

ZEE MAN

UM GAME ESTRATÉGICO PARA
AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM
EM DINÂMICA

Pedro Fontes

Produto Educacional

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Autor:

Pedro Alves Fontes Neto

Orientador:

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

Capa:

Pedro Alves Fontes Neto

Figura da capa:

RPG Maker MV

São Luís – MA

2019

© Pedro Alves Fontes Neto e Edson Firmino Viana de Carvalho – 2019.

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constate que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Apresentação

Este trabalho consiste na apresentação de um produto educacional desenvolvido com o intuito de substituir a avaliação convencional pela utilização de um game educacional para avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos nos conteúdos de Dinâmica.

A relevância deste produto para a avaliação pauta-se na ludicidade e aproximação existente entre o game desenvolvido e os games usados cotidianamente pelos adolescentes. Além disso, é uma forma de introduzir nas escolas mais um recurso didático tecnológico que sirva também para aguçar a curiosidade dos alunos sobre alguns fenômenos físicos, visto que, o game proposto possui diálogos entre os personagens que retratam resumidamente alguns fenômenos de Física Moderna, Mecânica Quântica e Física no Cotidiano.

O diferencial desse game, em relação aos encontrados na literatura atual, é que o mesmo consiste em contextualizar os conceitos e leis da Física dentro de um ambiente virtual imersivo, em que o educando possa aplicar conhecimentos de Mecânica, orientado ao objetivo de resolver problemas que simulem situações reais envolvendo movimento, posição, velocidade, aceleração de corpos, força, quantidade de movimento, impulso, colisões e energia, proporcionando ao jogador uma experiência desafiante na qual os obstáculos devem ser transpassados com o seu conhecimento adquirido em sala de aula.

Os diálogos de personagens fixos com o herói, abriu precedente para que os eventos e comandos do jogo fossem utilizados e adaptados à compreensão dos adolescentes em ambientes de games para Windows, em que os fenômenos físicos são discutidos e perguntas conceituais com opções de resposta, bem como perguntas de cálculo, cujas respostas são códigos para abertura de baús que contém dicas para solucionar as próximas perguntas sobre Dinâmica. Essas perguntas são disponibilizadas com o intuito de avaliar o ensino e a aprendizagem do conteúdo repassado ao educando.

Dessa forma, apresenta-se neste produto educacional a interfase do jogo criado, seu funcionamento, ilustrações do game com perguntas e opções de respostas, ilustrações com fenômenos físicos sendo discutidas, organização dos conteúdos em relação à dinâmica do game e sua eficácia como ferramenta de avaliação da aprendizagem.

Sumário

1. Introdução	5
2. Resumo dos conteúdos da Dinâmica	6
2.1 Conceitos básicos	6
2.2 As Leis de Newton	7
2.3 Momento linear	10
2.4 Impulso	12
2.5 Energia cinética e o teorema do trabalho	14
2.6 Energia potencial e conservação da energia mecânica	16
3. Comandos do game Zeeman	19
4. Iniciando o game Zeeman	21
4.1 Como utilizar o game “Zemann” para avaliar	24
4.2 Uma proposta de avaliação com o game Zeeman	31
5. Mensagem ao professor	36
Bibliografia	37

1. Introdução

A plataforma RPG Maker é uma engine destinada a desenvolvimento de jogos eletrônicos que tem uma grande biblioteca de objetos que facilita este tipo de “programação”. Essa ferramenta foi desenvolvida no fim dos anos de 1988 no Japão, pela empresa American Standard Code for Information Interchange (ASCII) e, posteriormente, comprada pela Enterbrain, com sua distribuição apenas no idioma japonês. O diferencial dessa plataforma em comparação com outras engines de desenvolvimento de jogos é a facilidade com que os games podem ser desenvolvidos, pois não há necessidade que se conheça muito sobre lógica de programação. De forma que, com um pouco de dedicação e paciência, é possível ao desenvolvedor começar a produção de um jogo desde do início ao fim.

Com o surgimento da RPG Maker MV, em 2015, os jogos desenvolvidos puderam ser exportados para executarem em outras plataformas além da Windows, tais como: Mac OS X, iOS, HTML 5 e Android. Outra novidade foi a mudança da linguagem de programação da Ruby para a linguagem de programação JavaScript. Porém, o desenvolvimento de jogos nessa plataforma continua não sendo complicado com relação a linguagem de programação, isto porque, ela foi criada para facilitar o desenvolvimento de jogos feito por amadores e iniciantes. Mas, nada impede que jogos mais elaborados possam ser feitos nessa engine. A diferença em relação as outras é a disposição dos objetos de sua biblioteca e a facilidade de manuseio dos mesmos, sem comandos complicados e difíceis de se aprender. Na verdade, essa plataforma parece mais uma montagem de “cubinhos” que vão criando formas da maneira que o desenvolvedor quiser.

Dessa maneira, utilizou-se a RPG Maker MV, que possui um banco de dados com todas as informações para o desenvolvimento de um game, para editar, gerenciar os dados de seu sistema e criar diálogos entre o herói e personagens fixos, o que possibilitou a criação de um jogo educacional em que um fenômeno pode ser discutido ou uma pergunta pode ser feita com as opções de resposta. O resultado desse esforço foi a criação do game educacional “*Zeeman*”, que é voltado para estudantes do Ensino Médio, cuja principal finalidade é de avaliar os conhecimentos adquiridos em sala de aula sobre o conteúdo de Dinâmica.

2. Resumo dos conteúdos da Dinâmica

O produto educacional desenvolvido é direcionado para a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da Dinâmica. Dessa forma, é conveniente que se faça um pequeno resumo dos assuntos de Dinâmica abordados no Game, porém de forma qualitativa. Neste contexto, começaremos este capítulo explicando em que se concentra o estudo da Mecânica, com o que se relaciona a Dinâmica, discutiremos também sobre as três leis de Newton, impulso e momento linear e fecharemos o capítulo falando sobre trabalho e energia. Que são os conteúdos explorados no game educacional durante as avaliações e, vistos dessa forma, proporcionam uma representação didática mais coerente.

2.1 Conceitos básicos

Os elementos conceituais básicos da mecânica são os de espaço e tempo, que proporciona o ambiente onde a Física ocorre; massa e força, que mostra como ocorre o movimento que está relacionado com o espaço e tempo.

Para ocorrer o movimento é preciso um referencial que nos mostre a diminuição ou o aumento do espaço no decorrer do tempo. Assim, uma pessoa sentada no banco de um ônibus, tomando como referencial o motorista, está em repouso. Por outro lado, se o ônibus se aproxima de uma pessoa que está na parada de ônibus, a pessoa que está dentro do ônibus e o motorista estão em movimento em relação a pessoa da parada de ônibus. Pois, o espaço entre o ônibus e a pessoa da parada diminui com o passar do tempo. Logo, com a formulação de um referencial pode-se perceber a variação do espaço no tempo relativa ao referencial adotado.

