemas, foi verificada a necessidade de os alunos trazerem seus próprios *notebooks* para realizarem a atividade. Como a atividade também seria desenvolvida em grupos, uma quantidade de quatro computadores seria suficiente.

No dia da atividade, os alunos levaram quatro notebooks. No entanto, três deles não possuíam o Java instalado ou atualizado, o que impedia a execução do simulador. Foi preciso, então, atualizar/instalar o *Java* nos computadores para que a atividade pudesse prosseguir. Essa atualização levou cerca de 20 min, atrasando e diminuindo o tempo de realização da atividade e dos desafios.

Durante a atualização do *Java* observaram-se algumas características dos alunos com relação à interação entre eles e a tecnologia. Muitos afirmaram não “saber do que se tratava esse tal de *Java*”, enquanto outros diziam ter “ouvido falar”. Tal fato, evidencia que apesar de os alunos nessa faixa etária estarem muito conectados ao mundo digital, é comum encontrarmos apenas “usuários” desse mundo virtual, onde eles apenas utilizam algumas ferramentas que estão disponíveis, por exemplo, as redes sociais, jogos *on-line*, entre outros, não conhecendo de fato as possibilidades e termos específicos relacionados com um *software* que utilizam.

Outro fator importante ocorreu no momento em que o simulador foi aberto e solicitou-se que os alunos seguissem o roteiro disponível. Uma das primeiras atividades era para “conhecerem” o aplicativo, alterando e modificando alguns parâmetros. Nesse momento, eles utilizaram a opção “espaço” disponível no simulador, que por sua característica lúdica acabou por restringir o “conhecer o

aplicativo”: os alunos acabaram permanecendo apenas nessa opção e não alterando mais nenhum outro parâmetro. Com isso, foi preciso chamar a atenção para que não utilizassem essa opção por enquanto e voltassem a seguir o roteiro para completar a atividade. Além disso, apesar de ter sido requisitado, os alunos não trouxeram *mouse*, o que dificultava a manipulação e modificação dos trechos da pista.

Pelos problemas ocorridos ao longo da aula, percebeu-se a necessidade de reservar um tempo maior para o desenvolvimento dessa atividade. Como exemplo, na atividade que possuía um total de 13 desafios que foram definidos de modo promover uma maior sistematização dos conceitos, os alunos discutiram/realizaram apenas cinco desafios. A Figura 16, a seguir, apresenta alguns alunos executando o simulador e efetuando as anotações referentes aos desafios que eram propostos.

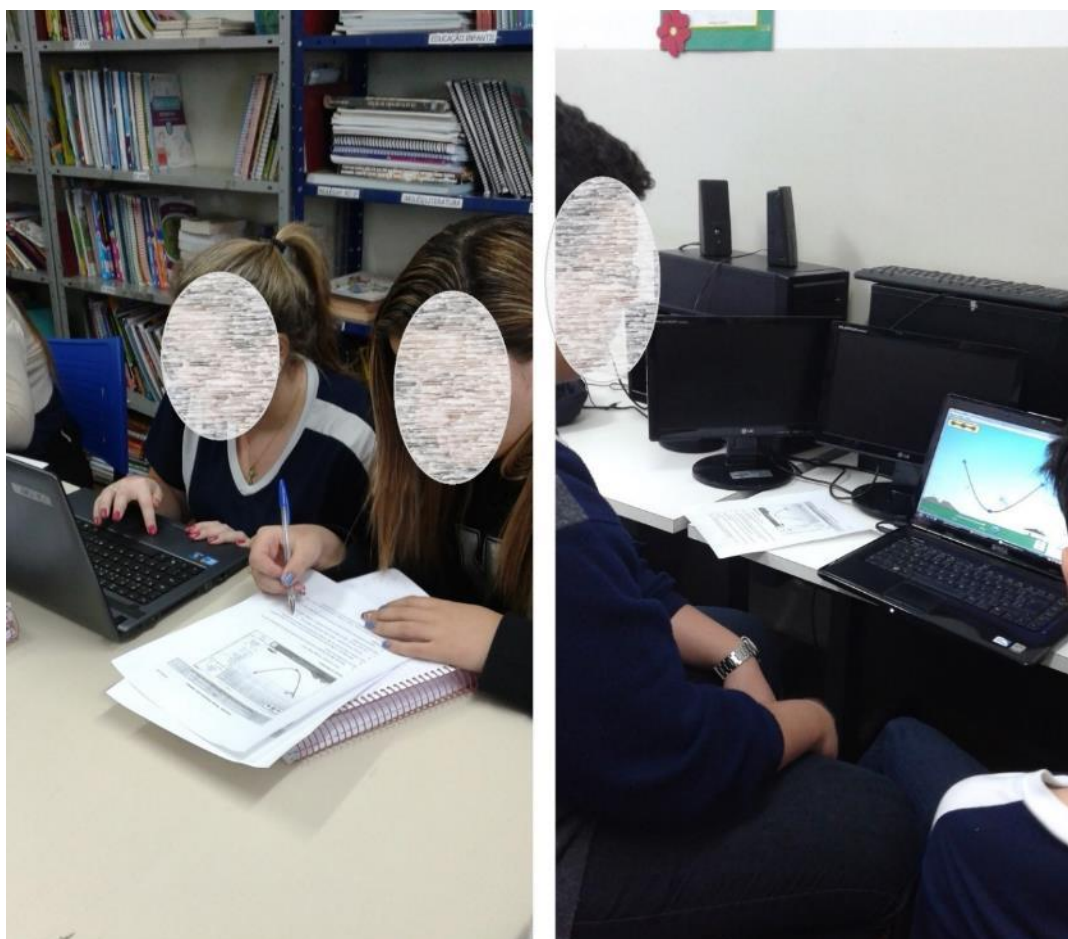


Figura 16 – Alunos desenvolvendo atividade com o uso do simulador

Com a limitação do tempo, para dar continuidade à atividade, permitindo que os outros desafios fossem explorados, solicitou-se aos alunos que tentassem pensar/executar os desafios restantes em casa. Isto também se mostrou pouco efetivo, pois como parte dos alunos havia utilizado durante a atividade em sala o

computador de outros, os que não haviam levado os próprios computadores alegaram, na aula seguinte, que não tinham conseguido executar o *software* em casa. Dessa forma, os desafios tiveram que ser retomados na aula seguinte, ocupando o período todo de uma aula, que ainda incluía discussões conjuntas que eram previstas de modo a permitir uma reconciliação integradora dos diferentes conceitos tratados.

A atividade em questão possuía muitos passos para serem feitos e envolvia uma questão técnica, a instalação e uso do *Java*, que acabou por requerer um tempo razoável. Sendo assim, levando-se em consideração o tempo necessário para que os alunos conheçam o *software* e consigam trabalhar com as atividades propostas, colocamos como uma possibilidade o desenvolvimento da atividade em duas horas-aula, sendo uma destinada à configuração e à familiarização com o *software* e outra dedicada à realização das tarefas e desafios.

Etapa 7 (1 hora-aula): – Avaliação Somativa e Elaboração de um mapa conceitual

Devido ao regimento interno escolar, os alunos durante o bimestre letivo necessitam realizar avaliações mensais e bimestrais. Como o próprio modelo de UEPS inclui a aplicação de uma avaliação pontual, a qual pode ser utilizada na atribuição parcial da nota, a última etapa envolveu uma avaliação somativa, além de uma atividade de elaboração de mapas conceituais. Tais avaliações finais permitiram averiguar indícios da aprendizagem significativa, seja através de exercícios que relacionem os conceitos estudados em situações diferentes das anteriores, como por meio da externalização a partir dos mapas.

Um detalhamento dos resultados obtidos nessas avaliações é apresentado no tópico 5.3, que segue.

5.3. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM – ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS E AVALIAÇÕES

Como parte da avaliação final, foi solicitado aos alunos que fizessem um novo mapa conceitual envolvendo o conceito de energia e sua conservação. Essa atividade foi solicitada ao final da aula anterior, para que fosse realizada em casa pelos alunos.

Os alunos entregaram os mapas conceituais e, para facilitar a leitura, aqueles apresentados neste capítulo foram refeitos digitalmente com o auxílio do *software Cmap*. Os originais constam no anexo. Os mapas não terão a identificação do aluno que o fez, sendo apenas identificado por “aluno 1”, “aluno 2” e assim por diante. A análise deles foi feita de maneira qualitativa de acordo com o proposto por Kinchin et al (2000), conforme mencionado no item 2.2.1. Baseado nos padrões estruturais descritos, os mapas conceituais foram categorizados em 3 tipos:

- Radial: os conceitos relacionam-se a um conceito mais geral e central, não tendo relações cruzadas entre si.
- Corrente: os conceitos são organizados em linha, relacionando-se exclusivamente com o conceito anterior e o próximo.
- Rede: Há uma estrutura hierárquica dos conceitos com relações cruzadas e mais complexas sobre o tema.

Embora os alunos tenham conforme mencionado anteriormente, realizado atividades prévias envolvendo a construção de um mapa conceitual, os alunos ainda estavam aprendendo a elaborá-los. Por isso, durante a realização da atividade, alguns elementos teóricos que constituem os mapas conceituais não foram seguidos a rigor. Sendo assim, a rigor, as elaborações dos alunos não correspondem a mapas conceituais, mas, sim, a representações neles inspirados. Por esse motivo, optamos neste capítulo por nos referirmos às elaborações dos alunos somente como “mapas” e não como “mapas conceituais”,

Os mapas elaborados pelos alunos no início da aplicação da UEPS possuem um padrão estrutural do tipo radial e corrente, não sendo verificada neste momento, nenhuma ocorrência de relações cruzadas entre os conceitos.

Devido ao fato de a atividade envolvendo a construção dos mapas iniciais ter sido realizada em casa, alguns alunos trouxeram elementos que possivelmente eles não conheciam, por exemplo, alguns tipos de energia relacionados com fontes de geração de energia. Isso ocorreu ainda que, no momento em que a tarefa foi proposta aos alunos, tenha sido explicado que eles não deveriam consultar qualquer tipo de material, por exemplo, livros, sites de busca, entre outros. Dessa forma, o levantamento das concepções prévias sobre o conceito de energia ficou prejudicado, uma vez que os alunos apresentaram conceitos que provavelmente não correspondiam ao que realmente conheciam. Alguns exemplos desses mapas são apresentados a seguir:

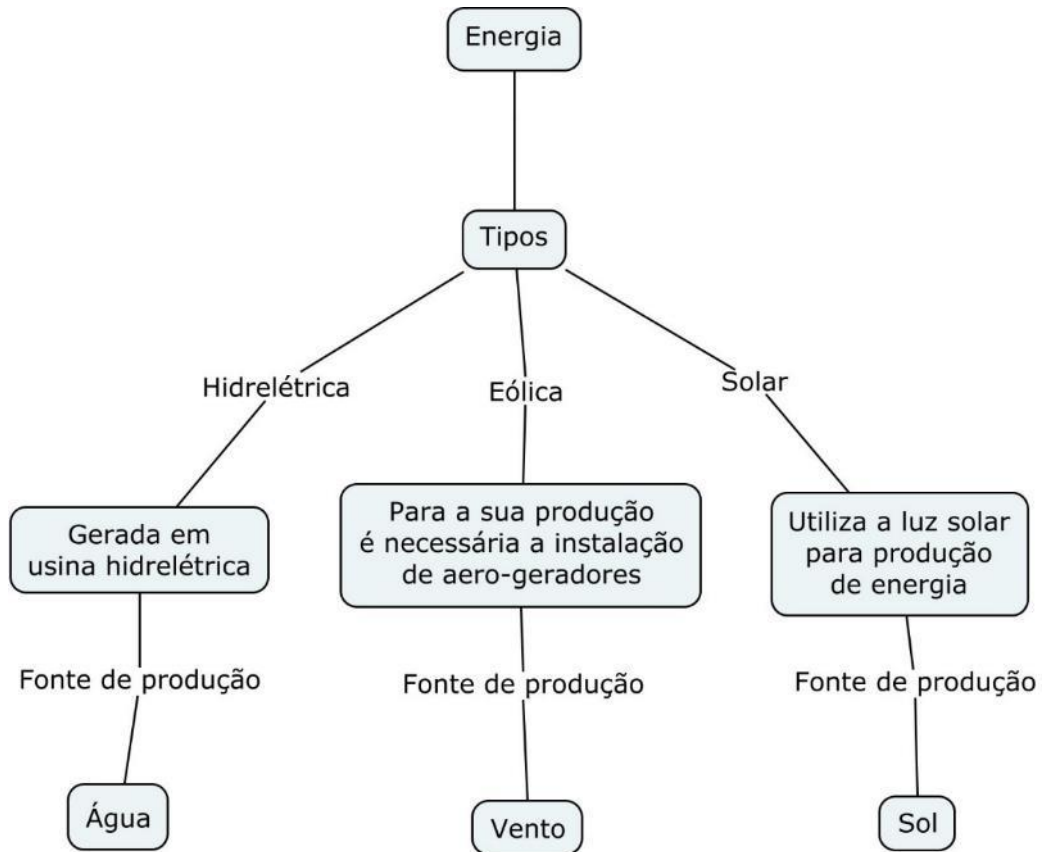


Figura 17 – Mapa inicial do aluno 4, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

Analisando o mapa apresentado na Figura 17, elaborado pelo aluno 4, observamos principalmente um padrão estrutural do tipo radial, no qual um conceito mais central é conectado aos outros conceitos, sem que esses possuam conexões entre si. Este tipo de construção costuma ser frequente, já que inicialmente os alunos têm a percepção da existência de várias formas de energia diferentes entre si.

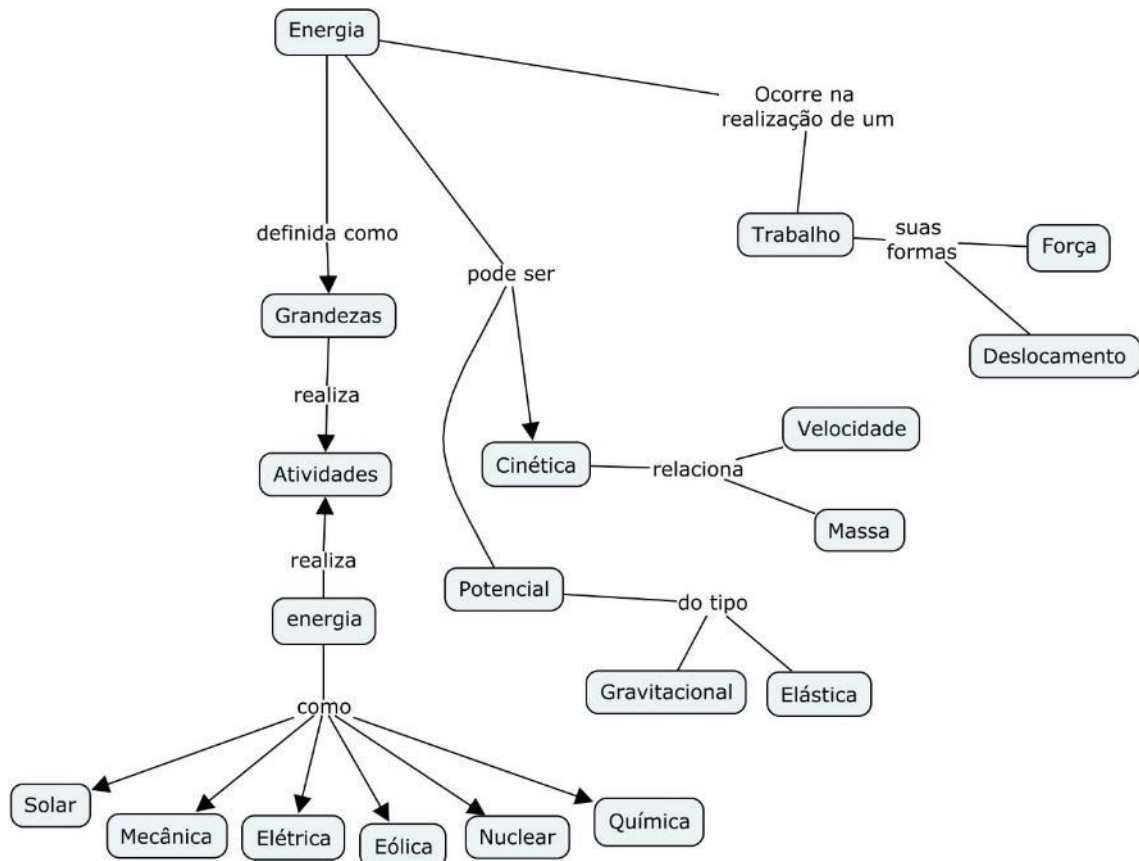


Figura 18 – Mapa inicial do aluno 7, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

O mapa da Figura 18, elaborado pelo aluno 7, possui um padrão estrutural que alterna entre os tipos radial e corrente. Nesse mapa, é possível observar um maior número de “tipos” de energia distintos, incluindo a energia mecânica e potencial. Muito provavelmente, o aluno, ao realizar a tarefa de elaboração do mapa, procurou auxílio em livros e/ou internet, uma vez que durante o desenvolvimento da atividade com o material M01, o aluno não citou a energia cinética para as figuras representadas na primeira atividade, tais como as figuras [5], [8], [13], por exemplo, e utilizando termos como “energia para correr”, “energia para pedalar”.