O tempo para a Mecânica Clássica é algo simples, que passa igualmente para todos os observadores, é algo que só aumenta e nunca diminui. Para sua determinação é preciso que seja especificado uma origem e seja sincronizado um relógio. Um tempo específico muito usado na Mecânica Clássica é o período, que por definição é o tempo que um objeto leva para realizar uma oscilação completa. Galileu, observando a oscilação de um grande candelabro de uma igreja e usando sua pulsação para medir o tempo de oscilação percebeu que o período era independente do peso dos objetos. (GLEISER, 1997).

O conceito intuitivo de força que temos se refere a um puxão ou empurrão, porém, esse conceito é interessante para o conceito científico de força. Pelo conceito intuitivo, ao

arrastarmos uma mesa sobre um piso de cerâmica, ou ao empurrarmos um carro que tenha faltado combustível na estrada, relacionamos esse puxão ou empurrão a uma força aplicada sobre os objetos que eles causam como efeito o movimento. O que não está tão distante do conceito de força definido por Feynman (2009, p.92), “A Segunda Lei forneceu uma maneira específica de determinar como a velocidade muda sobre as diferentes influências chamadas de **forças**”.

É conveniente que dado um objeto, em um determinado contexto, que possamos identificar quais são as forças que esse objeto está submetido. E que, essas forças, podem ser forças de contato, quando o objeto está interagindo com uma superfície, por exemplo, um caixote sendo arrastado sobre o solo ou um livro sobre uma mesa. Ou força de ação à distância (de campo), quando um objeto é abandonado do alto de um prédio e cai devido a ação da força gravitacional da Terra. Lógico que não podemos ver as forças, mas podemos observar e sentir os efeitos das mesmas. Ao observar um objeto cair de certa altura, sabemos que ele cai devido a força gravitacional da Terra; ao carregarmos uma sacola com compras feitas em um supermercado, sentimos a ação da força peso sobre a sacola de compras; ao subirmos uma escada sentimos mais a ação da gravidade (cansamos mais) do que ao descermos por essa mesma escada, isso porque, ao subirmos estamos indo contra a força da gravidade e ao descermos estamos indo a favor da gravidade terrestre.

2.2 As Leis de Newton

A parte da Mecânica que estuda o movimento e suas causas é conhecida como Dinâmica. Ao nos referirmos ao estudo da Dinâmica é primordial que entendamos as três Leis de Newton. Apesar da primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) ser um caso particular da segunda Lei de Newton (lei fundamental da Dinâmica), a segunda não subsiste sem a primeira, porque a primeira serve para garantir o referencial inercial na segunda Lei de Newton. Assim, a segunda lei definida como: uma força (a “causa”) aplicada sobre uma massa (um “objeto”) desenvolve uma aceleração (o “efeito”) sobre essa massa, só é possível se existir um referencial inercial. Sem este, não se pode determinar o movimento, conseqüentemente, não se pode determinar a aceleração adquirida por uma massa devido a uma força, ou seja, sem um referencial inercial determinado pela primeira Lei de Newton a segunda lei não terá validade. Dessa forma, pode-se exprimir a função da segunda Lei de

Newton como uma taxa de variação do momento linear e como o produto da massa pela aceleração da seguinte maneira:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}, \quad (1)$$

isto é, a Mecânica Clássica mostra a equivalência entre a taxa de variação do momento e o produto da massa pela aceleração, o que não se estende para a mecânica relativística. Na mecânica newtoniana a massa é imutável, o espaço e o tempo são absolutos, assim, podemos aceitar a relação de equivalência entre as duas formas de expressar a força resultante; por outro lado, na relativística, que se baseia na taxa de variação do momento, temos a dilatação do tempo e a contração do espaço, que deixam de ser absolutos, consequentemente, a massa passa a ser variável.

Apesar disso, quando Newton determina a segunda lei, ele a expressa em função do momento linear (BENTO, 1983). A equivalência da força resultante com o produto da massa pela aceleração é utilizada pela primeira vez em 1752 (ZANETIC, 1988). A força resultante é o somatório vetorial de todas as forças aplicadas em uma determinada massa. Se imaginarmos um carro preso em um lamaçal (“atolado”) e para tirarmos esse carro desse lamaçal convidarmos cinco pessoas para empurra-lo ou puxa-lo, até que o mesmo saia dessa situação, teríamos várias forças sendo aplicadas sobre o mesmo objeto (o carro). Todavia, se ao invés de usarmos as forças das cinco pessoas para tirar esse carro do atoleiro, usássemos um único trator e conseguíssemos tirar o carro do atoleiro, a força que esse trator aplicou para realizar a tarefa corresponderia ao somatório de todas as forças das cinco pessoas. Assim, pode-se definir força resultante com a expressão:

$$\vec{F}_{res} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N. \quad (2)$$

Uma definição da segunda lei de Newton é expressa por Knight (2009, p. 138):

Segunda Lei de Newton: Um corpo de massa m , sujeito as forças, $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ sofrerá uma aceleração \vec{a} dada por

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$$

em que a força resultante $\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ é o vetor soma de todas as forças exercidas sobre o corpo. O vetor aceleração \vec{a} tem a mesma orientação que o vetor força resultante \vec{F}_{res} .

Mas, existem outras forças que são alisadas em uma perspectiva clássica que merecem atenção. Na Tabela 1, tem-se uma variedade de forças muito utilizadas nas resoluções de problemas de Dinâmica.

Tabela 1 – Alguns tipos de forças usadas em dinâmica.

Força	Notação
Força genérica	\vec{F}
Força gravitacional	\vec{F}_G
Força elástica	\vec{F}_{elast}
Tensão	\vec{T}
Força normal	\vec{n}
Atrito estático	\vec{f}_e
Atrito cinético	\vec{f}_c
Força de arraste	\vec{D}
Força de empuxo	\vec{F}_{empuxo}

Em Dinâmica pode ser observado dois tipos de equilíbrio: o estático e o dinâmico. O estático ocorre quando forças se anulam de tal maneira que a força resultante seja zero. Por outro lado, no dinâmico a velocidade é constante e a aceleração é zero, o que implica em uma força resultante zero.

Ao se discutir a Terceira Lei de Newton pode-se mostrar de que maneira ela está relacionada com o princípio da conservação do momento linear, que consiste em um princípio básico e essencial da Mecânica Clássica. A terceira lei é observada quando um corpo A exerce uma força de ação sobre um corpo B e, esse exerce uma força de reação sobre o corpo A, como definido por Knight (2009, p. 189):

Toda força existe com um dos membros de um par de forças ação/reação.

- Os dois membros de qualquer par ação/reação são exercidos sobre **diferentes** objetos.
- Os dois membros de um par ação/reação têm o mesmo módulo, mas sentidos contrários um ao outro: $\vec{F}_{A \text{ sobre } B} = -\vec{F}_{B \text{ sobre } A}$.

As forças de ação e reação, necessariamente, não precisam estar no mesmo segmento de reta que as une. Mas, quando isso acontece, dizemos que a terceira lei de Newton possui sua forma mais intensa possível, ou seja, quando as duas forças são paralelas ao segmento que as une. Assim, podemos concluir que o somatório de um par de forças internas ou forças mútuas internas é sempre zero, ou seja, as forças internas se anulam entre si. Pois,

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}. \quad (3)$$

Sendo a terceira lei de Newton verdadeira, a segunda lei impõe uma conservação do momento linear. Restando somente a resultante das forças externas sobre um sistema que leva a uma taxa de variação do momento e, conseqüentemente, a ocorrência de uma aceleração.