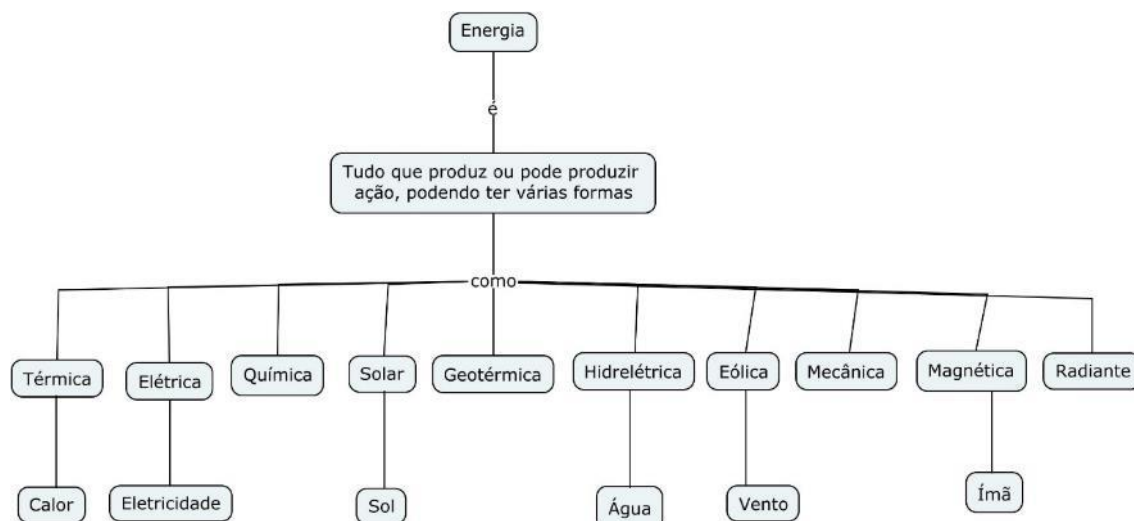


Figura 19 – Mapa inicial do aluno 1, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

O mapa da Figura 19, elaborado pelo aluno 1, possui um padrão estrutural alternante entre os tipos radial e corrente, prevalecendo o padrão radial. Da mesma maneira que o aluno 7, provavelmente ao elaborar o mapa, o aluno procurou auxílio em livros e/ou internet, uma vez que aparecem termos isolados sobre os tipos de energia, por exemplo, “geotérmica” ou “radiante”, sem nenhuma conexão com algum exemplo que lhe seja familiar (algo que se percebe para as energias térmica e eólica, por exemplo).

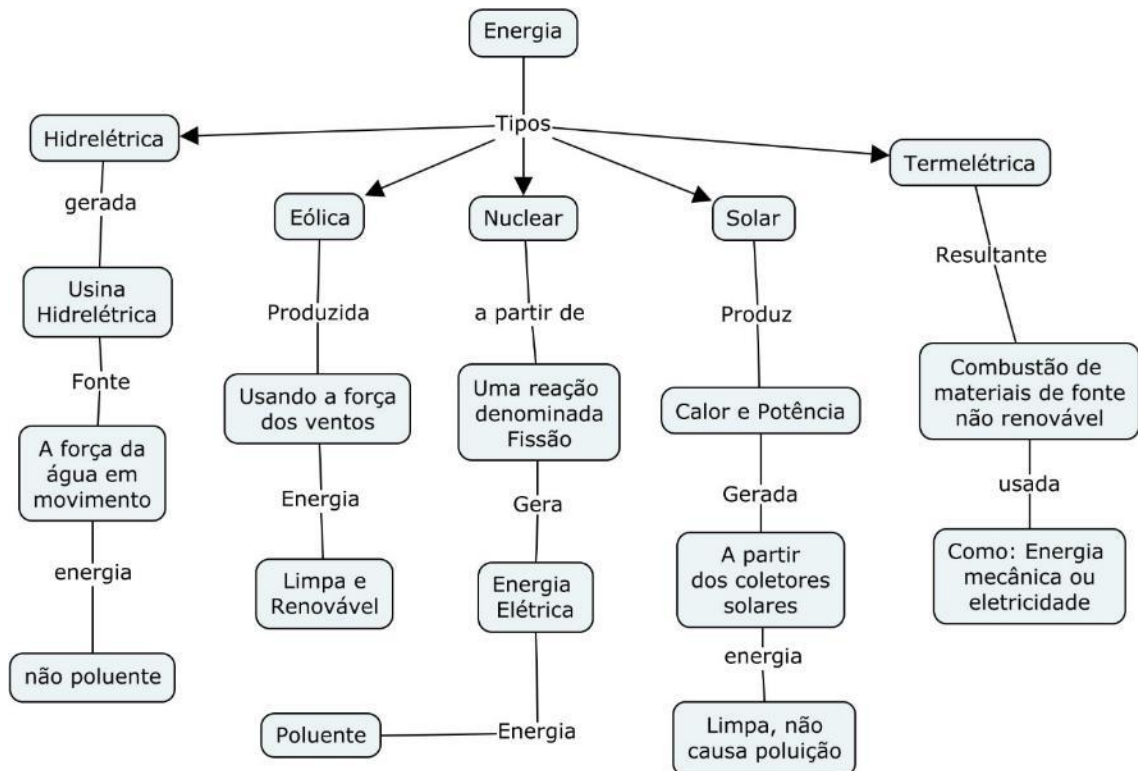


Figura 20 – Mapa inicial do aluno 3, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

Analisando o mapa da Figura 20, elaborado pelo aluno 3, identificamos um padrão estrutural que se alterna entre o radial e corrente, tendo mais conexões no padrão corrente. Ele traz alguns aspectos relacionados ao cotidiano e a notícias veiculadas na imprensa sobre os tipos de energia citados, tais como “energia renovável”, “energia limpa”, as vantagens e desvantagens, entre outros aspectos.

Ao final da aplicação das atividades descritas na UEPS, na etapa 7, foi solicitado aos alunos que elaborassem um novo mapa sobre o conceito de energia e sua conservação. A realização dessa atividade possibilitou ao professor averiguar se houve indícios da ocorrência da aprendizagem significativa e/ou avanços no entendimento do conceito estudado. Alguns dos mapas elaborados na etapa 7 são apresentados a seguir:

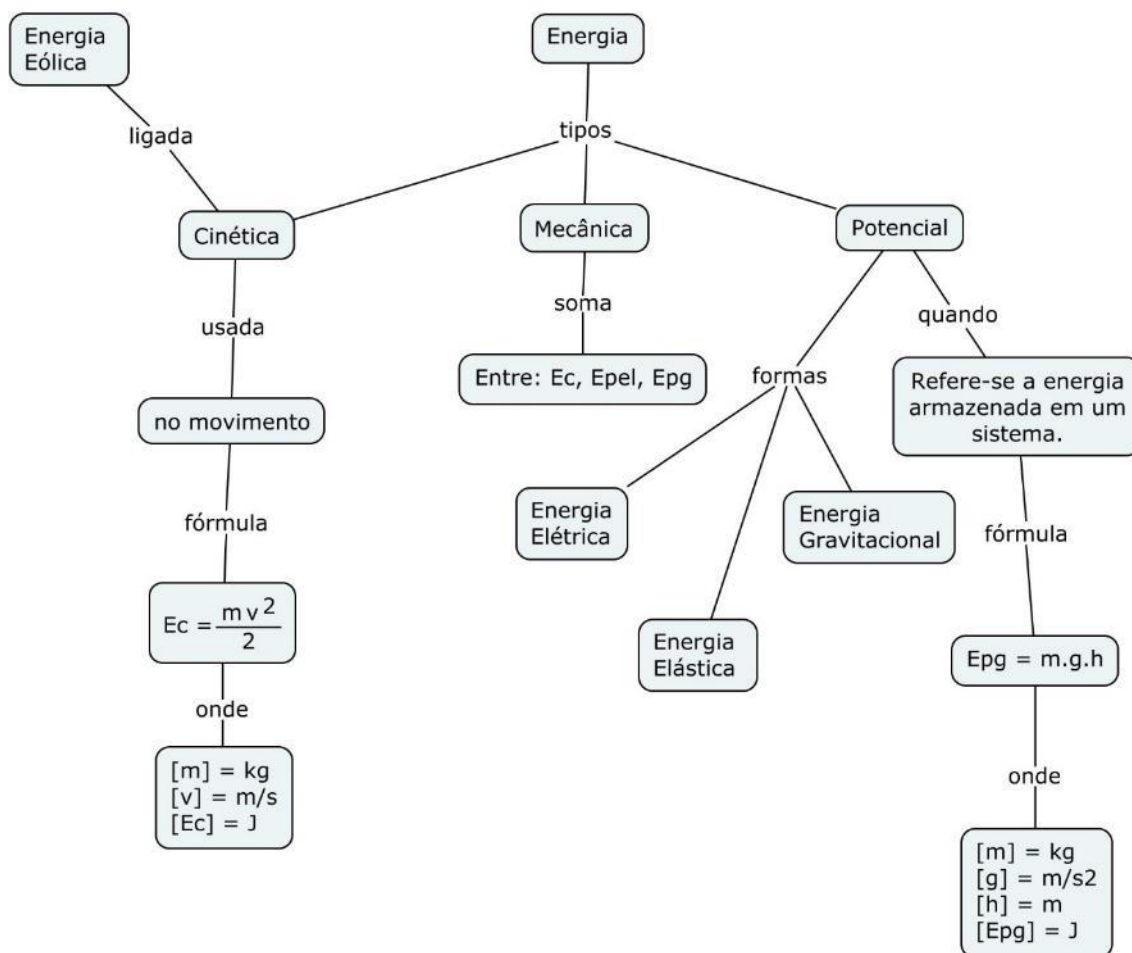


Figura 21 – Mapa final do aluno 3, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

Analisando o mapa da Figura 21, desenvolvido pelo aluno 3, observamos que o padrão estrutural se alterna entre os tipos radial e corrente, mantendo praticamente o mesmo padrão do mapa conceitual feito inicialmente. No entanto, é possível verificar também que há um aumento no número de conexões entre os conceitos e que o aluno enfatizou a energia mecânica, suas formas, expressões matemáticas e unidades, excluindo ao mesmo tempo outros tipos de energia que inicialmente havia colocado. Há também uma conexão entre energia cinética e eólica e também entre energia potencial e suas formas: elétrica, gravitacional e elástica, que pode ser interpretado como uma forma de aprendizagem superordenada, uma vez que o novo conceito agrega os subsunçores já existentes no aluno.

Destaca-se que, apesar de a UEPS não conter nenhuma atividade sobre a energia potencial elástica, o conceito foi apresentado aos alunos após a

formalização do conceito de energia mecânica e sua conservação, motivo pelo qual tal tipo de energia potencial aparece no mapa elaborado pelo aluno.

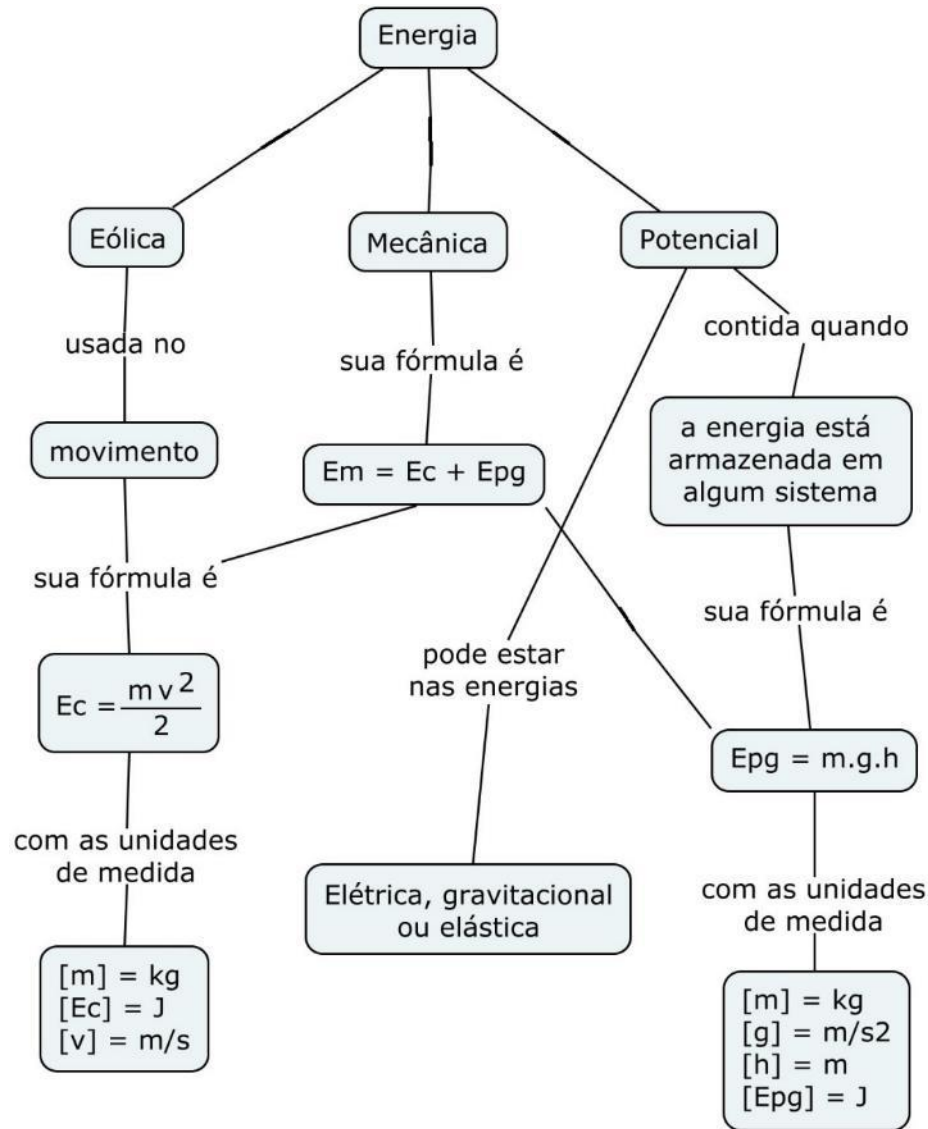


Figura 22 – Mapa final do aluno 7, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

O mapa final da Figura 22, elaborado pelo aluno 7, possui um padrão estrutural que está entre os tipos radial e corrente. O aluno também enfatizou as expressões matemáticas e suas unidades para a construção do mapa. Nota-se também duas relações cruzadas envolvendo os tipos de energia, apesar de existirem inconsistências, por exemplo, a diferenciação entre energia mecânica, eólica e potencial como sendo subtipos do conceito mais amplo Energia, sem que a potencial esteja de alguma forma subordinada à energia mecânica. É possível observar também um indício da ocorrência da reconciliação integradora uma vez

que conceitos dispostos nas colunas das extremidades do mapa estão associados ao conceito de energia mecânica, representado na coluna do meio:

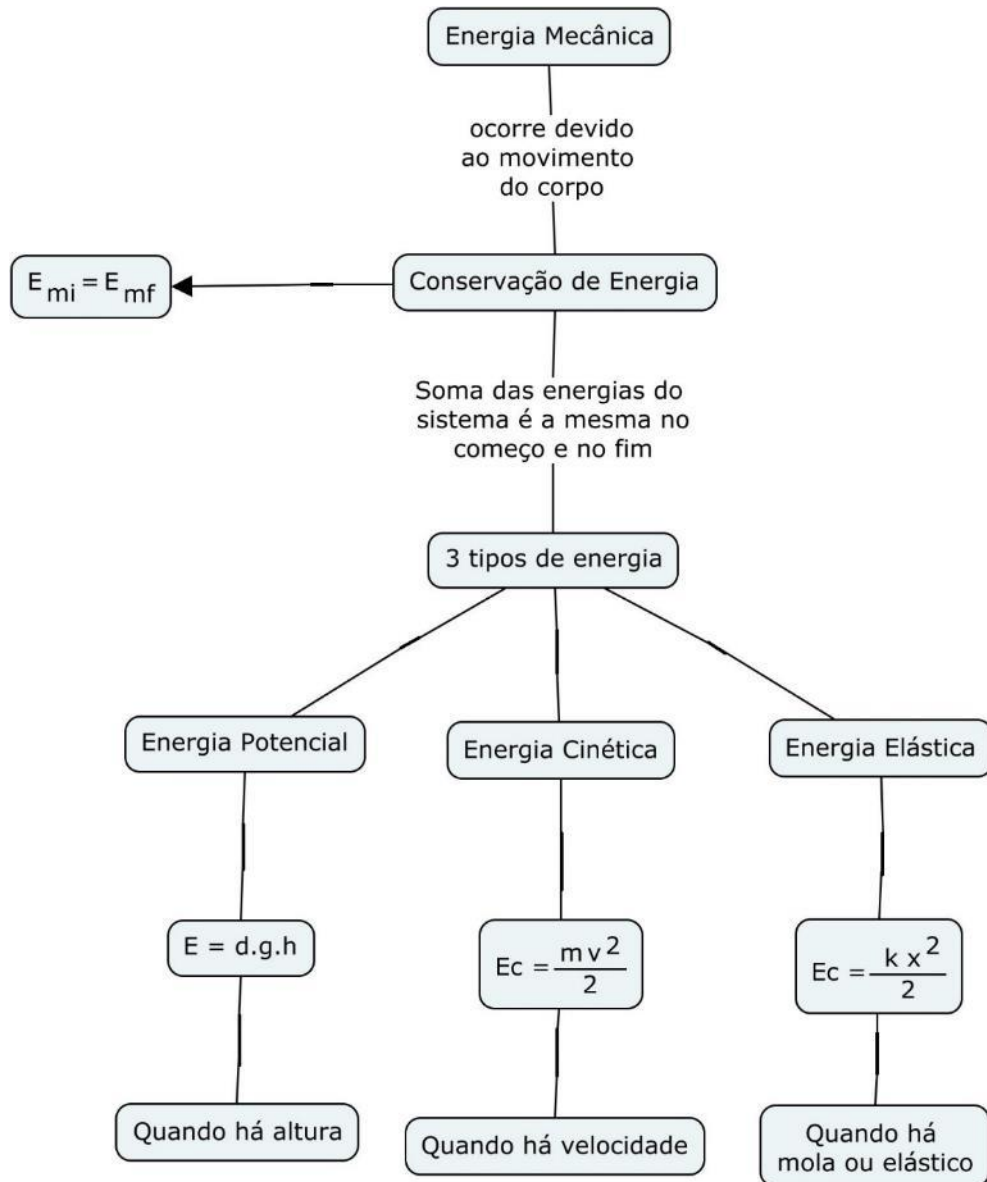


Figura 23 – Mapa final do aluno 4, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

Analisando o mapa final da Figura 23, elaborado pelo aluno 4, é possível observar que o padrão estrutural se alterna entre os tipos radial e corrente, assim como ocorreu no mapa inicial. Também não há relações cruzadas entre os conceitos. No entanto, o aluno traz o conceito da conservação de energia mecânica, que não havia sido mencionado no mapa anterior. Um erro conceitual também aparece na expressão matemática da energia potencial, em que no lugar de 'm' aparece 'd'. É possível que o aluno tenha apenas feito uma confusão ao elaborar o

mapa e ao invés de referenciar a massa de um corpo, colocou a letra d , que tradicionalmente representa a densidade de um corpo.