2.3 Momento linear

A mecânica newtoniana se resume as três leis de Newton, porém, em alguns casos fica mais difícil resolver problemas utilizando-se apenas delas. Para contornar esta dificuldade, desenvolveram-se as leis de conservação, que são fundamentais para que possamos construir atalhos, muito mais fáceis, para resoluções de certos problemas. Outro aspecto relevante está no limite da modelagem newtoniana para descrição da massa e velocidade do objeto estudado, pois as leis de Newton não se aplicam à mecânica quântica, mas as leis de conservação sim.

A definição de momento linear não depende de referencial, ou seja, o momento pode ser definido em um referencial inercial ou não inercial, mas é mais fácil trabalhar com referenciais inerciais que referenciais acelerados, por exemplo. O momento é definido como o produto da massa pela velocidade,

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (4)$$

Tomando como exemplo uma colisão inelástica entre dois carros, em que o carro B está em repouso e o carro A se aproxima com uma certa velocidade e colide com o carro B. É conveniente colocar que, no mundo real as forças externas sobre o sistema não são nulas, mas

se considerarmos apenas o pequeno intervalo de tempo antes e depois da colisão pode-se desprezar tais forças em função das forças de interações entre os dois carros.

Assim, se considerarmos a soma das forças externas como sendo igual a zero, $\vec{F}_{ext} = 0$, temos que a soma dos momentos dos carros antes da colisão é igual à soma dos momentos depois da colisão, segundo o princípio de conservação do momento linear.

$$\vec{P}_{antes} = \vec{P}_{depois} \quad (5)$$

$$m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B} = m_A \vec{v}_{2A} + m_B \vec{v}_{2B}. \quad (6)$$

como a colisão é inelástica as velocidades depois da colisão para os dois carros são iguais. Logo, temos,

$$m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B} = (m_A + m_B) \vec{v}. \quad (7)$$

Desta forma, a velocidade final do conjunto é dada pela média ponderada, onde a ponderação está contida nas massas, tal que,

$$\vec{v} = \frac{m_A \vec{v}_{1A} + m_B \vec{v}_{1B}}{m_A + m_B}. \quad (8)$$

Como a velocidade inicial de B é igual a zero, porque está em repouso, temos que

$$\vec{v} = \frac{m_A \vec{v}_{1A}}{m_A + m_B}. \quad (9)$$

Para um caso particular, se considerarmos a massa de A muito menor que a massa de B, por exemplo, um projétil balístico ao colidir com um pedaço de madeira em repouso, livre de atrito e massa muito maior que o projétil, a expressão pode ser analisada para o caso limite de $m_A \ll m_B$. Logo, a equação (9) torna-se,

$$\vec{v} = \frac{\frac{m_A}{m_B} \vec{v}_{1A}}{1 + \frac{m_A}{m_B}}. \quad (10)$$

Como a massa de A é muito menor que a massa de B, pode-se desprezar a contribuição da razão entre as massas no denominador da expressão. Assim, ficamos com

$$\vec{v} = \frac{m_A}{m_B} \vec{v}_{1A}, \quad (11)$$

que nos leva a deduzir que a velocidade do conjunto após a colisão inelástica é menor que a velocidade do projétil antes da colisão e está relacionada com a razão entre as massas, o que ocorre de fato em uma análise real.

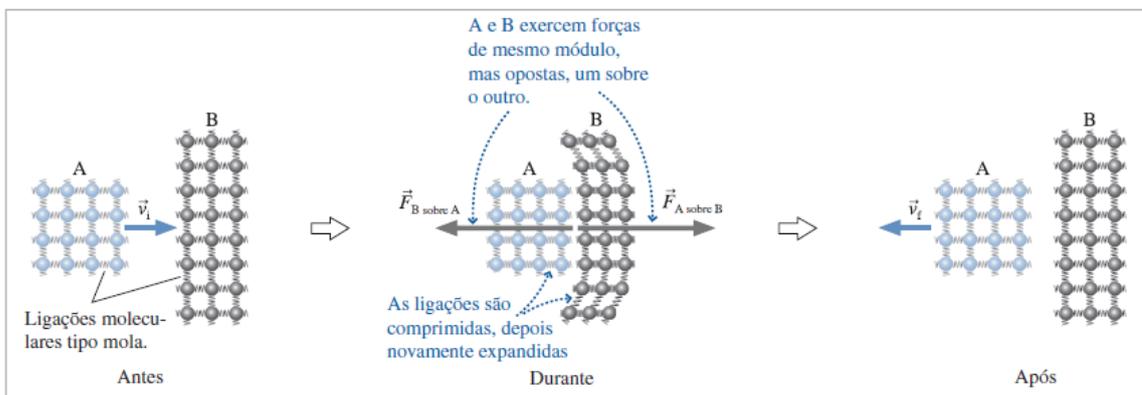
Conclui-se que, as forças de interações que formam os pares ação/reação para um sistema formado por apenas duas partículas, tem como resultante um somatório nulo. E que o mesmo acontece se ampliarmos esse sistema para N partículas, ou seja, os pares de

ação/reação anularão as somas das forças internas de qualquer sistema, restando apenas, como força resultante, o somatório das forças externas ao sistema. Apesar de saber que o estudo dos detalhes de uma colisão oblíqua pode propiciar um bom conhecimento da aplicação do momento, o intuito, aqui, é esclarecer o princípio de conservação do momento linear. Assim, após as conclusões feitas sobre o momento linear, analisaremos um outro tópico muito interessante dentro do conteúdo de Dinâmica, que é o impulso.

2.4 Impulso

Quando dois objetos colidem ocorre, em um intervalo de tempo muito curto, uma deformação momentânea desses objetos. Essa deformação é devido as ligações moleculares dos materiais, que funcionam como se fossem minúsculas “molas” ligando os átomos. Portanto, no momento da colisão ocorre a compressão das ligações atômicas dos materiais envolvidos e posteriormente a compressão ocorre a expansão entre as ligações atômicas, como ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1 - Ilustração das ligações atômicas em uma colisão entre dois objetos.



Fonte: KNIGHT, 2009.

A duração de uma colisão é muito breve, esse intervalo de tempo depende dos tipos de materiais envolvidos no choque e da dureza dos materiais. E, segundo Knight (2009, p. 241), “uma força intensa, exercida durante um curto intervalo de tempo, é chamada de **força impulsiva**”.