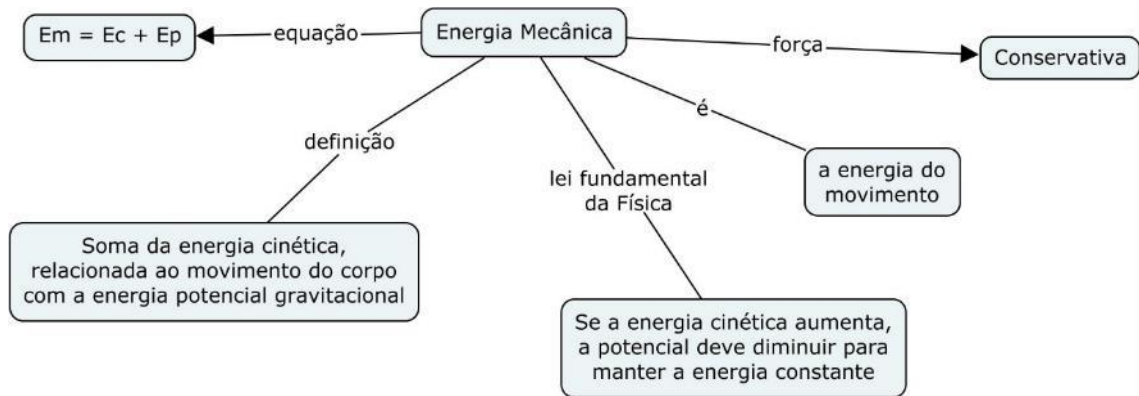


Figura 24 – Mapa final do aluno 8, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

O mapa da Figura 24, desenvolvido pelo aluno 8, possui um padrão do tipo radial, sem que haja a conexão com outros conceitos. No entanto, o aluno estabelece nos tópicos escritos os conceitos envolvidos, por exemplo, na definição de energia mecânica. O aluno também comete um equívoco ao descrever a energia mecânica como energia do movimento. Ao relacionar o aumento da energia cinética com a diminuição da energia potencial, o aluno tentou explicitar a conservação da energia mecânica, porém, da forma como está representado no mapa, não é possível observar essa relação de forma clara.

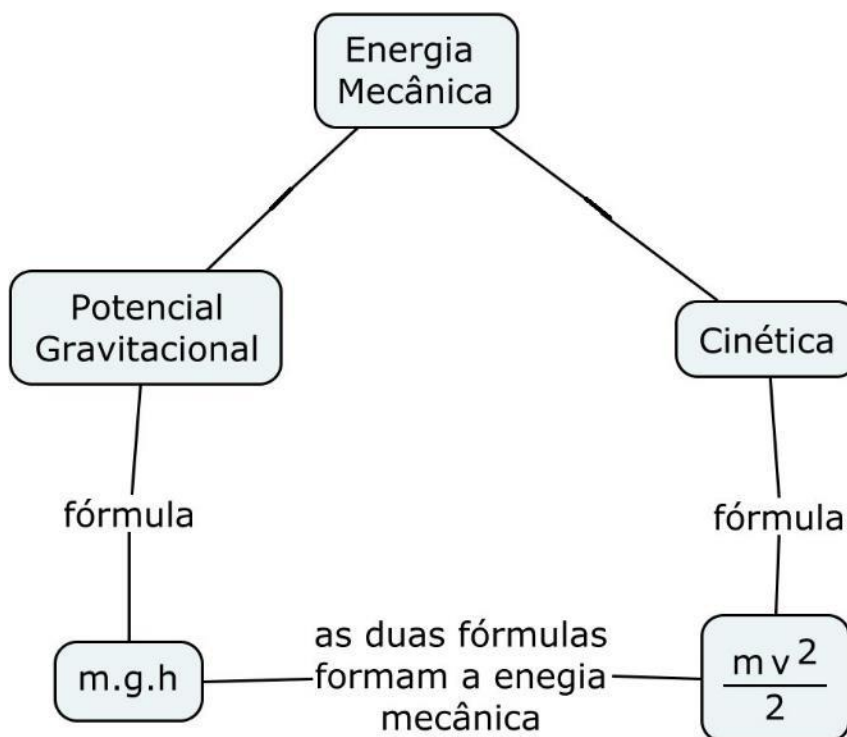


Figura 25 – Mapa final do aluno 2, (Fonte: atividade aplicada pelo autor).

O mapa da Figura 25, desenvolvido pelo aluno 2, predominantemente possui uma estrutura do tipo corrente. Os conceitos envolvidos estão relacionados de maneira mais simplificada, sem conexões com outros conceitos. O comportamento desse aluno durante a realização das atividades pode auxiliar a explicar o motivo de não haver mais relações entre os conceitos, uma vez que estava sempre disperso, não prestando muita atenção e, às vezes, brincando durante as atividades.

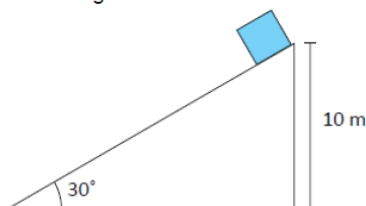
Esse fato nos leva a reforçar a ideia de potencialidade implícita na noção de UEPS, além de nos remeter ao necessário engajamento (pré-disposição) do aprendiz para que se dê a aprendizagem significativa, conforme presente na própria teoria da aprendizagem significativa. O conjunto de atividades que compõem a sequência didática elaborada, a qual foi teoricamente norteadada pela noção de UEPS, possui um potencial no auxílio ao desenvolvimento de aprendizagens do conceito de energia mecânica e conservação de energia mecânica. Esse potencial é, de certa forma, validado uma vez que muitos alunos apresentaram uma “evolução” ao longo do processo, o que fica representado nos mapas elaborados. Contudo, por mais que a sequência didática produzida possa ser assumida como uma UEPS, permanecerá sempre o desafio de como engajar o máximo de alunos nas atividades, alcançando até mesmo aqueles que apresentam uma maior resistência às atividades escolares.

Um ponto a mais que vale ser destacado, mais uma vez, é que, considerando a forma como os conceitos são apresentados e conectados, por exemplo, nos mapas elaborados pelos alunos 2 e 8, estes não representam necessariamente um mapa conceitual, devido à falta de palavras de conexão entre os conceitos, além de conexões aleatórias. No entanto, como os alunos não estavam habituados a essa forma de representação, por não ser uma parte comum das atividades executadas na escola, os alunos ainda estavam em meio a um processo de aprendizagem do uso desta forma representacional para externalizar seus conhecimentos.

Analisando esses mapas, observamos que em nenhum deles aparece, explicitamente, as situações (por exemplo, funcionamento da hidrelétrica) e equipamentos (por exemplo, o KERS) discutidos durante as atividades. Isso, no entanto, não se apresenta como um problema, uma vez que as situações e equipamentos fizeram parte das discussões envolvidas nas atividades para fomentar o processo de construção dos conceitos físicos, os quais acabam sendo representados nos mapas. Além disso, ainda que não tenha sido o alvo do trabalho analisar as avaliações mensais e bimestrais (obrigatórias pelo regimento da escola) feitas pelos alunos, vale destacar que estas evidenciaram uma melhora nas notas obtidas. Essas avaliações envolviam a resolução de exercícios teóricos, incluindo a operacionalidade matemática, e uma delas compunha a UEPS, caracterizando-se como a última etapa: a avaliação somativa.

Essa avaliação continha oito questões envolvendo exercícios sobre a conservação da energia mecânica. Em avaliações anteriores ao desenvolvimento da UEPS, os alunos dessa turma, em geral, possuíam grandes dificuldades na realização de provas, principalmente dissertativas. As notas obtidas pelos alunos, em média, ficavam abaixo de cinco, numa escala de zero a dez. Na avaliação efetuada após a aplicação da UEPS, o resultado obtido pelos alunos foi bastante exitoso, visto que a média da turma ficou em torno de sete, tendo apenas um aluno com desempenho abaixo do esperado. Alguns dos exercícios presentes na avaliação são apresentados abaixo, assim como comentários sobre a quantidade de alunos que acertaram parcial ou completamente a questão.

- 1) Um bloco de 1,0 kg é abandonado do topo de um plano inclinado, mostrado na figura. A velocidade do bloco ao atingir o solo é igual?



- 2) Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a velocidade constante. Pode-se então afirmar que a sua:
- energia cinética está aumentando.
 - energia cinética está diminuindo.
 - energia potencial gravitacional está aumentando.
 - energia potencial gravitacional está diminuindo.
 - energia potencial gravitacional é constante.

Figura 26 – Exemplos de questões da avaliação somativa

Analisando as provas dos alunos para essas duas questões iniciais, o desempenho foi excelente, visto que todos os alunos conseguiram resolver corretamente as questões 1 e 2 (Figura 26), o que nos permite afirmar que os conceitos envolvidos nas duas questões foram bem interpretados pelos alunos.

No entanto, para a questão a seguir (Figura 27), o índice de acerto foi considerado muito baixo, uma vez que apenas um aluno respondeu corretamente a questão, tendo a maioria dos alunos assinalado como resposta o item “d”. Nesse contexto, os alunos não conseguiram relacionar e interpretar corretamente a situação envolvendo a transformação da energia potencial gravitacional em cinética.

- 4) Dois corpos puntiformes, de mesma massa (m), são abandonados (partindo do repouso) simultaneamente de uma mesma altura H , como mostra a figura abaixo. Na situação (I) o corpo cai em queda livre, enquanto na situação (II) o corpo desliza sobre um plano inclinado, sem atrito. Desprezando-se a força de resistência do ar e comparando-se as duas situações, é correto afirmar que:
- os dois corpos atingem o solo com velocidades de módulos iguais.
 - os módulos das acelerações são iguais.
 - os corpos percorrem espaços iguais.
 - os corpos atingem o solo com velocidades de módulos diferentes.
 - os dois corpos levam tempos iguais para atingir o solo.

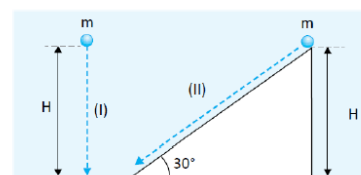


Figura 27 – Exemplo de questão da avaliação somativa

A próxima questão (Figura 28) apresentava aos alunos uma situação que ainda não havia sido discutida com os alunos. O texto apresentado envolvia a situação de uma esfera presa a um fio que, ao ser abandonada de uma posição inicial, descreve um movimento pendular, passando pelo ponto mais baixo da trajetória com uma velocidade conhecida, conforme mostra a figura a seguir:

- 7) Uma esfera é suspensa por um fio ideal. Quando abandonada da posição A sem velocidade inicial, ela passa por B com velocidade de 10 m/s. Desprezando as resistências, determine o valor da altura h , de onde a esfera foi solta. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

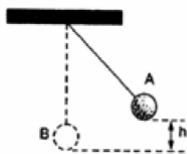
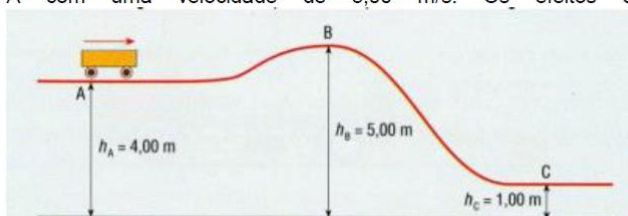


Figura 28 – Questão da avaliação somativa envolvendo um pêndulo simples

Algo que pode ter auxiliado os alunos na interpretação do exercício está na representação da figura com relação à altura h que eles deveriam obter. O desempenho obtido pelos alunos foi bastante satisfatório, sendo que 7 dos 8 alunos acertaram o exercício.

A última questão da avaliação somativa (Figura 29) representava um carrinho percorrendo um trilho. Embora a situação descrita no exercício seja semelhante ao encontrado na animação da montanha-russa, o exercício possuía, no *item b*, uma situação mais complexa quando comparado aos exercícios anteriores.

- 8) Um carrinho, com a massa de 2,0 kg, move-se numa pista com o perfil indicado na figura. O carrinho passa na posição A com uma velocidade de 5,00 m/s. Os efeitos das forças dissipativas são desprezáveis.



- Determine a velocidade do carrinho ao passar pelo ponto C.
- Qual a altura que deverá ter o ponto B para que o carrinho, ao chegar a B, pare completamente?

Figura 29 – Questão da avaliação somativa em um nível de maior complexidade

A resolução do *item a*, obteve um índice de acerto considerado bom, uma vez que 5 alunos determinaram corretamente a velocidade do carrinho no ponto C (indicado na figura), enquanto que dois alunos não responderam a questão, e um aluno se equivocou ao realizar operações matemáticas, porém identificou corretamente os tipos de energia envolvidos nas situações inicial e final do exercício.

Já a resolução do *item b*, obteve um índice de acerto em que 4 alunos conseguiram identificar e interpretar corretamente qual tipo de energia o carrinho teria ao parar no ponto B, mostrado na figura. Os outros 4 alunos que não fizeram a questão, não responderam nada no momento da avaliação, porém, na discussão

pós-avaliação, alegaram que haviam pensado na possibilidade de atribuir ao ponto B apenas a energia potencial gravitacional, mas que ficaram com receio de errar.

De acordo com Moreira (2011), a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve proporcionar ao aprendiz situações diferentes das apresentadas nas atividades, de modo a verificar se o aluno consegue transferir os conhecimentos vistos anteriormente para a nova situação. Nesse sentido, os resultados obtidos na avaliação somativa evidenciaram que muitos dos alunos foram capazes de interpretar novas situações sob a perspectiva da conservação da energia mecânica.

Devido ao fato de ser uma turma pequena, os resultados obtidos aqui poderiam alcançar resultados diferentes, caso fossem trabalhados com uma turma com maior número de alunos. No entanto, apesar disso, em geral, os alunos mostraram-se bastante motivados durante o desenvolvimento das atividades, especialmente na utilização dos recursos computacionais e ficaram bastante satisfeitos com as notas obtidas na avaliação.

Outro fato que nos permite concluir que a implementação da sequência didática possibilitou averiguar indícios da ocorrência de uma aprendizagem significativa se deu em virtude de uma maior autonomia dos alunos durante a realização da avaliação final. Em momentos anteriores, durante a realização de provas e simulados, muitos alunos questionavam se a resolução deles estava correta ou não e, muitas vezes, preferiam deixar o exercício sem resposta ao invés de responder da maneira como o havia interpretado, fato este que não ocorreu com a mesma frequência após as atividades propostas pela UEPS.

5.4. AVALIAÇÃO DE ACEITAÇÃO DA UEPS

Foi solicitado aos alunos, após a conclusão das atividades, que avaliassem por escrito as atividades que foram desenvolvidas. Foi pedido que indicassem quais atividades foram mais atrativas ou não, que fizessem críticas, ou mesmo indicassem alternativas.

Algumas das respostas dos alunos encontram-se transcritas abaixo:

“O mapa conceitual foi muito útil, interessante e bom para estudar, pois com ele, expressamos nossas ideias no mapa. Com ele, foi muito mais fácil para estudar para provas, interagiu muito com os alunos” (Aluno 8).

“Eu achei a dinâmica das aulas muito boa, pois era no computador o que facilita o entendimento e o programa era bem explicado, o que facilita muito mais na hora de aprender e estudar. O mapa conceitual também é uma ótima forma de estudo, achei muito bom também, pois ele pega vários pontos das matérias e resume de um jeito bom e fácil de aprender e estudar” (Aluno 7).

“Achei as aulas mais fáceis para entender a matéria, usamos computador, lemos alguns textos, isso facilitou bastante, eu apoio esses métodos nas aulas” (Aluno 6).

Conforme pode ser observado nas transcrições indicadas, de um modo geral, a aplicação da UEPS atraiu os alunos para as atividades propostas. Os alunos reconheceram alguns recursos, como os mapas conceituais e os recursos computacionais, como algo que lhes ajudou no estudo. Além disso, mostraram-se satisfeitos com a dinâmica das aulas e julgaram que estas facilitaram o entendimento do conteúdo estudado.

Ressalta-se ainda o fato de que nenhum dos alunos indicou aspectos negativos com relação às estratégias e atividades realizadas. Talvez o fato de a turma ser composta apenas por oito alunos, o que torna fácil a identificação, tenha inibido a exposição do que, para eles, se apresentava como negativo ou pouco efetivo no desenvolvimento das atividades. Nesta situação, o aluno pode interpretar uma possível avaliação negativa sua sobre as atividades como algo que poderia impactar sua nota disciplina, mesmo tendo o professor salientado que a avaliação que eles próprios fariam sobre as atividades era uma parte importante do processo e que avaliações negativas ou críticas seriam de extrema importância, pois isso não implicaria em qualquer tipo de “punição” ao aluno pela sua opinião.

Destaca-se ainda que no momento de avaliação da aceitação da UEPS, não foram feitas perguntas mais específicas, por exemplo: *De qual das atividades você*

mais gostou? Qual das aulas foi mais interessante? Qual dos recursos utilizados você acredita que mais lhe auxiliou no aprendizado? Isso poderia permitir avaliar, com mais precisão, se uma ou outra atividade poderia ser aperfeiçoada ou mesmo substituída.

5.5. DIFICULDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DA UEPS

A principal dificuldade encontrada durante a implementação da UEPS estava relacionada ao paradigma que os alunos possuem sobre a realização de atividades na escola, para as quais sempre deveriam fornecer uma resposta correta. Esse é um padrão, talvez, mais frequente em escolas particulares, visto que nestas muitas atividades, senão todas (como no caso da escola em que a UEPS foi implementada), estão atreladas a alguma nota que, ao final do bimestre, irá compor a média final. Devido a essa situação, durante as primeiras atividades aconteceram diversos questionamentos e dúvidas se as respostas elaboradas por eles estavam corretas. Isso ocorreu apesar de ter sido comentado inicialmente que o objetivo principal não era obter respostas corretas, mas, sim, obter respostas de acordo com o conhecimento deles.

Uma segunda dificuldade encontrada estava relacionada com as perguntas elaboradas para os materiais com textos. Algumas podem ser melhoradas evitando confusões e/ou ambiguidades por parte dos alunos, por exemplo na atividade envolvendo o material M03 e também na questão 3 do material M04, cujas respostas obtidas foram muito simples.

Outro aspecto que foi verificado e que pode ser modificado em uma nova implementação, refere-se à construção dos mapas conceituais em casa. A realização dessas atividades em casa comprometeu a análise das concepções prévias que os alunos possuíam sobre o conceito de energia. A partir dos mapas iniciais elaborados pelos alunos, é possível inferir que estes foram realizados a partir de buscas e/ou pesquisas em sites, livros, os quais eles assumiam que poderiam auxiliá-los a elaborar “o mapa conceitual correto”.

Outro problema observado envolvia algumas das respostas fornecidas para as questões, que eram simples cópias dos textos originais, o que impossibilita averiguar a correta interpretação do texto e compreensão conceitual.

Durante a realização da atividade utilizando o simulador “Energy Skate Park”, ocorreram diversos imprevistos. Como foi solicitado aos alunos que trouxessem os

seus próprios *notebooks*, praticamente todos não possuíam a versão atualizada do *Java*, sendo necessário a atualização no momento da aula, atrasando em pelo menos 20 minutos o início da atividade. Conforme já comentado, uma possibilidade de lidar com este problema é reservar uma aula adicional, no planejamento, para que seja feita a devida configuração dos computadores e a instalação dos *softwares* a serem utilizados. No caso de serem utilizados os computadores da própria escola, talvez não seja necessária uma aula adicional, porém, ainda assim, o professor necessitará preparar os computadores antes do uso, certificando que possuem condições de serem utilizados nas atividades propostas.

Uma última dificuldade, também já mencionada, está na possibilidade de os alunos desviarem sua atenção ao explorarem o simulador computacional. Conforme observamos, tal desvio pode levar os alunos a não interpretar e refletir corretamente os conceitos envolvidos em cada etapa do roteiro proposto para o uso do simulador. Dessa maneira, faz-se necessário ao professor um acompanhamento próximo da atividade, inclusive trazendo discussões parciais a cada dois ou três desafios do roteiro. Neste caso, o professor deve definir um tempo para os alunos refletirem sobre cada desafio, incluindo discussões parciais, com toda a turma, a cada dois ou três desafios realizados.

5.6. POSSIBILIDADES FUTURAS

A elaboração de uma sequência didática inspirada na UEPS não pode ser algo fechado, não permitindo alterações e/ou modificações em suas atividades programadas. É importante que a sua elaboração tenha um processo contínuo que permita adequações de acordo com o público-alvo, as condições estruturais da escola, suporte pedagógico pela coordenação/direção, etc.

O desenvolvimento de outros trabalhos, tendo como base o produto educacional aqui apresentado, pode ser feito considerando alguns aspectos, tais como:

- A inclusão de atividades experimentais em determinadas etapas, possibilitaria uma aproximação ainda maior entre a teoria e a prática dos conceitos estudados;
- A utilização de vídeos envolvendo situações de transformação de energia mecânica, podendo ser analisadas com o auxílio de outros

recursos computacionais, como o *software Tracker*⁷, por exemplo, que permite uma análise gráfica e matemática de movimentos reais gravados em vídeo;

- A aplicação da UEPS em um contexto diferente do apresentado aqui pode trazer novas informações a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos sobre energia, permitindo uma comparação com os resultados que obtivemos, por exemplo, em turmas que possuam um número maior de alunos, ou ainda em que a assiduidade seja baixa.

⁷ O Tracker é um *software* livre que permite a análise de vídeos e modelagem de gráficos, funções horárias, etc. Desenvolvido por *Open Source Physics* (OSP), pode ser obtido em <<http://physlets.org/tracker/>>. Acesso em 17/set/2016.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de atividades diversificadas para o tratamento de tópicos envolvidos nas disciplinas do currículo escolar tem sido motivada e defendida, seja na literatura especializada como nos cursos de formação de professores (inicial e continuada). Com isso, ainda que em uma evolução discreta, tais atividades têm se tornado mais presentes nas escolas, especialmente devido à grande dificuldade que os alunos encontram em demonstrar interesse pelas atividades ditas convencionais. Esse contínuo desinteresse pela escola mostra-se evidente em avaliações promovidas por órgãos externos e demonstram que os alunos do ensino básico possuem déficits de aprendizagem muito elevados em praticamente todas as áreas. Na tentativa de tirar os alunos dessa “inércia” de ir à escola, ter aulas, fazer provas, trabalhos, sem que de fato aprendam e adquiram conhecimento é que se propôs, como um produto educacional, uma sequência didática composta por atividades diversificadas.

As atividades propostas durante o desenvolvimento da sequência didática foram elaboradas segundo os passos que envolvem os conceitos da aprendizagem significativa de Ausubel e o princípios de uma UEPS, conforme o proposto por Moreira (2011). Segundo Ausubel (1978), o aprendiz só irá adquirir um novo e determinado conhecimento se este for capaz de interagir com algum conceito já existente (subsunçor) em sua estrutura cognitiva. As atividades foram elaboradas de forma a facilitar esta associação entre o conhecido e aquilo a conhecer. Além disso, as atividades possuem um nível crescente de complexidade, com o intuito de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos apresentados.

Neste trabalho, analisamos ainda, qualitativamente, com base nos mapas elaborados pelos alunos, a aprendizagem. A partir dos mapas elaborados, buscamos por indícios da ocorrência da aprendizagem significativa, em específico, buscamos identificar a ocorrência dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Ainda que os mapas elaborados pelos alunos apresentem problemas técnicos, não podendo ser definidos propriamente como mapas conceituais, as conexões apresentadas por alguns alunos em seus mapas evidenciam um aumento na complexidade dos conceitos apresentados, com o

surgimento de algumas relações cruzadas, o que pode ser interpretado como um indício da reconciliação integradora.

A sequência didática inspirada da ideia de UEPS foi desenvolvida com alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola particular. Apesar de a turma conter apenas 8 alunos, as atividades realizadas mostraram-se bastante profícuas no sentido de permitir que os alunos, a partir dos seus conhecimentos prévios, adquiram novas informações e sejam capazes de relacioná-las com situações aparentemente distintas daquelas discutidas mais intensamente nas atividades.

Os recursos utilizados durante a aplicação permitiram que os alunos participassem de forma mais efetiva, mostrando suas dúvidas, suas ideias, enfim, assumindo uma posição mais ativa no processo de ensino e aprendizagem. Os recursos computacionais utilizados permitiram aos alunos uma nova possibilidade de interação da tecnologia com as atividades desenvolvidas em aula. Essa diversidade na utilização dos recursos, incluindo os recursos computacionais, pode permitir que os alunos percebam que a tecnologia pode estar presente no cotidiano de diferentes maneiras, inclusive como ferramentas de apoio ao entendimento dos fenômenos que podem ser observados ao nosso redor.

Além da utilização dos recursos computacionais, a diversificação das atividades com o uso de textos diferentes daqueles presentes nos livros didáticos, como os textos utilizados na UEPS, pode fazer com que o aluno que inicialmente se encontra desmotivado com a disciplina, envolva-se mais nas discussões dos conceitos. Isso é possível pelo fato de que a abordagem envolvida no uso dos textos difere do método tradicional de exposição de um conceito aos alunos por meio de enunciados explicativos “fechados”, trazendo ainda elementos não exclusivos do conteúdo estudado na escola, ainda que esteja relacionado a este.

As atividades elaboradas para essa UEPS resultaram do processo de ensino e aprendizagem que o autor vivenciou durante as disciplinas do mestrado profissional. Tais disciplinas mostraram a grande variedade de abordagens, métodos, materiais que se pode utilizar em sala de aula, modificando o modo de sua atuação docente. A reflexão acerca das atividades realizadas em sala de aula permitiu ao professor avaliar os motivos pelos quais determinado aluno pode ter um desempenho bom ou ruim no processo de ensino e aprendizagem, para além de uma simples classificação reducionista de alunos como bons ou não.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva Cognitiva**. Tradução de Lígia Teopisto. [S.l.]: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2ª ed. New York: Holt Rinehart and Winston, 1978.
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n.2, setembro 2006. p. 182-217.
- COLOVAN, S. C. T.; SILVA, D. D. A entropia no ensino médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 1, p. 98-117, abril 2005.
- CORRÊA, R. W. **Implementação de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre tópicos de astrofísica de partículas para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- GOBARA, S. T. et al. Estratégias para Utilizar o Programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 134-145, junho 2002.
- IHMC, C. T. disponível em: <http://cmap.ihmc.us/>. **CMAP**, 2014. Acesso em: 26 jun 2016.
- LOPES, R. R. S. **Conceitos de Eletricidade e suas Aplicações Tecnológicas: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**, Vitória, 2014.
- MIRANDA, M. S.; ARANTES, A. R.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.
- MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa, Porto Alegre, RS, Brasil, 1997. Adaptado e atualizado, 1997 de um trabalho com o mesmo título publicado em **O ENSINO**, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências - A teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre: [s.n.], 2009a.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências - Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**. Porto Alegre: [s.n.], 2009b.

MOREIRA, M. A. O que é afinal Aprendizagem Significativa?, Abril 2010.

MOREIRA, M. A. Unidade de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa, 2012. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 19 setembro 2016.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

NOVAK, J. D. **A theory of education**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1977.

NOVAK, J. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

NOVAK, J. D. E. G. D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996. Tradução de Learning How to Learn (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

PRÄSS, A. R. **Teorias de Aprendizagem**. [S.l.]: Scrinia Libris, 2012.

RIBEIRO, B. N. M. **Desenvolvimento e Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para Tópicos de Mecânica Vetorial**, Vassouras, 2014.

SASAKI, D. G. G.; SANTOS, R. J. D. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, setembro 2015.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, A. Laser de rubi: uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativa (UEPS). **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 8, n. 2, p. 263-273, junho 2014.

TATAR, E.; OKTAY, M. Student's Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 2, n. 3, p. 79-81, 2007.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10(23), p. 133-170, 1990.

APÊNDICES

APÊNDICE A - MATERIAL DO PROFESSOR – APRESENTAÇÃO DA UEPS

Tema: Conservação da Energia Mecânica

Público alvo: 1º ano do Ensino Médio

Contexto: Energia Mecânica, suas várias formas e sua conservação.

Atividade Preliminar

Antes de iniciar o desenvolvimento da UEPS proposta, é necessário que os alunos estejam familiarizados com o conceito e a construção dos mapas conceituais. A realização dessa atividade permitirá aos alunos que, durante a realização da UEPS, as atividades envolvendo a elaboração dos mapas conceituais ocorram sem que a intervenção do professor seja necessária, no sentido de sanar dúvidas sobre como realizar a atividade.

A fundamentação teórica sobre a construção de mapas conceituais pode ser obtida em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> (Acesso em 17/09/2016).

Atividades iniciais (2 horas-aula)

Inicialmente será feito um levantamento das concepções prévias dos alunos a respeito do tema “Energia”. Esse levantamento será feito a partir do seguinte questionamento por parte do professor: *Quais são os tipos de energia que você conhece?*

Os alunos serão divididos em grupos e poderão discutir os tipos de energia conhecidos por eles. Cerca de 10 minutos depois, os alunos deverão relatar ao professor os tipos de energias citados por eles. O professor pode então anotar os tipos de energia citados na lousa.

Posteriormente, o professor solicitará aos alunos que façam um **mapa conceitual** a respeito dos tipos de energia que eles citaram na atividade anterior. Essa atividade deve ser realizada em sala de aula, de forma a evitar que os alunos realizem uma pesquisa sobre os tipos de energia que existem e ao elaborar o **mapa conceitual**, apresentem termos que de fato não conhecem. Para que a atividade não demore um tempo excessivo para ser realizada, o conceito e a construção de mapas conceituais deve ser trabalhada anteriormente, explicando aos alunos suas características e forma de elaboração deles.

Em seguida, o professor entregará uma lista de situações (M01), sobre a qual os alunos deverão indicar em qual(is) há a presença de energia. Tendo em vista que uma boa parte dos alunos associa com energia algo ou algum corpo em movimento, dificilmente os alunos identificarão a energia potencial gravitacional em um corpo como uma forma de energia.

Após terem respondido o pré-teste, o professor deve buscar estabelecer um diálogo com toda a turma, perguntando-lhe e solicitando a ela uma justificativa sobre o porquê de terem ou não marcado as situações como havendo uma energia associada, ou seja, a discussão que se estabelecerá envolverá a concepção que eles possuem sobre energia e o motivo pelo qual afirma que algum corpo ou situação possuem ou não alguma energia associada.

Situação problema I (2 hora-aula)

Nessa atividade, o aluno deverá ser levado a refletir sobre a energia cinética. Esse tipo de energia pode ter sido citado durante a primeira atividade desenvolvida pelos alunos, como associado à energia no movimento dos carros ou dos motores, etc. A atividade consistirá em uma reflexão sobre o KERS, dispositivo utilizado em carros de Fórmula 1, que transforma parte da energia cinética em energia elétrica, que, armazenada em uma bateria, permite ao piloto um acréscimo de potência durante uma ultrapassagem. Essa atividade será realizada com o auxílio de um texto (M02), que explica o funcionamento do KERS, além outras possibilidades em que esse conceito pode ser utilizado. Posteriormente à realização da leitura do texto e à discussão dos conceitos envolvidos, o professor pode formalizar o conceito de energia cinética, apresentando sua formulação matemática, bem como as grandezas associadas.

Situação Problema II (1 hora-aula)

Em seguida, os alunos farão uma nova leitura (M03) a respeito de pesquisas sobre a energia do movimento e sua transformação em energia elétrica através de roupas especiais contendo pequenos geradores elétricos. Após a leitura, os alunos responderão algumas perguntas, que posteriormente serão alvo de discussão por toda a turma, com a orientação do professor. Caso o professor considere pertinente, os alunos poderão elaborar um novo mapa conceitual sobre o conceito de energia.

Aprofundando e consolidando conhecimentos I (1 hora-aula)

Apresenta-se, nesse momento, um novo texto (M04), explicitando algumas das principais características presentes em uma hidrelétrica. Esse texto tem por finalidade evidenciar a energia armazenada em um corpo ou objeto, quando este possui determinada altura em relação a um nível e, posteriormente, a apresentação da energia potencial gravitacional, sua representação matemática e as grandezas associadas a ela. A forma de desenvolvimento desta atividade se assemelha ao desenvolvimento da atividade anterior, em que, após a leitura do texto, deve-se dedicar um tempo para que as questões sejam discutidas, antes mesmo da exposição em que se buscará a formalização conceitual e matemática.

Aprofundando e consolidando conhecimentos II

Situação I (1 hora-aula)

A próxima atividade consiste em observar uma animação envolvendo as energias potencial gravitacional e cinética em uma montanha russa. Com base no que é observado, deve-se buscar estimular um diálogo coletivo que promova um entendimento dos diferentes aspectos envolvidos na animação. Além disso, os alunos deverão responder um questionário sobre as situações observadas na simulação. O professor deve, após a observação da animação, discussão inicial e respostas ao questionário, apresentar o conceito da conservação da energia mecânica em um sistema.

Obs.: O professor deve, após a apresentação e a formalização dos conceitos de energia cinética, potencial gravitacional, assim como o de energia mecânica e sua conservação, realizar exercícios que contemplem os temas trabalhados, permitindo ao aluno familiarizar-se com a sua representação matemática.

Situação II (2 horas-aula)

Em seguida, os alunos de posse dos conceitos de transformação de energia mecânica, deverão realizar atividades utilizando o simulador "Energy Skate Park", em que desafios serão propostos com o objetivo de verificar a aprendizagem. Entre esses desafios, estão: as condições necessárias para executar um *looping*, a comparação das velocidades dos skatistas, o que ocorre quando a massa é alterada, a influência do atrito, entre outras.

Avaliação (1 hora-aula)

A avaliação da aprendizagem dos alunos será feita ao longo do desenvolvimento da UEPS. De modo geral, todas as atividades realizadas fornecerão elementos ao professor para que este reconheça indícios de aprendizagem ou obstáculos a esta. Os desafios propostos na parte final, assim como a avaliação somativa, trarão um panorama mais finalista sobre o processo de aprendizagem. É possível ainda, a critério do professor, a aplicação de outras questões que levem a uma reflexão sobre a transformação da energia mecânica em situações diferentes das trabalhadas durante a UEPS, além das situações presentes na avaliação somativa.

Carga horária Total

O tempo proposto inicialmente para a realização dessa atividade é de 10 horas-aula. Esse prazo, poderá ser alterado conforme a necessidade de cada turma, como no caso de algumas atividades terem alguma adversidade, por exemplo, leitura e discussão do texto, a organização dos alunos na sala de informática para a atividade com o simulador, etc.

Bibliografia e recursos sugeridos e utilizados

Software Energy Skate Park: Disponível em: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park>>. Acesso em 20 ago 2015.

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, agosto 2006. p. 182-217.

Entenda como funciona o sistema de recuperação de energia cinética. Disponível em: <http://revista.webmotors.com.br/revista/lancamentos/entenda-como-funciona-o-sistema-de-recuperacao-de-energia-cinetica/1334081308854>.- Acesso em 16 abr 2009.