Se analisarmos essa colisão em uma dimensão, eixo x , segundo a segunda lei de Newton, podemos destacar a força impulsiva em função do tempo $F(t)$ como

$$ma_x = m \frac{v_x}{dt} = F_x(t). \quad (12)$$

Multiplicando os dois membros da equação (12) por dt , temos

$$mv_x = F_x(t) dt. \quad (13)$$

Na equação (13), ao integrarmos o primeiro membro em uma variação da velocidade que vai de v_{ix} a v_{fx} e o segundo membro em um intervalo de tempo que vai de t_i a t_f , tem-se

$$m \int_{v_i}^{v_f} dv_x = mv_{fx} - mv_{ix} = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (14)$$

Desse modo, pode-se observar que chegamos a uma variação do momento linear, então, podemos reescrever a equação (14) como

$$\Delta p_x = p_{fx} - p_{ix} = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (15)$$

Essa relação da variação do momento linear com a integral da força no tempo, nos levar a concordar com Knight (2009), que a chama de impulso (J_x). Assim, tem-se,

$$J_x = \int_{t_i}^{t_f} F_x(t) dt. \quad (16)$$

O resultado obtido na equação (16) pode ser escrito de forma mais clara para representar o **Teorema do Impulso-Momento**. Logo, para a coordenada x , temos:

$$\Delta p_x = J_x. \quad (17)$$

Segundo Knight (2009, p. 243), “o importante é a nova *ideia* de que um impulso exercido sobre uma partícula faz variar o momentum da mesma”.

Quando a bola se direciona para a parede temos uma velocidade positiva e, nesse instante, até o limite de tocar a parede, temos o momento da bola no sentido positivo. Assim, antes do contato temos: $v_{ix} > 0$ e $p_{ix} > 0$. Durante a interação da bola com a parede temos o impulso com a compressão das ligações atômicas dos materiais e seu ápice no pico da curva destacada no gráfico da força impulsiva, $F_x(t)$. Logo em seguida, ocorre a expansão das ligações atômicas dos materiais até que a bola deixe a superfície da parede. Nesse momento, a velocidade da bola muda de sentido para $v_{fx} < 0$ e, conseqüentemente, também muda de sentido o momento para $p_{fx} < 0$. A segunda parte do gráfico nos mostra o início e fim do contato da bola com a superfície, o que nos leva a observação da variação do momento linear e sua relação com o impulso gerado pela força impulsiva, ou seja, confirma o teorema do impulso-momento.

Durante o contato da bola com a parede existe uma perda de energia, a energia cinética é transformada em energia térmica e vibracional nos materiais envolvidos. Após a

compressão máxima, uma parte dessa energia é dissipada na parede e por isso a velocidade de retorno, em geral, é menor (FEYNMAN, 2009). Assim, percebe-se que existe uma relação próxima entre colisões e a energia gerada, quer sejam: a energia cinética devido a velocidade dos objetos, a energia vibracional devido as ligações atômicas dos materiais, ou a energia térmica advinda das vibrações das ligações atômicas que, após se transformar em energia térmica, se dissipa nos materiais. Por isso, depois dos comentários sobre colisões, se faz necessário uma explanação sobre energia e trabalho, ainda que de forma qualitativa, como discorrido a seguir.

2.5 Energia cinética e o teorema do trabalho

A energia é um conceito muito importante em Física e, através dela, pode-se ter um diálogo com outras ciências. O conceito de energia não se limita apenas a mecânica clássica, mas se estende à mecânica quântica por causa do interesse em variáveis que se mantêm constante na natureza. Ou seja, o conceito de energia foi construído ao longo do tempo pelos cientistas e levou a concepção de que é possível existir na natureza valores que não se alteram com o tempo. Como afirma Feynman,

Existe um fato, ou se você preferir, uma *lei* que governa todos os fenômenos naturais que são conhecidos até hoje. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata até onde sabemos. A lei é chamada de *conservação da energia*. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo (FEYNMAN, 2009, p. 39).

Assim, surge o princípio de conservação da energia a partir de observações dos processos de transformações de um tipo de energia em outro que ocorrem na natureza. Esse foi um dos motivos da demora da concepção da ideia do conceito de energia ao longo do tempo. Se considerarmos a ideia que um objeto possui energia porque está se movendo, podemos chegar à conclusão que existe uma relação da energia com a velocidade desse objeto. Assim, pode-se conceituar a energia associada ao movimento de um objeto como sendo a energia cinética. Expressa pela equação,

$$T = \frac{1}{2} m v^2. \quad (18)$$

Desta equação, podemos destacar que a energia cinética é uma grandeza escalar mesmo dependendo da velocidade, que é uma grandeza vetorial. Essa afirmação baseia-se no fundamento que tal dependência é ao quadrado da velocidade que é igual ao produto escalar $\vec{v} \cdot \vec{v}$. Outro ponto a destacar, é que a velocidade depende de um referencial determinado. Logo, um objeto possui energia cinética se estiver se movendo em relação a um referencial determinado, caso esteja em repouso em relação a esse referencial, ele não possuirá energia cinética.

Nesse sentido, o interesse é determinar qual a taxa de variação da energia cinética com o tempo. O que nos leva a expressão

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2}m \frac{d}{dt}(\vec{v} \cdot \vec{v}) = \frac{1}{2}m \left(\frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} + \vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \right). \quad (19)$$

Como o produto escalar é comutativo, podemos trocar a ordem dos produtos porque o resultado será o mesmo. Assim,

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2}m \left(2 \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} \right). \quad (20)$$

Logo,

$$\frac{dT}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} = \vec{F} \cdot \vec{v}. \quad (21)$$

Aqui, determina-se a taxa de variação temporal da energia cinética em função do produto escalar da força resultante pela velocidade adquirida por uma massa, que é o termo denominado de **potência**.

Prosseguindo com a análise da equação, podemos expressa-la em função da posição, pois o vetor velocidade é dado como a variação temporal da posição. Dessa forma, tem-se que,

$$\frac{dT}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (22)$$

Eliminando-se dt , dos dois membros da equação, teremos

Durante esse pequeno deslocamento da partícula, tem-se uma pequena variação da energia cinética que é dada pelo produto escalar da força resultante pela pequena variação do vetor deslocamento. Todavia, se formos prever a mudança da energia cinética em um deslocamento finito, por exemplo, da posição \vec{r}_1 para \vec{r}_2 devemos somar todos os pequenos intervalos $d\vec{r}$ sujeitos as variações das forças durante o percurso. E esse somatório é realizado

com o uso de uma integral de linha que depende do percurso do objeto sobre a trajetória, denominado de trabalho, expressando-se por:

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = \Delta T. \quad (23)$$

Assim, demonstrou-se que a aplicação de uma força resultante sobre uma partícula pode deslocá-la de uma posição inicial para uma posição final e, com o deslocamento, a partícula sofre uma variação em sua energia cinética que é igual ao trabalho realizado pela força resultante sobre a partícula entre as duas posições em uma trajetória. Esse enunciado é o que denomina-se de **teorema do trabalho-energia cinética**, representado por

$$\Delta T = W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}. \quad (24)$$

2.6 Energia potencial e conservação da energia mecânica

Apesar da definição do teorema do trabalho-energia cinética depender do percurso que a partícula realiza em uma trajetória, alguns estudos em Física mostram que há forças para as quais o trabalho realizado, entre dois pontos, sobre um objeto não depende da trajetória. Tais forças são muito importantes no estudo de fenômenos físicos e são chamadas de **forças conservativas**.