Energia do movimento, **PESQUISA FAPESP, Linha de Produção Mundo**, n. 145 , p. 65, março de 2008

Movimento Energético, **PESQUISA FAPESP, Tecnociência**, n. 217, p. 15, março de 2014

Roupas Inteligentes, **PESQUISA FAPESP, Laboratório Mundo**, n. 169, p.65, março de 2010.

Apagão - Funcionamento de uma Usina Hidrelétrica, 2009. **SEED-Paraná**.

Disponível em:

<<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=314>>.

Acesso em 24 mai 2015.

As características da energia hidrelétrica, 2008. **Jornal Livre**. Disponível em:

<<http://www.jornallivre.com.br/203180/as-caracteristicas-da-energia-hidreletrica.html>>. Acesso em 24 mai 2015.

Animação montanha russa: Disponível **<[http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-](http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/energia_potencial_cinetica_mecanica.htm)**

interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/energia_potencial_cinetica_mecanica.htm> (Acesso em 17 ago 2015)

APÊNDICE B - MATERIAIS UTILIZADOS NA UEPS

Material M00 – Atividade prévia de familiarização com os mapas conceituais

Professor, antes de iniciar a implementação da sequência didática, apresente aos alunos o conceito de mapa conceitual. Um mapa conceitual é um diagrama que possibilita indicar relações entre conceitos, mas que possui algumas regras bem definidas. A seguir, apresentamos um conjunto básico de instruções sobre como elaborar um mapa conceitual.

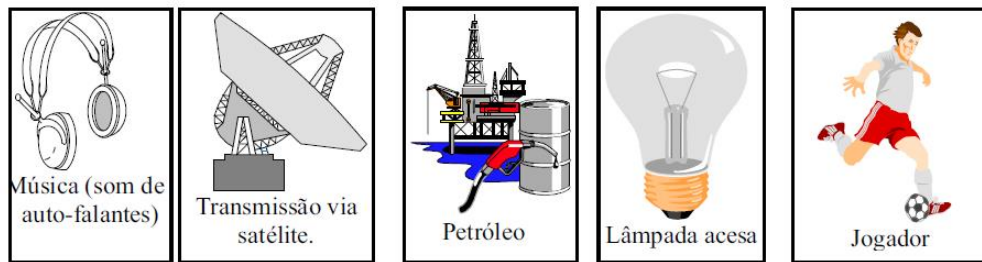
Como construir um mapa conceitual

1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos;
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), *no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva;*
3. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem formar uma proposição que expresse o significado da relação;
4. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas;
5. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa;
6. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende, seu mapa também muda;
7. Setas podem ser usadas, mas não são necessárias; use-as apenas quando for muito necessário explicitar a direção de uma relação. Com muitas setas, seu mapa parecerá um fluxograma.

Um texto com discussões teóricas sobre os mapas conceituais, incluindo alguns exemplos, pode ser acessado em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em 17/09/2016.

Material 01 (M01)

QUESTÕES SOBRE ENERGIA – *Você certamente já ouviu falar de energia no seu dia-a-dia. Baseado nos seus conhecimentos, assinale quais situações descritas abaixo você pode identificar a presença de algum tipo de energia. Para cada situação assinalada anteriormente, procure dar uma justificativa no quadro que segue.*



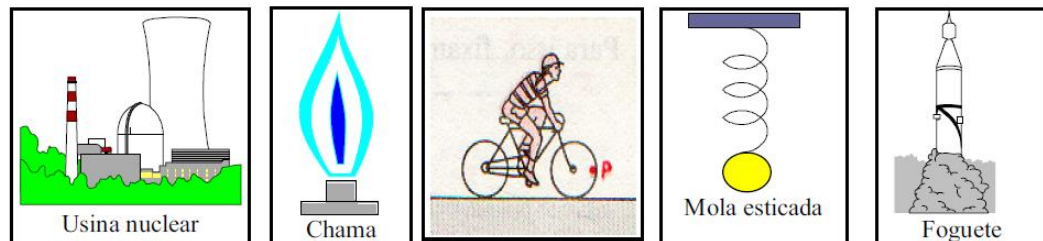
[] 1

[] 2

[] 3

[] 4

[] 5



[] 6

[] 7

[] 8

[] 9

[] 10



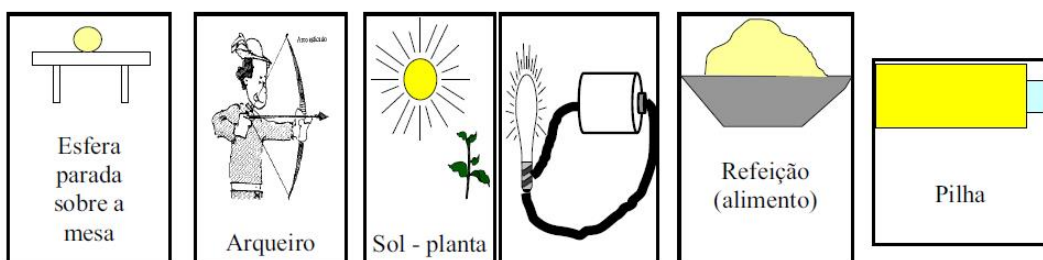
[] 11

[] 12

[] 13

[] 14

[] 15



[] 16

[] 17

[] 18

[] 19

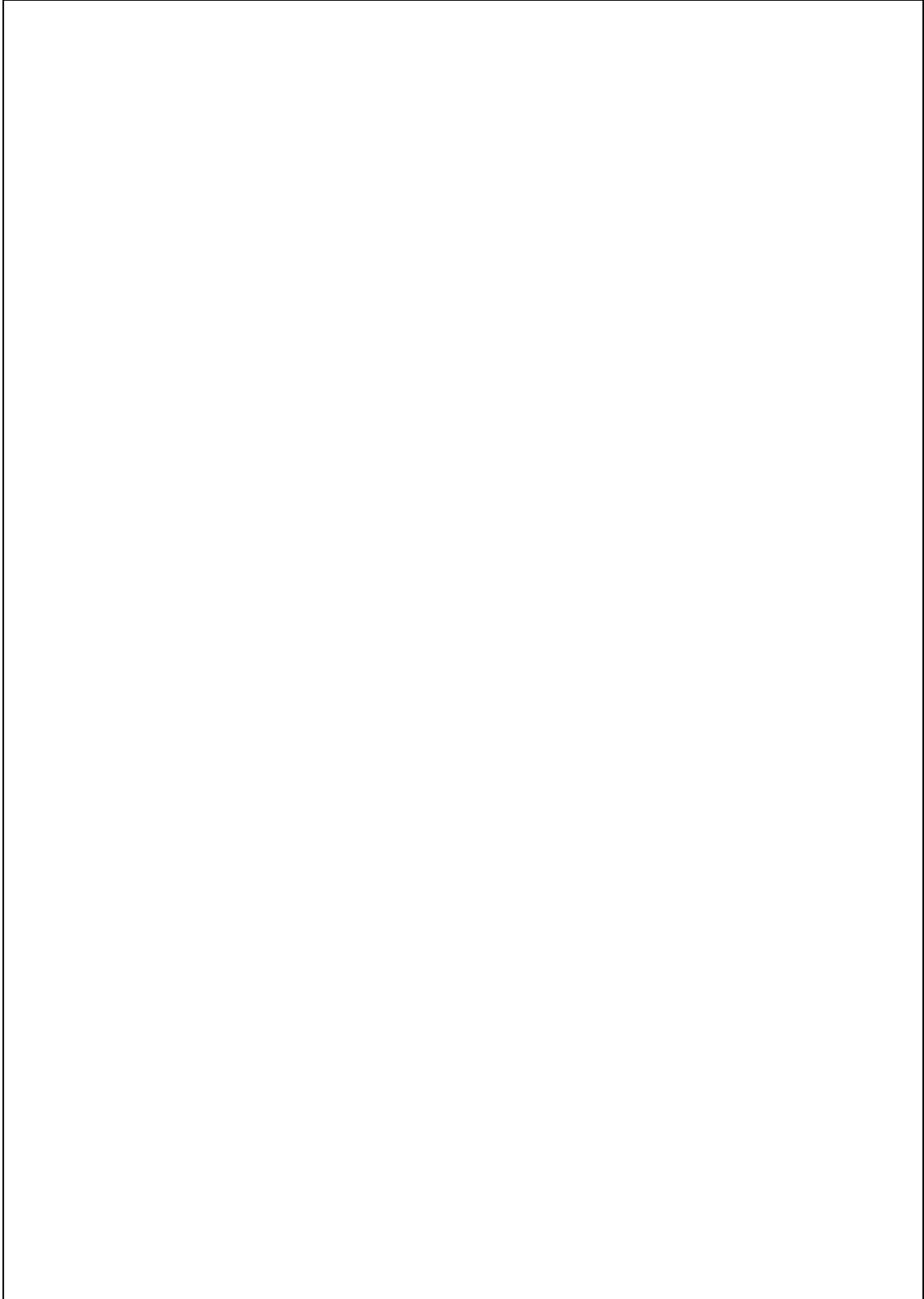
[] 20

[] 21

Fonte: Barbosa e Borges, 2006.

Material 01a

Elabore, no espaço abaixo, um mapa conceitual sobre o conceito energia, considerando o que você conhece deste conceito, incluindo os tipos de energia.



*Material 02 (M02) – Texto***Como funciona o KERS⁸**

Há alguns poucos anos, a Fórmula 1 apresentou uma nova tecnologia, que, teoricamente, torna os carros mais ecologicamente corretos. O Sistema de Recuperação de Energia, ou KERS, é um dispositivo usado para converter parte da energia desperdiçada nas frenagens em energia de tipos mais úteis, que então pode ser utilizada para aumentar a potência dos carros.

Parece bastante complicado, mas não é. A física básica do KERS é explicada em quase todas as escolas de ensino médio. Quando você dirige seu carro nas ruas e freia, a maior parte dessa energia é convertida em calor (é por isso que os carros rápidos precisam manter seus freios frios). Na maioria dos carros, a energia em forma de calor é desperdiçada, mas em um veículo equipado com o KERS, não é o caso. Quando o piloto freia, a maior parte da energia ainda é convertida em calor, mas uma parte é tratada de maneira diferente e armazenada no carro.

De acordo com o regulamento atual da Fórmula 1, quando o piloto pressiona seu botão de impulso, essa energia armazenada é novamente convertida, e, pode proporcionar 85hp (horse-power) extras por pouco menos de sete segundos.

Adaptado de: <http://revista.webmotors.com.br/revista/lancamentos/entenda-como-funciona-o-sistema-de-recuperacao-de-energia-cinetica/1334081308854> - 16/04/2009

Questionário

- 1) Qual a origem da energia armazenada no KERS?
- 2) Quais os tipos de energia envolvidos na utilização do KERS?

=====

⁸ Material elaborado com base no texto intitulado *Entenda como funciona o sistema de recuperação de energia cinética*, publicado no site da *Revista Web Motors*.

*Material 03a (M03a) – Texto***Homem elétrico⁹**

Já pensou se, um dia, existissem aparelhos capazes de gerar energia elétrica a partir dos movimentos naturais do nosso corpo? Pois o que há alguns anos parecia improvável está para se tornar realidade. Cientistas da Simon Fraser University, do Canadá, desenvolveram uma tecnologia que produz energia a partir do movimento dos joelhos. O aparelho coleta a energia do final da passada, quando os músculos estão trabalhando para desacelerar o movimento da perna – mais ou menos como fazem os carros híbridos que retiram energia de suas freadas. Ao “vestir” um desses geradores biomecânicos em cada perna, uma pessoa pode gerar até 5 watts de energia sem nenhum esforço físico adicional. Caminhadas mais aceleradas produzem o equivalente a 13 watts de eletricidade. Nessa taxa, um minuto de caminhada gera energia suficiente para manter um celular em funcionamento por meia hora. Além disso, um dos desafios dos pesquisadores é criar um protótipo lavável.

Adaptado de: PESQUISA FAPESP, Tecnociência, Linha de Produção Mundo, n. 145 , p. 65, março de 2008

*Material 03b (M03b) – Texto***Movimento energético¹⁰**

Recarregar o celular sem uso de fios e tomadas. Um sonho de muitos usuários que se tornou real, pelo menos nos laboratórios das universidades de Wisconsin-Madison e de Minnesota Duluth, nos Estados Unidos, além da Universidade Sun Yat-Sem, da China. A equipe incorporou a um smartphone uma camada de nanogeradores capazes de captar e converter em eletricidade a vibração de uma superfície como um banco de carro em movimento. Chamado de nanogerador piezoelétrico mesoporoso, a novidade foi mostrada em um artigo da revista *Advanced Materials* (27 de janeiro). É piezoelétrico porque gera energia elétrica por meio de força mecânica e mesoporoso em decorrência dos poros do material que absorvem mais eficientemente as vibrações. O nanogerador tem a forma de película transparente. É aplicado na tampa traseira do aparelho e produz energia para alimentar as baterias.

⁹ Material elaborado com base no texto intitulado *Energia do Movimento* publicado na **Revista Pesquisa FAPESP**, edição 145 de março de 2008.

¹⁰ Material elaborado com base no texto intitulado *Movimento Energético* publicado na **Revista Pesquisa FAPESP**, edição 217 de março de 2014.

Fonte: PESQUISA FAPESP, *Tecnociência*, n. 217, p. 15, março de 2014

Material 03c (M03c) – Texto

Roupas inteligentes¹¹

Já pensou em vestir uma camisa ou um vestido capaz de gerar energia para carregar seu aparelho de MP3? É isso que engenheiros da Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos, conseguiram inventar. Eles criaram nanogeradores capazes de produzir energia a partir de esforços mecânicos. Em seguida, inseriram esses dispositivos na base das fibras do tecido, fazendo o movimento da roupa gerar eletricidade. Esses nanogeradores são 100 vezes mais finos do que um fio de cabelo e possuem um décimo da largura das fibras têxteis convencionais. As nanofibras usadas na pesquisa são feitas de fluoreto de polivinilideno orgânico (PVDF), um material cristalino com excelente resistência química. Além de serem flexíveis, são relativamente fáceis e baratos de fabricar. Outro avanço na área de dispositivos capazes de gerar energia a partir o movimento do corpo humano vem da Universidade de Princeton, nos Estados Unidos. Pesquisadores da instituição criaram nanofitas de borracha flexíveis capazes de converter a energia mecânica gerada pelo movimento da respiração ou pelo caminhar em eletricidade, que poderia ser usada para abastecer telefones celulares, marca-passos e outros aparelhos eletrônicos portáteis. Eles usaram nanofitas de titanato-zirconato de chumbo (PZT) com silicone. A vantagem do dispositivo é sua biocompatibilidade, o que permite ser implantado no corpo e alimentar dispositivo médicos.

Fonte: PESQUISA FAPESP, *Tecnociência, Laboratório Mundo*, 169, p.65, março de 2010.

=====

Questionário

- 1) Há uma forma de energia comum nos 3 textos. Qual é e como está envolvida em cada situação?
- 2) Você conhece algum outro equipamento que seu funcionamento está baseado nas mesmas ideias?

¹¹ Material elaborado com base no texto intitulado *Roupas Inteligentes* publicado na **Revista Pesquisa FAPESP** edição 169 de março de 2010.

*Material 04 (M04) - Texto***Hidrelétricas¹²**

No Brasil, devido a sua enorme quantidade de rios, a maior parte da energia elétrica disponível é proveniente de grandes usinas hidrelétricas. A energia primária de uma hidrelétrica é a energia potencial gravitacional da água contida numa represa elevada. Antes de se tornar energia elétrica, a energia primária deve ser convertida em energia cinética de rotação. O dispositivo que realiza essa transformação é a turbina. Ela consiste basicamente em uma roda dotada de pás, que é posta em rápida rotação ao receber a massa de água. O último elemento dessa cadeia de transformações é o gerador, que converte o movimento rotatório da turbina em energia elétrica.

Para ocorrer a transformação da energia mecânica da água, que irá movimentar as turbinas, em energia elétrica, é necessário existir um desnível hidráulico natural ou criado por uma barragem, para captação e condução da água à turbina, situada sempre em nível tão baixo quanto possível em relação à captação.

Um rio não é percorrido pela mesma quantidade de água durante o ano inteiro. Em uma estação chuvosa, é claro, a quantidade de água aumenta. Para aproveitar ao máximo as possibilidades de fornecimento de energia de um rio, deve-se regularizar-se a sua vazão, a fim de que a usina possa funcionar continuamente com toda a potência instalada.

A vazão de água é regularizada pela construção de lagos artificiais. Uma represa, construída de material muito resistente - pedra, terra, frequentemente cimento armado, fecha o vale pelo qual corre o rio. As águas param e formam o lago artificial. Dele pode-se tirar água quando o rio está baixo ou mesmo seco, obtendo-se assim uma vazão constante.

¹² Material elaborado com base nos textos intitulados *Apagão – Funcionamento de uma Usina Hidrelétrica* publicado no site do **Governo do Estado do Paraná** em 11 nov 2009 e *As características da energia hidrelétrica* publicado no site **Jornal Livre** em 08 set 2008.

Questionário

- 1) Quais os tipos de energia envolvidos em uma hidrelétrica?
- 2) Qual é a importância da queda d'água em uma hidrelétrica?
- 3) Segundo o texto, por qual motivo boa parte da energia elétrica produzida no Brasil é proveniente de hidrelétricas?

Adaptado de:

SEED-Paraná. Apagão - Funcionamento de uma Usina Hidrelétrica, 2009. Disponível em: <<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=314>>. Acesso em 24 mai 2015.

Jornal Livre. As características da energia hidrelétrica, 2008. Disponível em: <<http://www.jornallivre.com.br/203180/as-caracteristicas-da-energia-hidreletrica.html>>. Acesso em 24 mai 2015.

=====

Material 05 (M05)

Simulação montanha-russa¹³

Acesse a animação disponível no seguinte link:

http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/energia_potencial_cinetica_mecanica.htm

Questionário

- 1) Quais os tipos de energia envolvidas na simulação?
- 2) O que acontece com essas energias durante o trajeto?
- 3) Faça um esquema representando como é o trilho dentro do túnel.

=====

¹³ Acesso em 17 ago 2015.

*Material 06 (M06)***Simulador "Parque Energético para Skatistas"¹⁴**

Acesse a simulação disponível no seguinte link:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park

Para a realização dessa atividade, é importante não permitir que os alunos executem os passos do roteiro livremente. É necessário realizar uma intervenção e/ou discussão das atividades realizadas, principalmente no início da atividade envolvendo a familiarização com o simulador (passos I a VIII). Nesse sentido, se possível, realize essa primeira etapa da atividade em conjunto com os alunos e com o auxílio de um equipamento de projeção (Data-show) que permita a exibição do simulador, por você manipulado.

Além disso, no segundo momento da atividade, defina um tempo para os alunos refletirem sobre os desafios propostos, por exemplo, destinando alguns minutos para dois ou três desafios, seguidos de uma discussão conjunta com toda a turma.

Roteiro de Atividades:

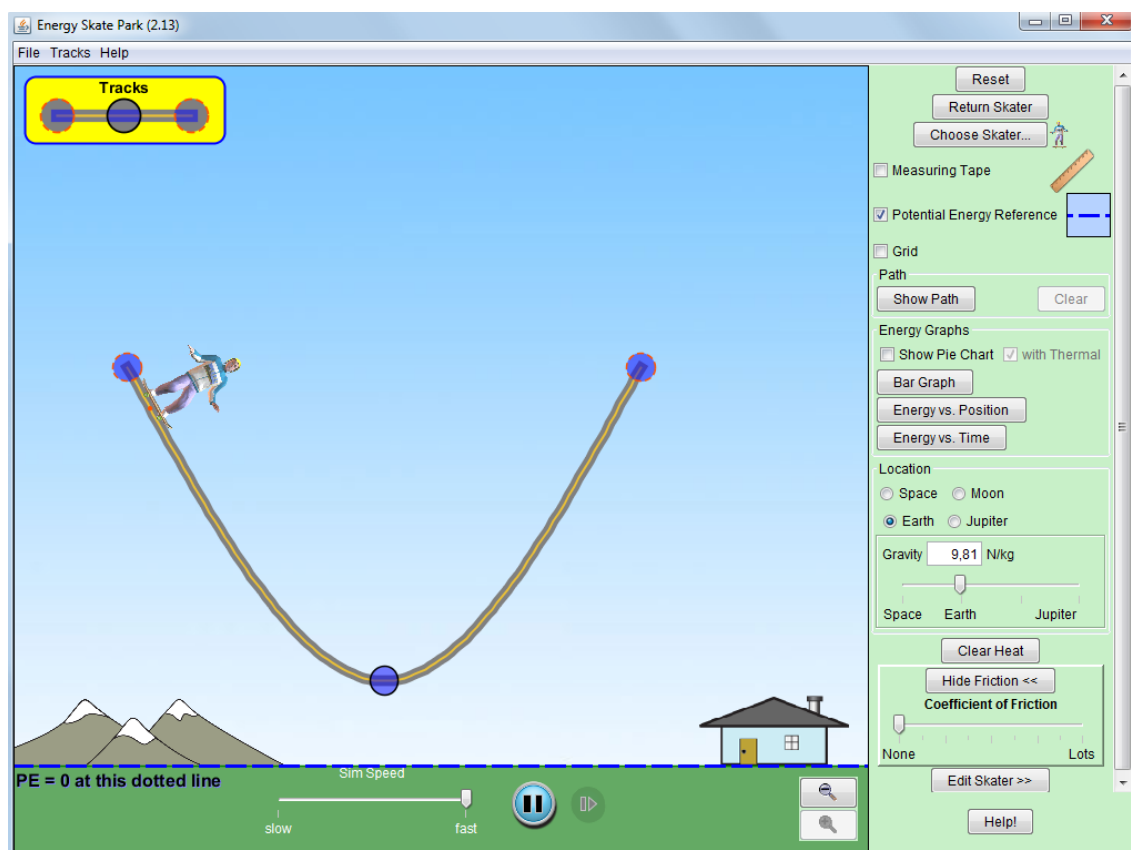
- I. Abra o aplicativo "Energy Skate Park";
- II. Selecione algumas funções mostradas na barra do lado direito do aplicativo e veja que tipo de informação fica visível;
- III. Altere algumas configurações do exemplo inicial, como a massa ou o próprio skatista, o local, o atrito, a altura inicial, ou seja, qualquer parâmetro que possa ser modificado;
- IV. No item "energy graphs", veja os tipos de gráficos disponíveis;
- V. No menu "tracks", altere o tipo de pista do skatista, e verifique o que acontece com a intensidade das energias;
- VI. Observe o gráfico da energia térmica. Em que momentos ela surge? Cite um exemplo dessa energia;
- VII. Em uma das pistas no menu "tracks", coloque o atrito acessando o menu "track friction" do lado direito do aplicativo, observe e descreva o que acontece;

¹⁴ Acesso em 20 ago 2015

VIII. Altere agora o formato da pista, clicando nos “círculos azuis”. Monte uma pista do seu jeito;

- *Você pode incluir ou excluir trechos da pista. Para incluir, clique na opção Tracks, do retângulo amarelo e arraste para o local desejado. Em seguida, arraste os círculos para criar o formato desejado. Você pode incluir quantos trechos quiser.*

- *Para excluir, clique com o botão direito em um trecho do circuito e selecione “delete control point”.*



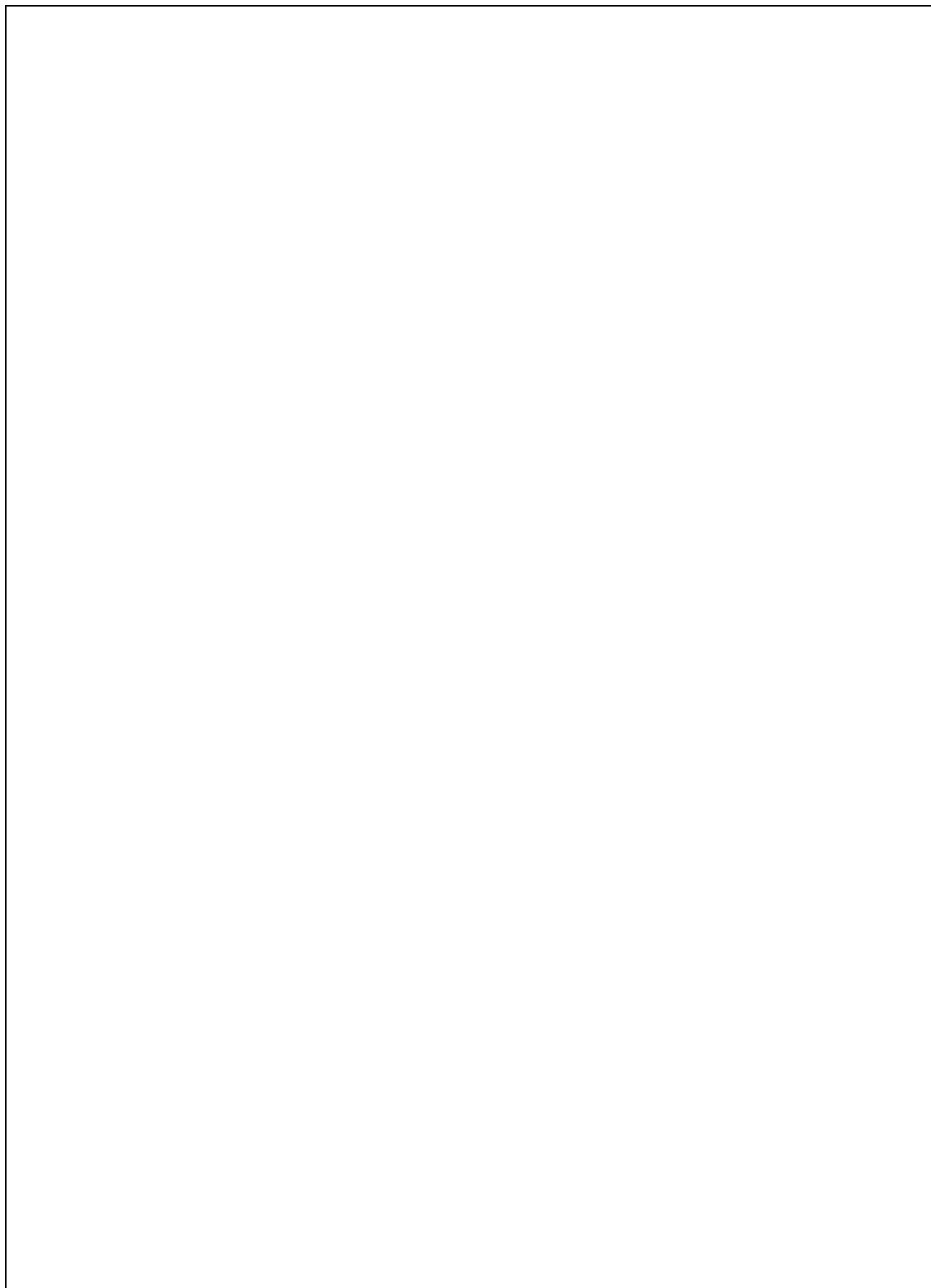
Desafios:

1. Adotando o referencial zero como o solo, determine matematicamente a energia potencial gravitacional, utilizando $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
2. Construa uma pista com dois vales em alturas diferentes e determine a energia cinética e a energia potencial gravitacional, utilizando a conservação de energia mecânica;
3. Determine a velocidade do skatista no ponto mais baixo desses vales, novamente utilizando a conservação da energia mecânica;
4. Alterando a massa ou trocando o skatista (choose Skater), observe o que ocorre com a intensidade das energias;

5. A velocidade nos pontos mais baixos também é alterada? Como você pode provar isso?;
6. Seria possível construir um *looping* para esse *skatista*?;
7. Qual deve ser a condição para que o *skatista* complete o *looping* sem cair?;
8. Considerando o atrito, sempre é possível percorrer o *looping*? Se não, quando é possível?;
9. Qual a principal influência do atrito?;
10. O que é alterado quando alteramos a gravidade local?;
11. É possível termos uma energia negativa? Se sim, como podemos fazer isso? Se não, justifique o porquê?;
12. Construa uma pista, em que o *skatista* precise realizar um salto de um trecho a outro;
13. Transforme sua pista de skate em uma montanha-russa.

Material 07a (M07a)

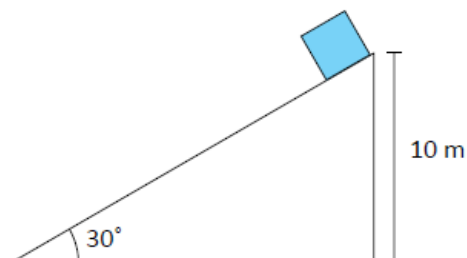
Elabore, no espaço abaixo, um mapa conceitual sobre o conceito energia e sua conservação, considerando o que você conhece deste conceito e incluindo os tipos de energia.



Material 07b (M07b)

Exemplos de questões para a avaliação somativa

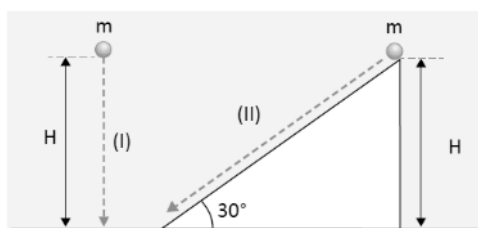
1) Um bloco de 1,0 kg é abandonado do topo de um plano inclinado, mostrado na figura. Qual a velocidade do bloco ao atingir o solo?



2) Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a velocidade constante. Pode-se então afirmar que a sua:

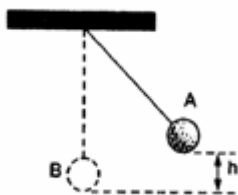
- energia cinética está aumentando.
- energia cinética está diminuindo.
- energia potencial gravitacional está aumentando.
- energia potencial gravitacional está diminuindo.
- energia potencial gravitacional é constante.

3) Dois corpos puntiformes, de mesma massa (m), são abandonados (partindo do repouso) simultaneamente de uma mesma altura H , como mostra a figura abaixo. Na situação (I) o corpo cai em queda livre, enquanto na situação (II) o corpo desliza sobre um plano inclinado, sem atrito. Desprezando-se a força de resistência do ar e comparando-se as duas situações, é correto afirmar que:

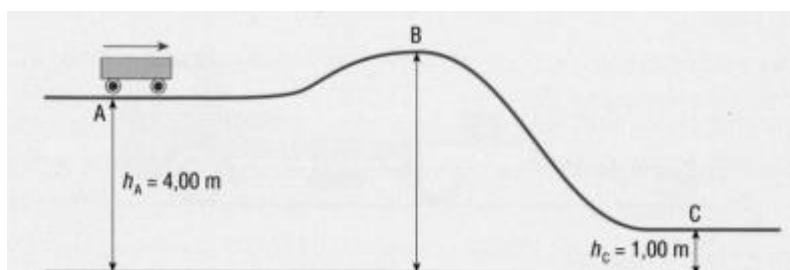


- os dois corpos atingem o solo com velocidades de módulos iguais.
- os módulos das acelerações são iguais.
- os corpos percorrem espaços iguais.
- os corpos atingem o solo com velocidades de módulos diferentes.
- os dois corpos levam tempos iguais para atingir o solo.

4) Uma esfera é suspensa por um fio ideal. Quando abandonada da posição A sem velocidade inicial, ela passa por B com velocidade de 10 m/s. Desprezando as resistências, determine o valor da altura h , de onde a esfera foi solta. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



5) Um carrinho, com a massa de 2,0 kg, move-se numa pista com o perfil indicado na figura. O carrinho passa na posição A com uma velocidade de 5,00 m/s. Os efeitos das forças dissipativas são desprezíveis.



- Determine a velocidade do carrinho ao passar pelo ponto C.
- Qual a altura que deverá ter o ponto B para que o carrinho, ao chegar a B, pare completamente?

ANEXOS

ANEXO A - ATIVIDADES REALIZADAS PELOS ALUNOS: MAPAS CONCEITUAIS E QUESTIONÁRIOS

- 01) Para a transmissão dos ventos e energia.
- 02) Usada para a energia de televisão, celular.
- 04) Energia elétrica.
- 05) Usa energia para escrever e chutar a bola.
- 06) Energia nuclear.
- 07) Energia de fogo, calor.
- 08) Usa a energia para pedalar a bicicleta.
- 10) Usa a energia para decolar.
- 13) Energia dos motores.
- 15) Os motores de avião.
- 16) Energia para puxar a flecha.
- 18) Fotossíntese
- 19) Energia elétrica
- 21) Energia para acender a lâmpada, energia dada pelas pilhas.

Respostas

fornecidas pelo Grupo 1, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.

- 1-) Ondas sonoras
- 2-) Energia elétrica
- 3-) Jm/t
- 4-) Energia elétrica
- 5-) Energia cinética
- 6-) Energia nuclear
- 7-) Energia térmica
- 8-) Energia cinética
- 9-) Energia elástica
- 10-) Energia gravitacional
- 11-) Energia cinética
- 12-) Energia gravitacional
- 13-) Energia cinética
- 14-) n/t
- 15-) Energia iônica
- 16-) Energia gravitacional
- 17-) Energia cinética
- 18-) Energia solar
- 19-) Elétrica
- 20-) n/t
- 21-) Elétrica

Respostas fornecidas pelo Grupo 2, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte:
Material recolhido pelo autor.

Questionário

- 1) Qual a origem da energia armazenada no KERS ?
- 2) Quais os tipos de energia envolvidos na utilização do KERS?

- =====
- 1) Energia desperdiçada nas frenagens em energia de tipos mais úteis, que pode ser utilizada para aumentar a potência dos carros.
 - 2) Energia cinética e térmica

Respostas fornecidas pelo Aluno 3, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 2. Fonte:
Material recolhido pelo autor.

Questionário

- 1) Qual a origem da energia armazenada no KERS ?
- 2) Quais os tipos de energia envolvidos na utilização do KERS?

- =====
- 1) A origem é a energia desperdiçada nas frenagens.
 - 2) Energia térmica e cinética

Respostas fornecidas pelo Aluno 1, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 2. Fonte:
Material recolhido pelo autor.

Questionário

- 1) Qual a origem da energia armazenada no KERS ?
- 2) Quais os tipos de energia envolvidos na utilização do KERS?

1- A origem é a energia desperdiçada
 2- Energia cinética e Térmica

Respostas fornecidas pelo Aluno 2, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 2. Fonte:
 Material recolhido pelo autor.

Questionário

- 1) Qual a origem da energia armazenada no KERS ?
- 2) Quais os tipos de energia envolvidos na utilização do KERS?

01) Energia desperdiçada nos freios em energia de tipos mais úteis, que pode ser utilizada para aumentar a potência dos eixes.

02) Energia cinética, térmica.

Respostas fornecidas pelo Aluno 4, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 2. Fonte:
 Material recolhido pelo autor.

Questionário

1) Quais as formas de produção de energia nos dispositivos apresentados nos textos?

2) Você conhece algum outro equipamento que seu funcionamento está baseado nas mesmas ideias?

1- Energia Cinética é gerada do corpo em movimento e as vibrações pelo banco do carro em movimento
 2- Keros, que é utilizado nos carros de F1.

Respostas fornecidas pelo Aluno 2, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 3. Fonte: Material recolhido pelo autor.

Questionário

1) Quais as formas de produção de energia nos dispositivos apresentados nos textos?

2) Você conhece algum outro equipamento que seu funcionamento está baseado nas mesmas ideias?

1-) Cinética, gera energia através de movimentos das pedras - amêtuca, gerada pela vibração de uma superfície como o banco de um carro em movimento. cinética, causada pelo respa em movimento
 2-) Keros, que é utilizado nos carros de F1

Respostas fornecidas pelo Aluno 6, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 3. Fonte: Material recolhido pelo autor.