O conceito de forças conservativas associa-se a uma extensão do conceito de energia cinética que nos direciona a uma definição de energia. Quando se tem uma interação conservativa pode-se construir uma ideia do que é a energia potencial, que se associa a energia cinética para a construção de um outro conceito de energia denominado energia mecânica total, que na condição de conservativa permanece constante.

Pode-se definir algumas das forças conservativas existentes na natureza, como é o caso da força gravitacional. Assim, define-se uma função que dependa apenas das posições, com o valor zero para a posição \vec{r}_0 , que é uma posição arbitrária. Logo, escreve-se a função,

$$U(\vec{r}) = -m\vec{g} \cdot \Delta\vec{r}. \quad (25)$$

Esta função pode ser expressa dessa forma porque não depende do caminho, mas somente das posições \vec{r}_0 e \vec{r} . E essa função, como já definida anteriormente, é o trabalho realizado pela força sobre uma partícula entre as duas posições definidas, $W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}}$. Porém, se quisermos determinar um trabalho total realizado que se inicia na posição \vec{r}_0 e vá até a posição \vec{r}_2 , podemos escrever que:

$$W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1} + W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2}, \quad (26)$$

que também pode ser escrito da seguinte forma,

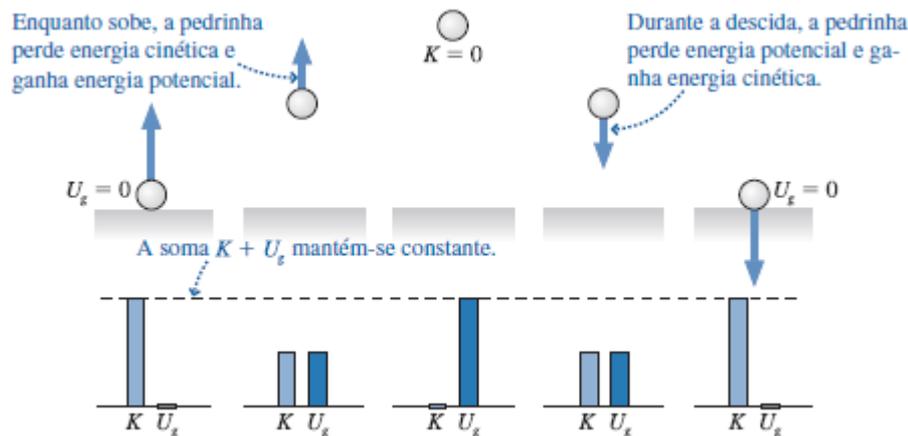
$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_2} - W_{\vec{r}_0 \rightarrow \vec{r}_1}. \quad (27)$$

Logo, podemos definir que,

$$W_{\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2} = -U(\vec{r}_2) + U(\vec{r}_1). \quad (28)$$

A equação Na **Figura 2**, temos um exemplo da conservação da energia mecânica, em que uma pedrinha é lançada para cima a partir solo e, ao atingir a sua altura máxima, retorna ao ponto de partida; considerando, também, que as forças atuantes sejam conservativas. A energia cinética está associada ao quadrado da velocidade adquirida pela pedrinha e a energia potencial é associada à altura atingida pela mesma.

Figura 2 - Demonstração gráfica da conservação da energia mecânica.



Fonte: KNIGHT, 2009.

Pela **Figura 2** verificamos que no ponto de partida a energia potencial da pedrinha é zero, considerando o solo como referencial. A partir do momento em que a pedrinha entra em movimento para cima, sua velocidade é diferente de zero, logo, existe uma energia cinética associada à velocidade. E, como a altura começa a aumentar, existe uma energia potencial associada a ela. Conforme a pedrinha vai subindo, ela vai diminuindo sua velocidade, consequentemente, diminui sua energia cinética, até atingir a altura máxima, ponto em que sua energia cinética é zero, pois a pedrinha adquire o repouso para mudar de sentido. No intervalo do solo à altura máxima, observa-se que a energia cinética é transformada em energia potencial em uma proporção que a soma das duas permanece constante. Por outro lado, quando a pedrinha começa a descer, ela aumenta sua velocidade e diminui sua altura, ou seja, a energia potencial da pedrinha é transformada em energia cinética que ao atingir o solo alcançará sua energia cinética máxima com a que tinha no momento de partida. Mas, para

ambos os casos, subida e descida da pedrinha, a energia é transformada de cinética em potencial ou de potencial em cinética de maneira que a energia mecânica permaneça constante.

3. Comandos do game Zeeman

Todos os comando para se jogar esse game são fácies de se aprender, porque, além de se usar poucas teclas, elas são de conhecimento comum para quem usa o teclado de computadores. Esse conjunto de teclas são usados para escolher a fase que se quer iniciar, iniciar o jogo, conduzir o herói pelo game, atacar durante as batalhas, responder as perguntas conceituais, colocar os códigos das perguntas subjetivas, aumentar o “*life*” do herói durante as lutas ou depois das lutas e reiniciar a fase.

Abaixo segue a lista de comandos game com suas funções e utilidades para o jogador:

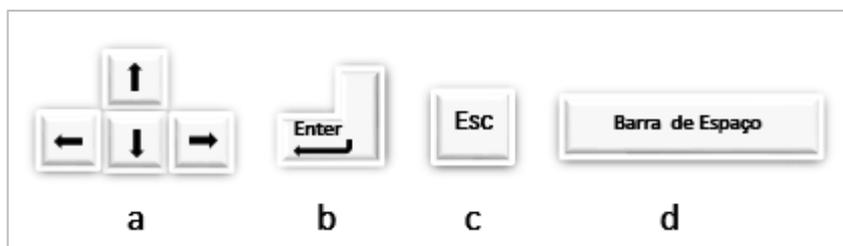
- as teclas do cursor, Figura 3a, servem para o jogador direcionar, na tela inicial, a escolha de iniciar o novo jogo, continuar e opções. Depois de iniciado o jogo, elas são usadas conduzir o herói, isso também pode ser feito com o *mauser*, e para escolher a fase que se quer jogar. Também, são usadas para escolher a opção de resposta nas questões conceituais e colocar o código nas questões subjetivas.

- a tecla Enter, Figura 3b, serve para confirmar a escolha feita com a tecla do cursor e passar os quadros das perguntas e diálogos no game.

- a tecla Esc, Figura 3c, serve para acessar os itens que o herói conseguir pegar durante o jogo, por exemplo, as poções de cura que aumentam o seu “*life*”. Essa tecla também serve para retornar ao jogo depois de escolhido um item.

- a tecla da barra de espaço, Figura 3d, é utilizada para fazer o herói atacar os monstros guardiões.

Figura 3 - Teclas de comandos do game Zeeman. **a)** Tecla para movimentar o herói e fazer escolhas no game; **b)** Tecla de confirmação de uma escolha no jogo; **c)** Tecla para retornar uma ação no game; **d)** Tecla de ataque.



Os comandos do jogo são fáceis para garantir uma boa jogabilidade e diversão ao aluno. De maneira que, em poucos minutos o professor poderá ensinar os comandos do jogo

aos educandos, ou os mesmos podem entender como se joga o game e como são realizadas as avaliações com o jogo, lendo esse produto educacional.

4. Iniciando o game Zeeman

Ao se iniciar o game aparece a tela da Figura 4, com as opções de novo jogo, continuar e opções. A opção “Novo jogo” já é auto explicativo, ou seja, o aluno iniciará um jogo novo. Ao optar por “Continuar”, o educando voltará para o início da fase e recomeçará a avaliação, porém as perguntas conceituais são modificadas automaticamente, ou seja, não serão as mesmas do início do jogo. Ao escolher “Opções”, o jogador poderá aumentar, diminuir ou anular o som do jogo e dos ataques.

Figura 4 - Tela inicial do game Zeeman.



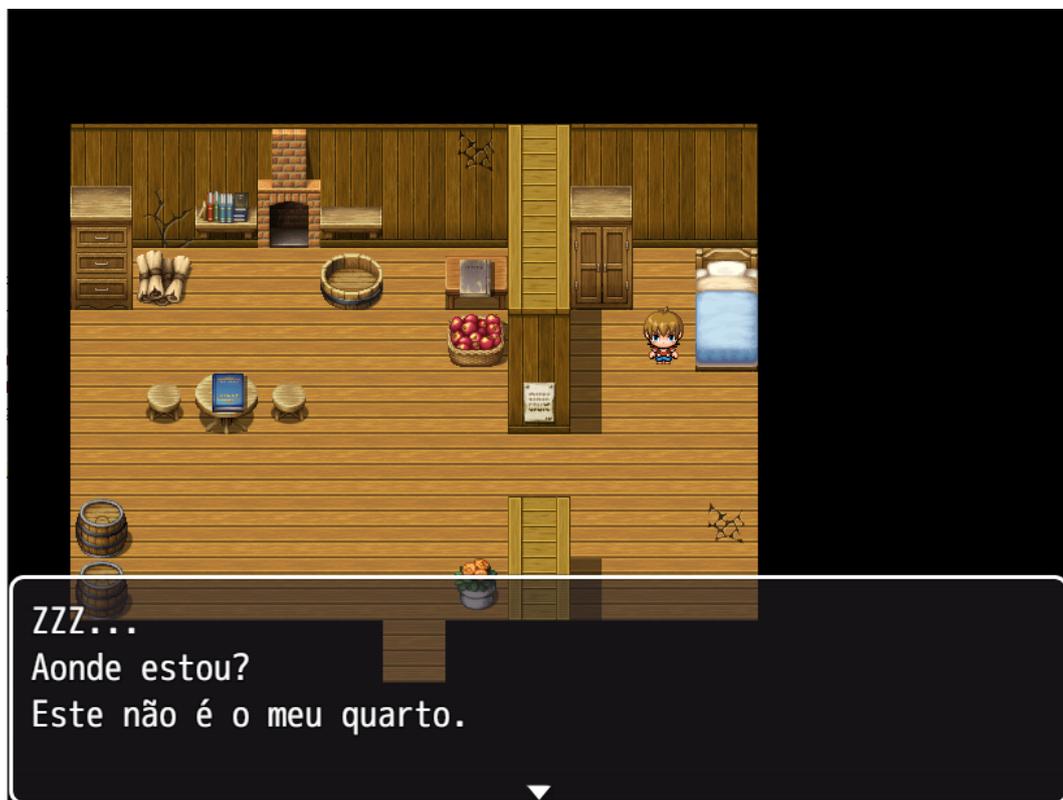
Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

O enredo do jogo se passa em um planeta dominado pelos conceitos Físicos, onde os fenômenos físicos são debatidos constantemente. Tudo começa quando o Prof. Dr. Max, pai solteiro e que trabalha com Mecânica Quântica Avançada, acidentalmente descobre um portal para um planeta chamado “Zeeman”, e é sugado por este portal deixando seu filho, Niels, um adolescente estudante do Ensino Médio, sem saber o que aconteceu com seu pai. Ao chegar

no planeta, o Prof. Max percebe que o mesmo pode conter respostas para suas perguntas sobre suas pesquisas que podem leva-lo a grandes descobertas em Tecnologias Quânticas.

Niels, ao chegar da escola, percebe que seu pai havia desaparecido e começa a procurá-lo em todos os cômodos da casa. Ao chegar no laboratório de seu pai, encontra os manuscritos que Ele havia deixado para trás ao ser absorvido pelo portal. Niels começa a lê-los, na expectativa de encontrar respostas para o sumiço de seu pai, quando se depara com o portal para o planeta Zeeman. Então, atravessa o portal e começa a sua peregrinação, nesse “novo mundo da Física”, em busca do paradeiro de seu pai, Figura 5.

Figura 5 - Chegada do herói Niels no planeta Zeeman.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2018.

Quando Niels chega em uma cidade do planeta Zeeman, percebe que aquele planeta se parece muito com a Terra, porém em uma época que mais parece o período medieval. Então, ele parte em busca de pistas que levem ao seu pai e, ao se aproximar de uma senhora que está estendendo roupa em um varal, começa um diálogo. Nessa conversa, a senhora explica para Niels o fenômeno físico responsável pela secagem das roupas quando exposta a luz solar, e na continuação do diálogo a personagem explica como as roupas secam com a ação do vento, conforme ilustra **Figura 6**.

Figura 6 - Diálogo entre o herói e um habitante do planeta Zeeman



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Esses diálogos podem ser vistos como uma oportunidade de discutir outros fenômenos físicos que, necessariamente, não seja sobre Dinâmica, tema deste trabalho. Essas discussões podem aguçar a curiosidade do jogador sobre outros fenômenos, o que pode levá-lo a pesquisar na literatura sobre o assunto ou perguntar ao professor, caso não entenda o que foi explicado pelo personagem do jogo.

Mas, no início do jogo, quando Niels chega em Zeeman, o jogador tem a opção de ir direto para o local onde ocorre a avaliação e, também, escolher para qual fase (avaliação) deseja iniciar. Assim, o jogador decide se quer ir direto para uma das avaliações ou quer fazer uma espécie de turismo na cidade e conversar com os habitantes de Zeeman para conhecer um pouco mais sobre a Física do cotidiano, Física Moderna e Mecânica Quântica.

4.1 Como utilizar o game “Zemann” para avaliar

Como explicado anteriormente, o herói pode ter um diálogo com personagens fixos do game e necessariamente não são apenas com pessoas, mas também com os baús nos locais de avaliação. E nesses diálogos, pode ser realizada uma discussão para explicação de algum fenômeno Físico, por exemplo. E com base nessa possibilidade de diálogo entre os personagens, é que se tem o precedente para que ocorra um jogo de perguntas e respostas sobre os conteúdos que foram trabalhados em sala de aula neste estudo.

Ao chegar no planeta Zeeman o herói Niels, que personifica o aluno ou jogador, tem a opção de ser transportado diretamente para o local onde ocorrerá a avaliação da aprendizagem dos conteúdos da dinâmica, Figura 7.