Questionário

- 1) Quais as formas de produção de energia nos dispositivos apresentados nos textos?
- 2) Você conhece algum outro equipamento que seu funcionamento está baseado nas mesmas ideias?

01) No primeiro texto a produção de energia se dá a partir do movimento das bolinhas. No segundo texto ocorre por meio das vibrações da força mecânica. O terceiro também é por meio de nanogroves, a partir de esforços mecânicos.

02) Sim, espíritos de celular que carregam celular através da energia solar. Blocos solares que aquecem a água através da energia solar.

Respostas fornecidas pelo Aluno 4, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 4. Fonte: Material recolhido pelo autor.

- 1) Quais os tipos de energia envolvidos em uma hidrelétrica?
- 2) Qual é a importância da queda d'água em uma hidrelétrica?
- 3) Segundo o texto, por qual motivo boa parte da energia elétrica produzida no Brasil é proveniente de hidrelétricas??

Adaptado de:

-SEED-Paraná. Apagão - Funcionamento de uma Usina Hidrelétrica, 2009. Disponível em: <<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=314>>. Acesso em 24 mai 2015.
 Jornal Livre. As características da energia hidrelétrica, 2008. Disponível em: <<http://www.jornallivre.com.br/203180/as-caracteristicas-da-energia-hidreletrica.html>>. Acesso em 24 mai 2015.

- 1) Energia potencial gravitacional, elétrica, cinética.
- 2) A queda d'água é importante para auxiliar a produção de energia.
- 3) Devido a essa enorme quantidade de rios.

Respostas fornecidas pelo Aluno 3, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 4. Fonte: Material recolhido pelo autor.

- 1) Quais os tipos de energia envolvidos em uma hidrelétrica?
- 2) Qual é a importância da queda d'água em uma hidrelétrica?
- 3) Segundo o texto, por qual motivo boa parte da energia elétrica produzida no Brasil é proveniente de hidrelétricas?

Adaptado de:

-SEED-Paraná. Apagão - Funcionamento de uma Usina Hidrelétrica, 2009. Disponível em: <<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=314>>. Acesso em 24 mai 2015.
Jornal Livre. As características da energia hidrelétrica, 2008. Disponível em: <<http://www.jornallivre.com.br/203180/as-caracteristicas-da-energia-hidreletrica.html>>. Acesso em 24 mai 2015.

-
- 1- Energia potencial gravitacional, Energia elétrica, Energia cinética, Energia mecânica
 - 2- a queda da água move os pás da turbina transformando energia cinética em elétrica
 - 3- Devido a grande quantidade de rios no Brasil

Respostas fornecidas pelo Aluno 8, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 4. Fonte:
Material recolhido pelo autor.

Simulação montanha-russa

Link:

http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/energia_potencial_cinetica_mecanica.htm

Questionário:

- 1) Quais os tipos de energia envolvidas na simulação?
- 2) O que acontece com essas energias durante o trajeto?
- 3) Faça um esquema, representando como é o trilho dentro do túnel.

- =====
- 1) Energia potencial e cinética.
 - 2) As energias variam, quando este no ponto mais alto da montanha a energia potencial aumenta, e a cinética baixa.
 - 3) O trilho dentro do túnel é um pouco mais elevado, fazendo com que a energia potencial aumente.



Respostas fornecidas pelo Aluno 4, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 5. Fonte:
Material recolhido pelo autor.

Simulação montanha-russa

Link:

http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/energia_potencial_cinetica_mecanica.htm

Questionário:

- 1) Quais os tipos de energia envolvidas na simulação?
- 2) O que acontece com essas energias durante o trajeto?
- 3) Faça um esquema, representando como é o trilho dentro do túnel.

1) Potencial e Cinética

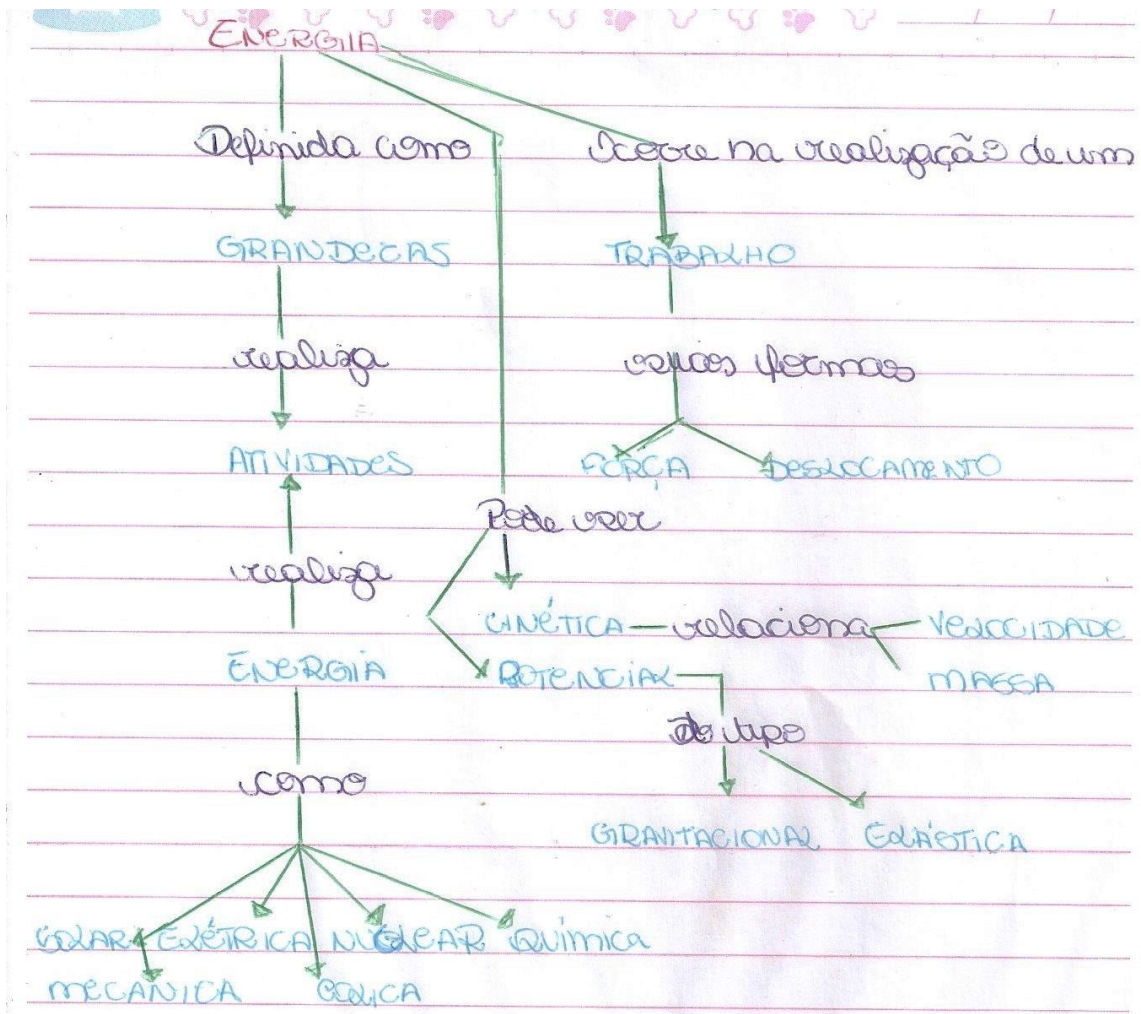
2) Quando a bolinha está mais alta na montanha, a energia potencial é maior, quando ela está desce a cinética é maior.

3)

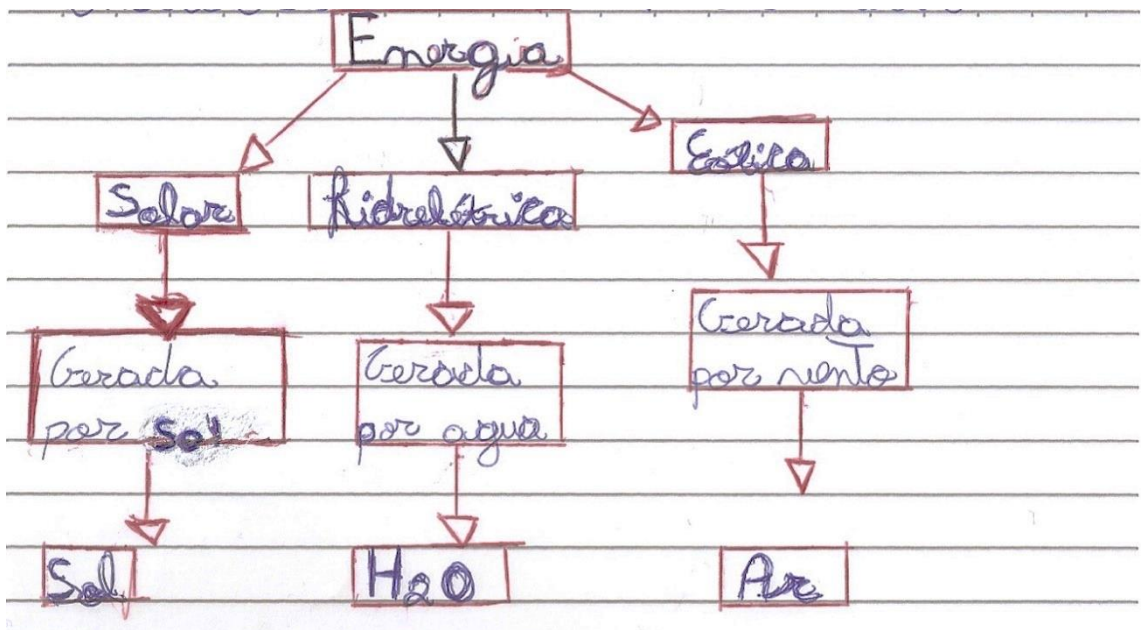


o trilho dentro do túnel é um pouco mais elevado, fazendo com que a energia potencial ~~seja~~ aumente.

Respostas fornecidas pelo Aluno 8, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 5. Fonte: Material recolhido pelo autor.



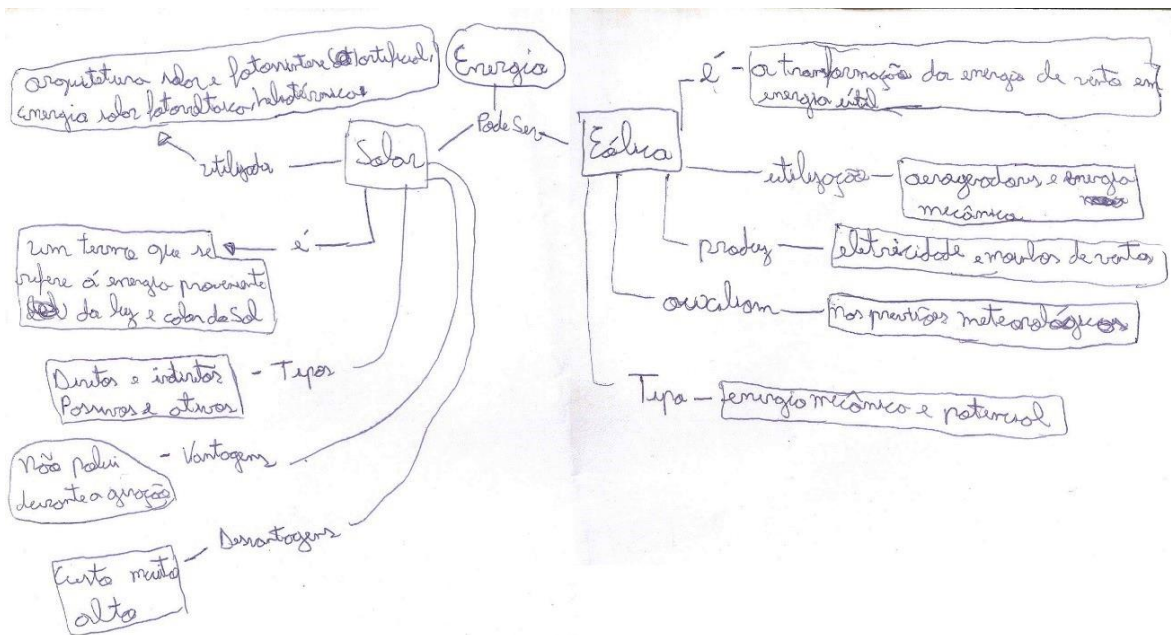
Mapa elaborado pelo Aluno 7, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.



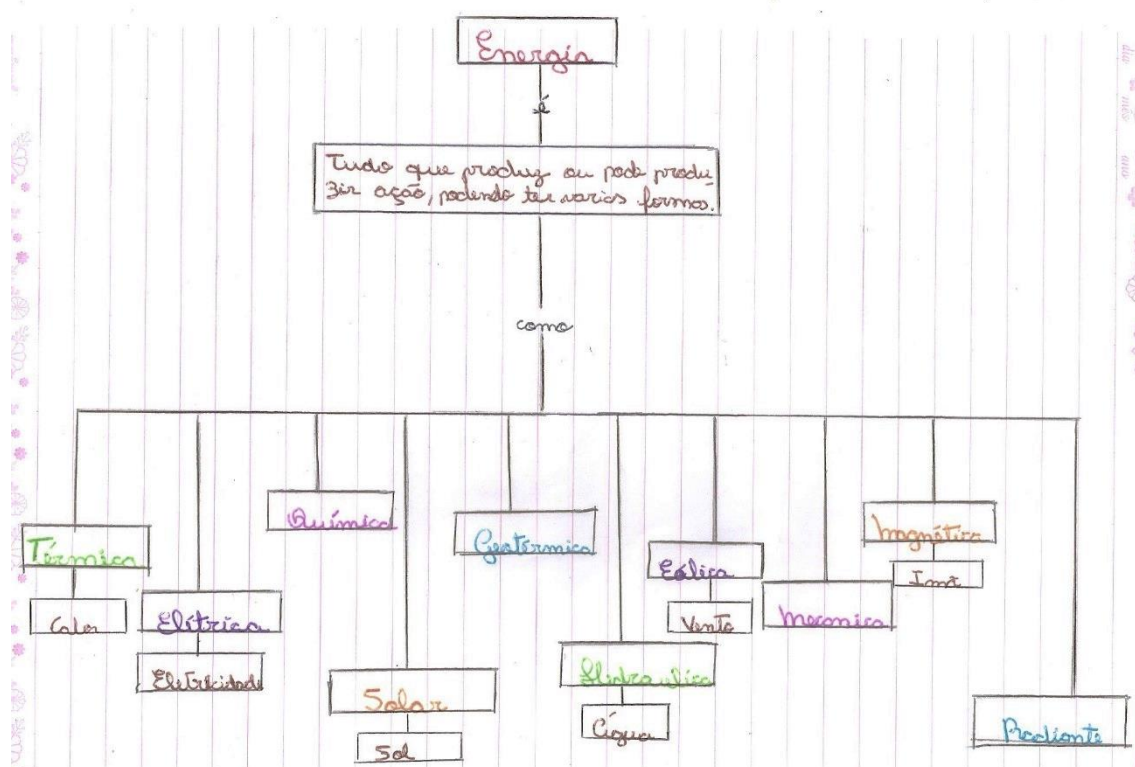
Mapa elaborado pelo Aluno 2, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.



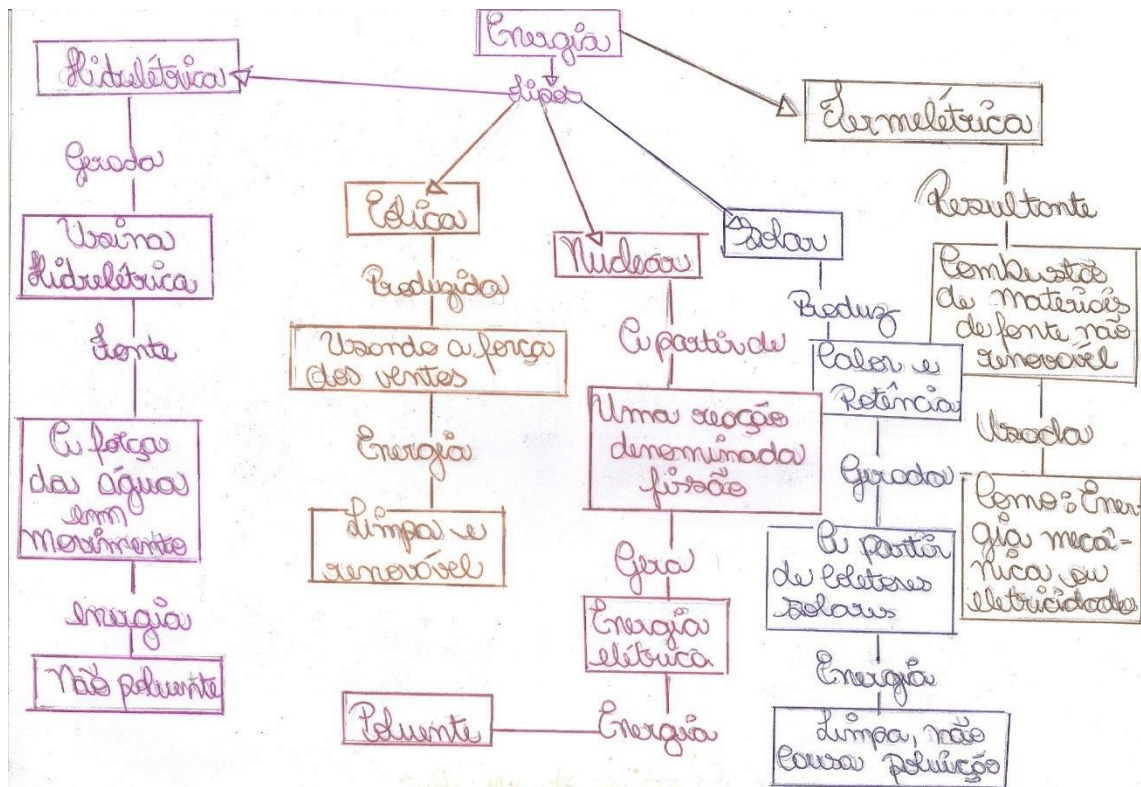
Mapa elaborado pelo Aluno 4, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.



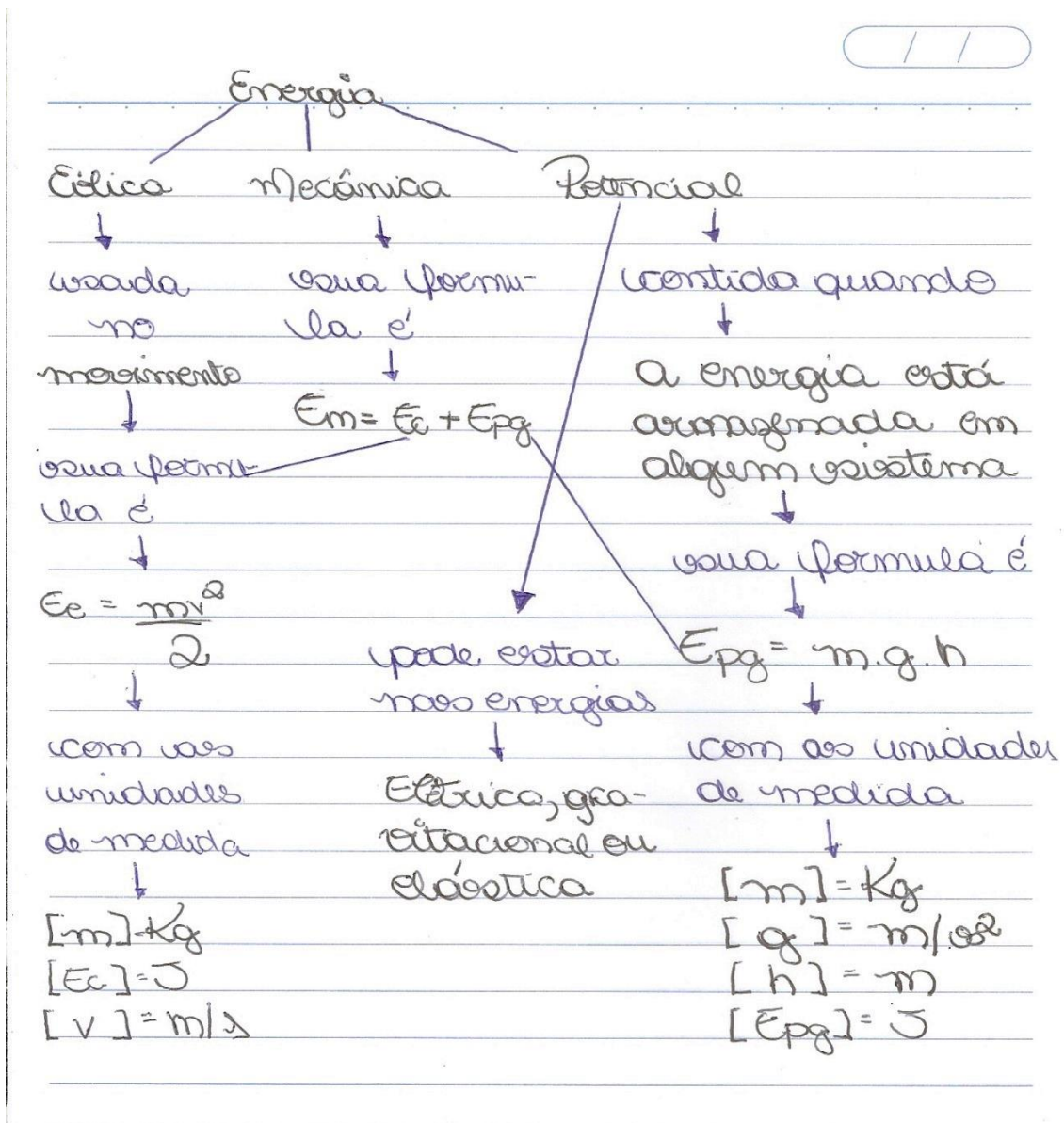
Mapa elaborado pelo Aluno 8, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.



Mapa elaborado pelo Aluno 1, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.

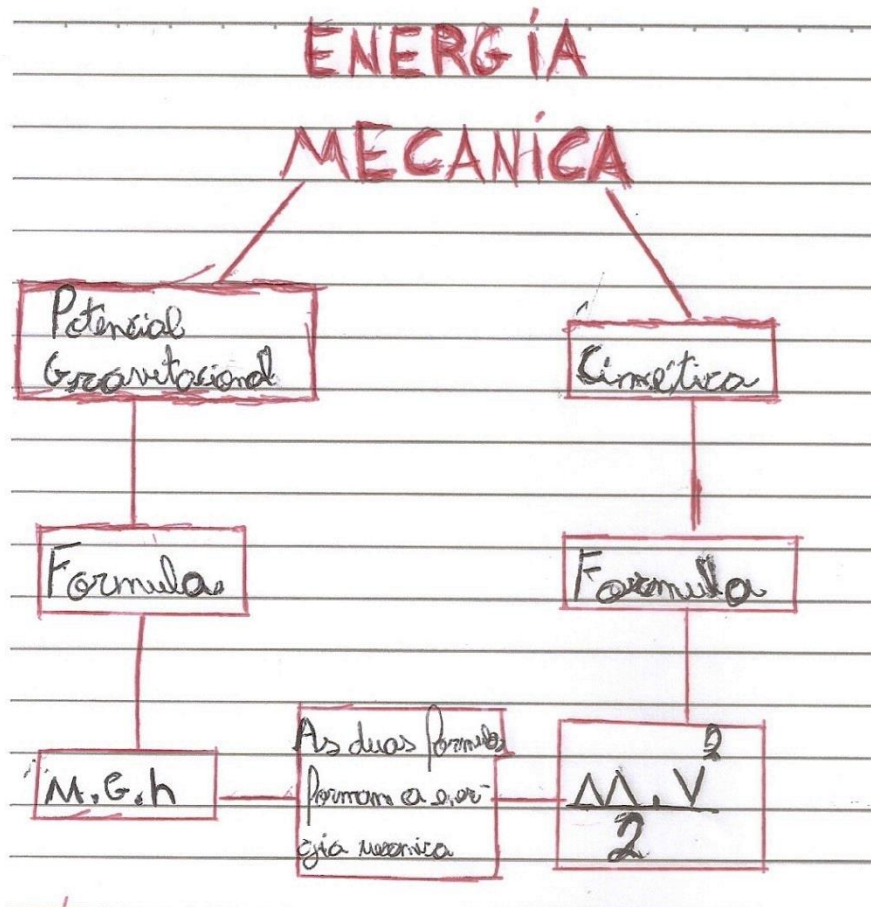


Mapa elaborado pelo Aluno 3, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 1. Fonte: Material recolhido pelo autor.

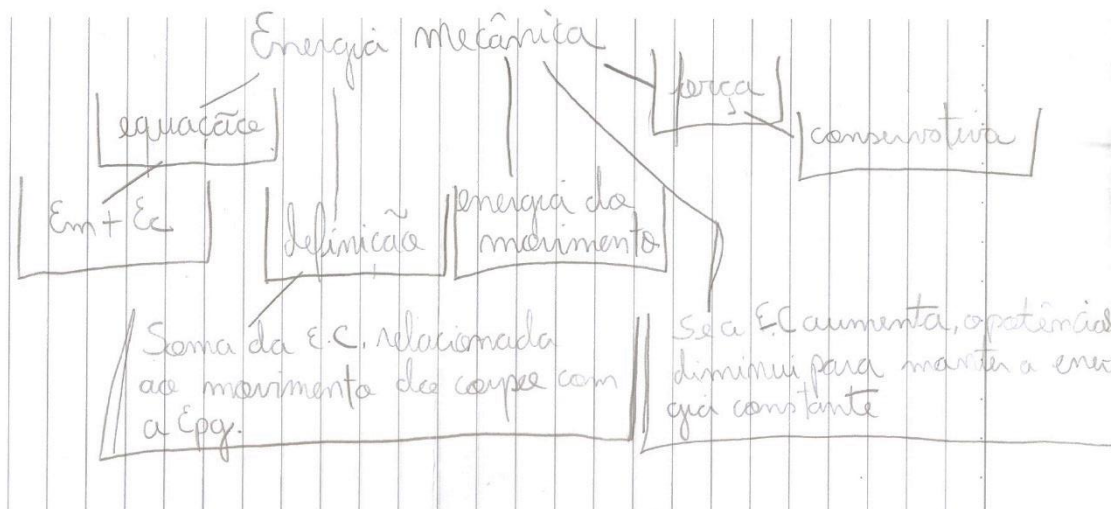


Mapa elaborado pelo Aluno 7, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 7. Fonte: Material recolhido pelo autor.

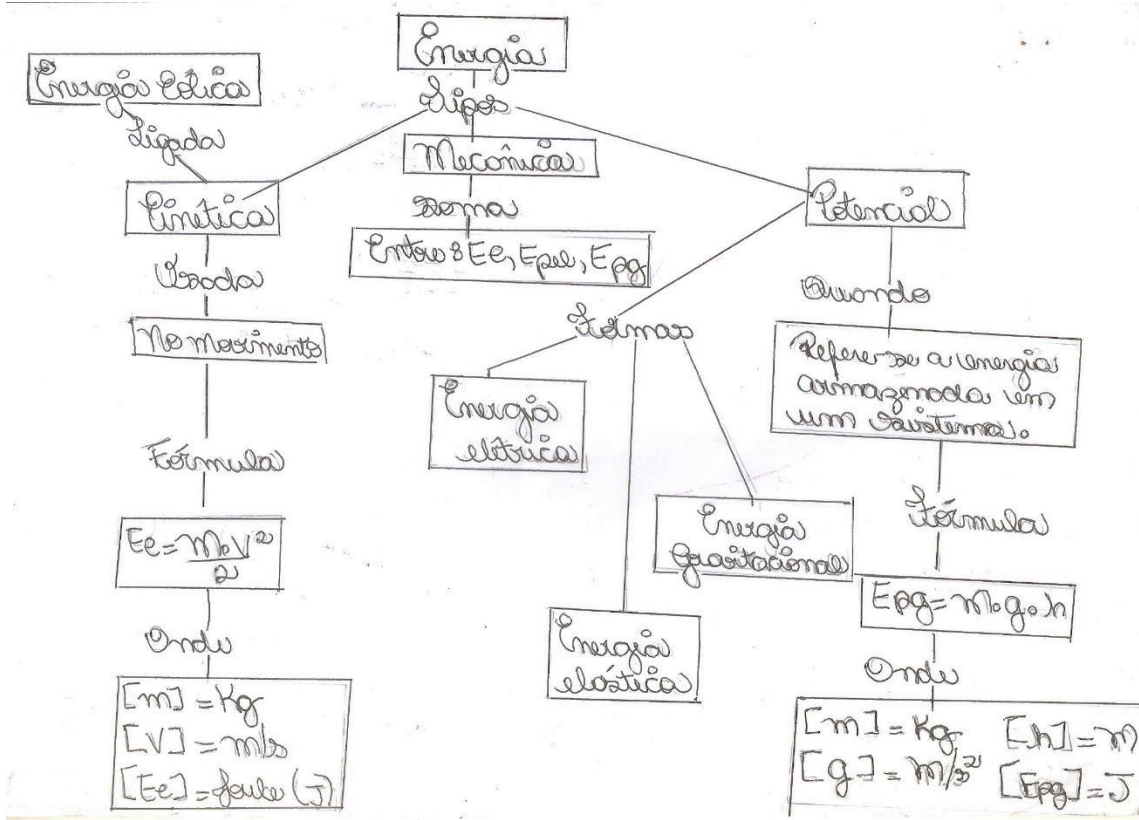
Seg Ter Qua Qui Sex Sáb Dom



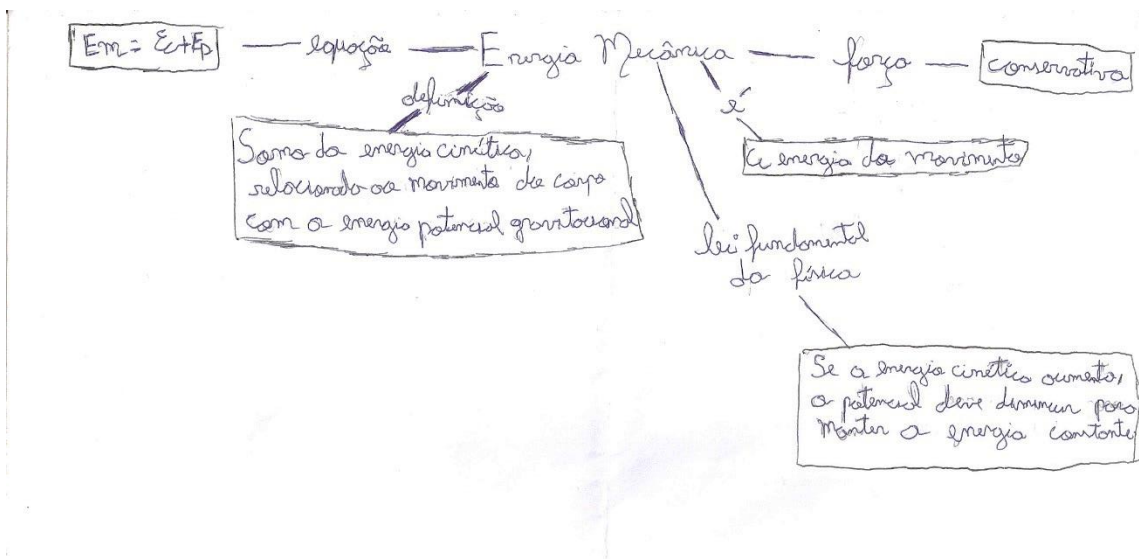
Mapa elaborado pelo Aluno 2, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 7. Fonte: Material recolhido pelo autor.



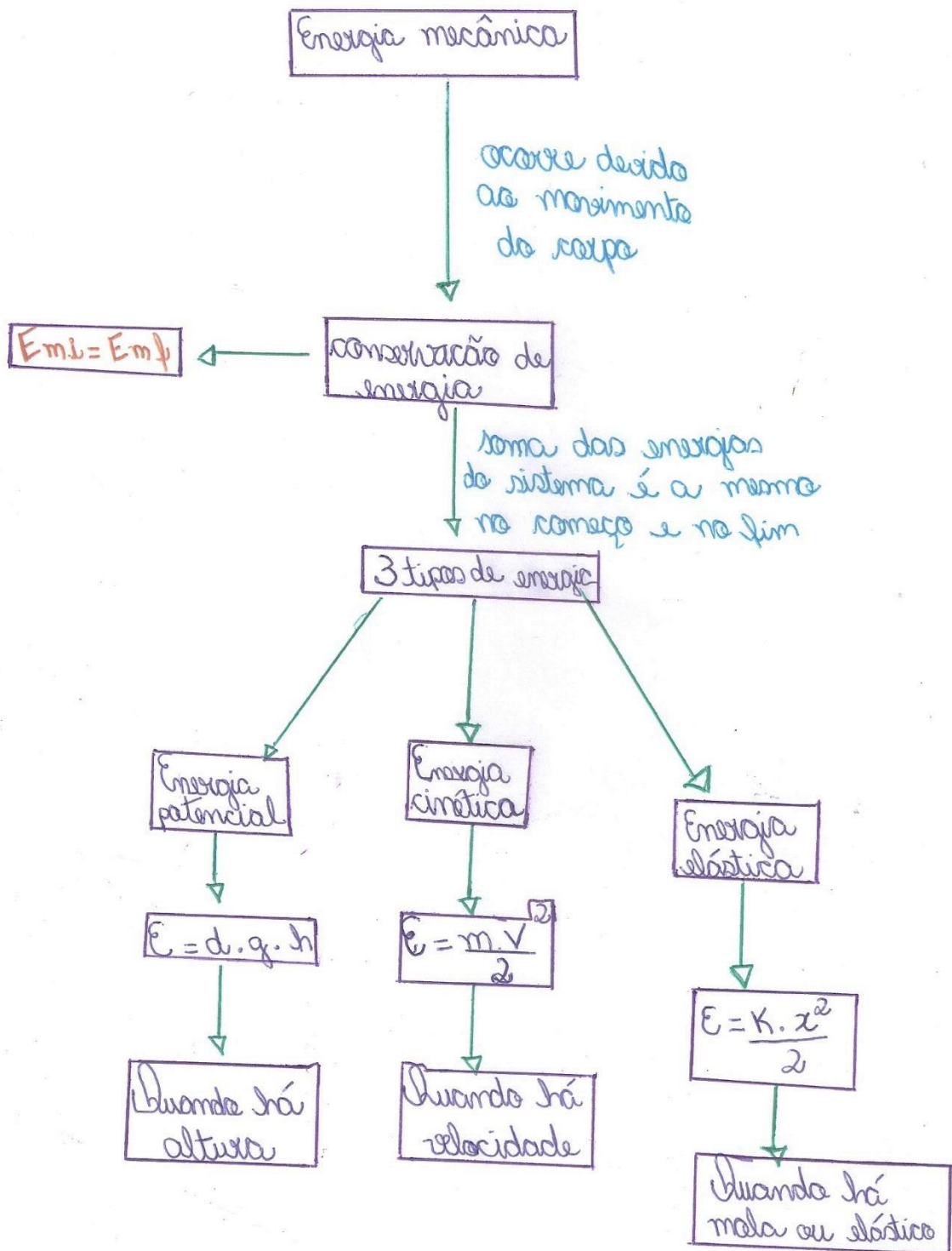
Mapa elaborado pelo Aluno 6, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 7. Fonte: Material recolhido pelo autor.



Mapa elaborado pelo Aluno 3, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 7. Fonte: Material recolhido pelo autor.



Mapa elaborado pelo Aluno 8, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 7. Fonte: Material recolhido pelo autor.



Mapa elaborado pelo Aluno 4, como parte das atividades desenvolvidas na Aula 7. Fonte: Material recolhido pelo autor.