Figura 7 - Teletransporte do herói Niels direto para uma das avaliações.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Dentre as escolhas, encontram-se as cinco torres correspondentes as avaliações da aprendizagem dos conteúdos da dinâmica ministrados em sala de aula que são distribuídas da seguinte forma: Torre 1, corresponde a primeira avaliação; Torre 2, representa a avaliação de recuperação da primeira avaliação; Torre 3, é a segunda avaliação; Torre 4, representa a

terceira avaliação; por fim, a Torre 5, que corresponde a avaliação final, ou seja, se por acaso o discente não obtiver êxito nas demais avaliações, o mesmo será submetido à quinta fase do game, composta com todos os conteúdos das três avaliações anteriores.

Ao encontrar o Velho Sábio, Niels é orientado, a antes de prosseguir em busca de seu pai, que seus conhecimentos adquiridos nos conteúdos de Dinâmica sejam testados pelos Guardiões de Energia (ver **Figura 8**). Nesta etapa, Niels também é presenteado pelo Velho Sábio com um manto da invisibilidade, que servirá para tornar o jogador invisível para os orcs, gárgulas e monstros que guarnecem o lugar onde se encontram os Guardiões.

Figura 8 - Orientações do velho Sábio para Niels.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

O manto da invisibilidade é uma estratégia de manter o aluno no jogo para que sua avaliação seja concluída. Porém, o manto só tornará Niels invisível até que o mesmo consiga chegar ao próximo Guardião, nesses encontros, serão feitas as perguntas teóricas sobre Dinâmica, na **Figura 9** mostra um dos diálogos que podem ser encontrados no jogo. Sempre que o jogador chegar ao Guardião de Energia, é exposto o número do Guardião, ou seja, se é o

primeiro, segundo, ..., décimo quinto Guardião. Isso para que o aluno possa se situar em qual pergunta teórica ele se encontra, pois são disponibilizadas quinze perguntas teóricas distribuídas em cada uma das fases do game. Cada ponto de pergunta teórica (locais onde se encontram os Guardiões de Energia que realizarão as perguntas teóricas) possui uma aleatoriedade de três perguntas. Para mudar de fase, o discente (jogador) terá que responder apenas dez das quinze disponibilizadas.

Na **Figura 9** se observa que existe uma pequena grade (porta) fechada e que a mesma só é aberta depois que o jogador responde a pergunta do Guardião. Essa porta indica o caminho para o próximo Guardião, isso facilita para que o aluno perceba o caminho que deve seguir no game. Outro indicador do caminho certo no jogo é a mensagem “Muito bem” proferida pelo Guardião que já teve sua pergunta respondida.

Figura 9 - Encontro do herói com o primeiro Sábio Guardião de Energia.

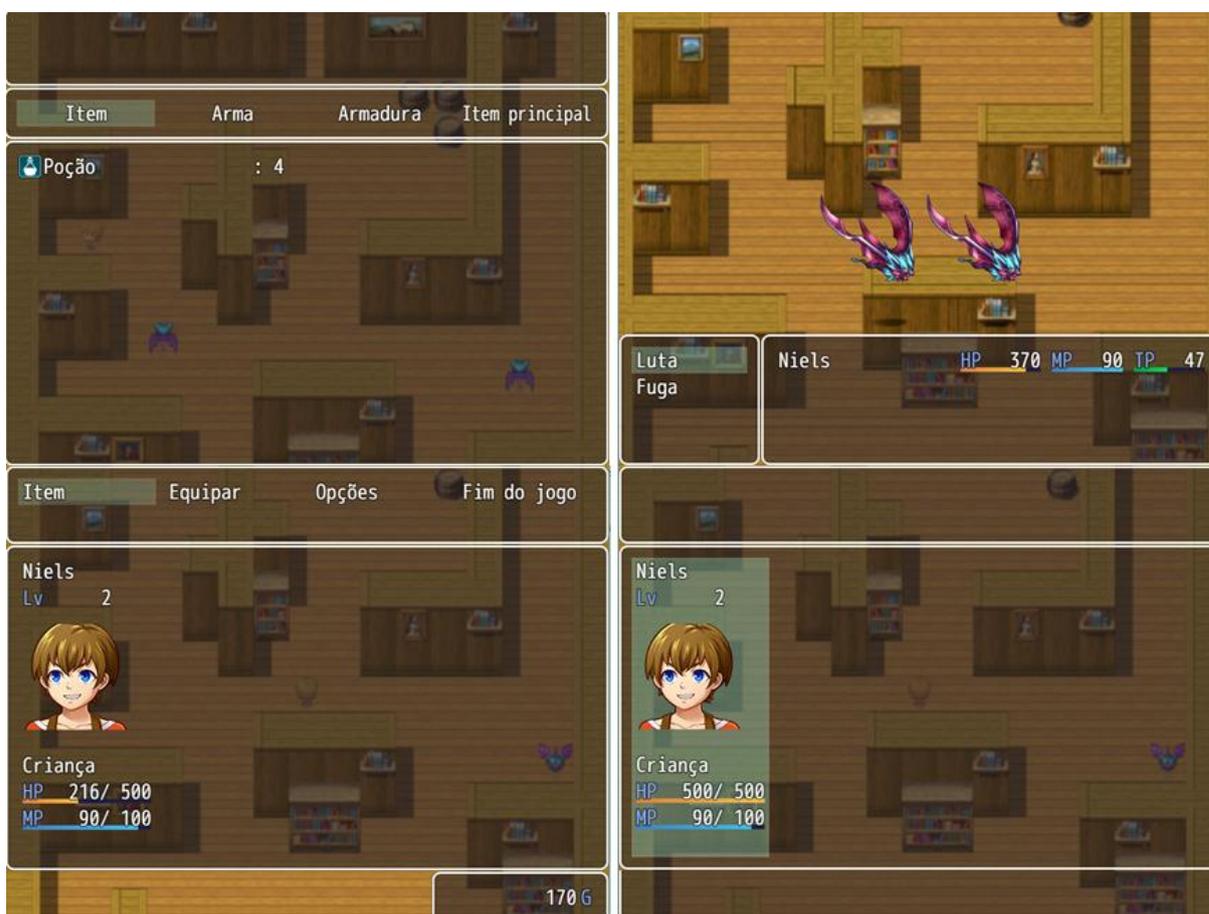


Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Ao responder a pergunta teórica corretamente, como mostra a **Figura 9**, o jogador poderá optar pela “invisibilidade”, que lhe garantirá chegar até o próximo guardião sem que

seja atacado pelos monstros que guarnecem o local, ou optar pela “porção de cura”, que lhe restaurará seu “life”, caso o herói tenha lutado e se ferido na batalha. Uma estratégia é optar pela invisibilidade, pois sempre haverá porções de cura espalhadas pela fase do jogo. E, essas porções podem ser guardadas como “item” pelo jogador para serem usadas sempre que precisar curar seus ferimentos após uma batalha. A **Figura 10** representa uma simulação da invisibilidade do herói após ter tomado uma porção de cura.

Figura 10 - Estratégia do uso da porção de cura para se manter invisível no jogo.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Na **Figura 10**, observa-se que durante o jogo foram guardados quatro itens de porção de cura, ao entrar em combate com as gárgulas, o herói perde parte de seu “life” simbolizado pela sigla HP. No final da batalha, Niels sai vencedor mais seu HP, que era de 500, cai para 216, e, ao usar uma das quatro porções que tinha anterior a batalha, seu HP volta a ser de 500. Com essa estratégia de estocar porções de cura, o aluno permanecerá no jogo e as batalhas serão apenas uma diversão a parte, ou seja, o discente conseguirá terminar sua avaliação da aprendizagem com o uso do game.

Como o intuito desse projeto é a substituição da avaliação convencional pela avaliação com o uso do game Zeeman, não poderia deixar de faltar no jogo as questões de cálculo, mesmo que a ênfase seja para aquisição do conhecimento teórico da Física conceitual. Na

Figura 11, tem-se um exemplo de como são feitas as perguntas que requerem um pouco de conhecimento matemático e uma interpretação conceitual para suas soluções no game.

Figura 11 - Pergunta de cálculo e a solução como código para abri o baú.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Além existir diálogos entre o herói e os personagens fixos no jogo, objetos como os baús que se encontram espalhados pelas fases do game, também podem dialogar com o herói. Então, foi proposto que para abrir o baú, o jogador tem que inserir um código ou senha. Esse código é exatamente o número que corresponde a solução do problema proposto pelo baú. Ao conseguir abrir o baú, Niels ganhará algumas moedas para comprar o que quiser nas cidades e o aluno ganha uma explicação sobre o fenômeno que poderá lhe ajudar a resolver as próximas perguntas, que seja objetiva ou de cálculo. Essa recompensa pelo sucesso na resolução do

problema é para motivar o aluno e conduzi-lo ao êxito em sua avaliação, também conhecida como gamificação¹. Além das dicas nos baús, existem no game vários pergaminhos espalhados que também presenteia o aluno com bônus em forma de explicações rápidas sobre Dinâmica.

Outro ponto que deve ficar claro para o aluno, é quanto aos valores atribuídos à solução das perguntas dos baús, pois quando forem valores decimais, o resultado será mostrado através do teclado do game, e no lugar da vírgula será usado o ponto e vírgula (ver **Figura 12**).

Figura 12 - Utilização do teclado do game para resultados decimais.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

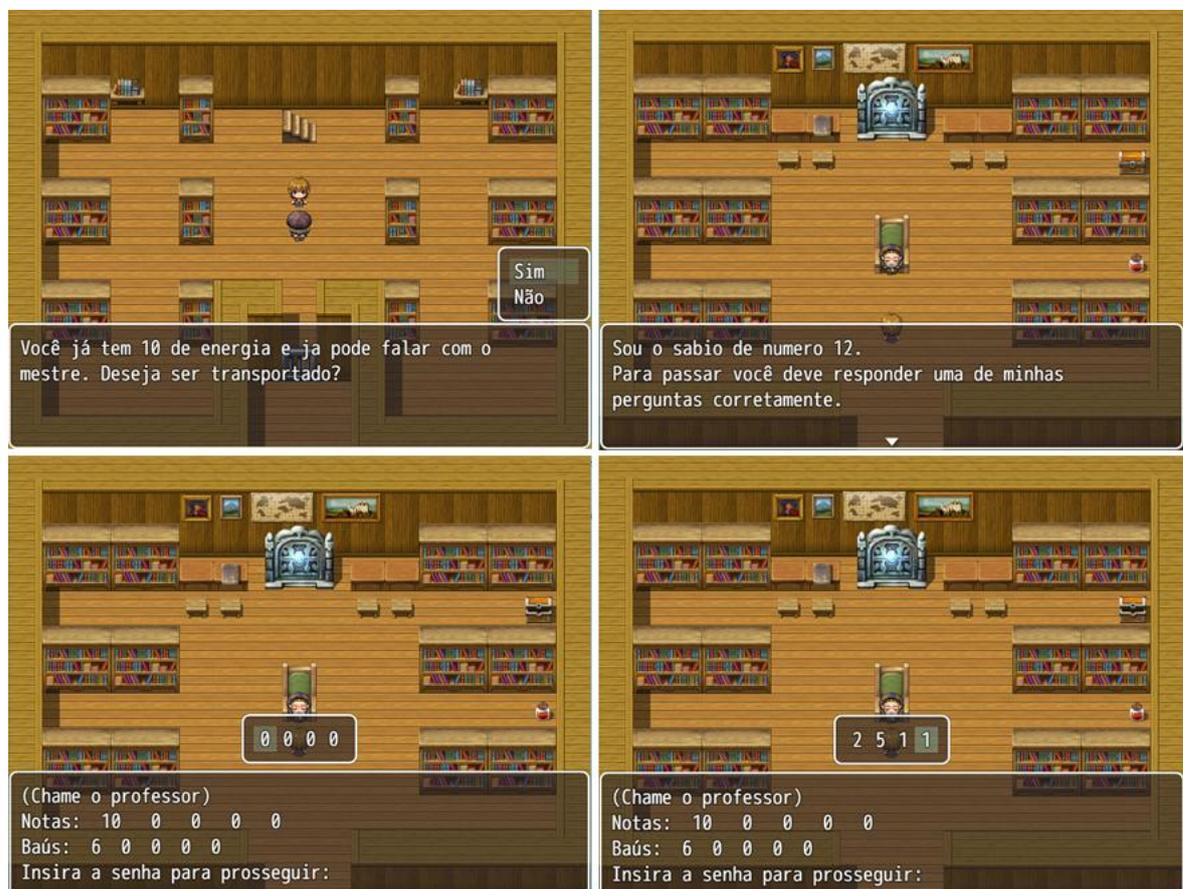
No quarto quadrinho da **Figura 12**, tem-se mais um exemplo de gamificação no game. Na sala onde se encontra o Guardião de Energia, ou em outros lugares do jogo, pode

¹ Gamificação é um fenômeno emergente, que deriva diretamente da popularização e popularidade dos games, e de suas capacidades intrínsecas de motivar a ação, resolver problemas e potencializar aprendizagens nas mais diversas áreas do conhecimento e da vida dos indivíduos (FARDO, 2013, p. 2).

haver um pergaminho com uma boa dica para ajudar o aluno a resolver as próximas questões. Essa ideia parte da compreensão que durante a avaliação, o professor pode fornecer informações, quando requisitada pelo aluno, que direcione o discente ao pensamento correto para a solução de problemas propostos. Isso não significa fornecer a resposta pronta ou a solução do problema, mas conduzir o educando ao pensamento autônomo e ao raciocínio cognitivo das questões que se encontram no game. Nesse contexto, a avaliação proposta pelo jogo possui mais um ponto que o diferencia da avaliação convencional, além da ludicidade natural dos games.

Para cada resposta correta das questões objetivas dos Guardiões, o jogador receberá uma fração de 1/10 da quantidade total de energia que irá precisar para ser teletransportado para outra cidade do planeta Zeeman, que pode ser, por exemplo, para a segunda fase do game. Pois, a energia para que Niels seja teletransportado deve ser exatamente a de dez Guardiões, o que significa que o jogador terá que responder corretamente dez perguntas sobre Dinâmica em cada fase, das quinze disponibilizadas por fase, conforme exemplo mostrado nas quatro ilustrações da **Figura 13**.

Figura 13 - Finalização da fase com o resultado da avaliação do aluno.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

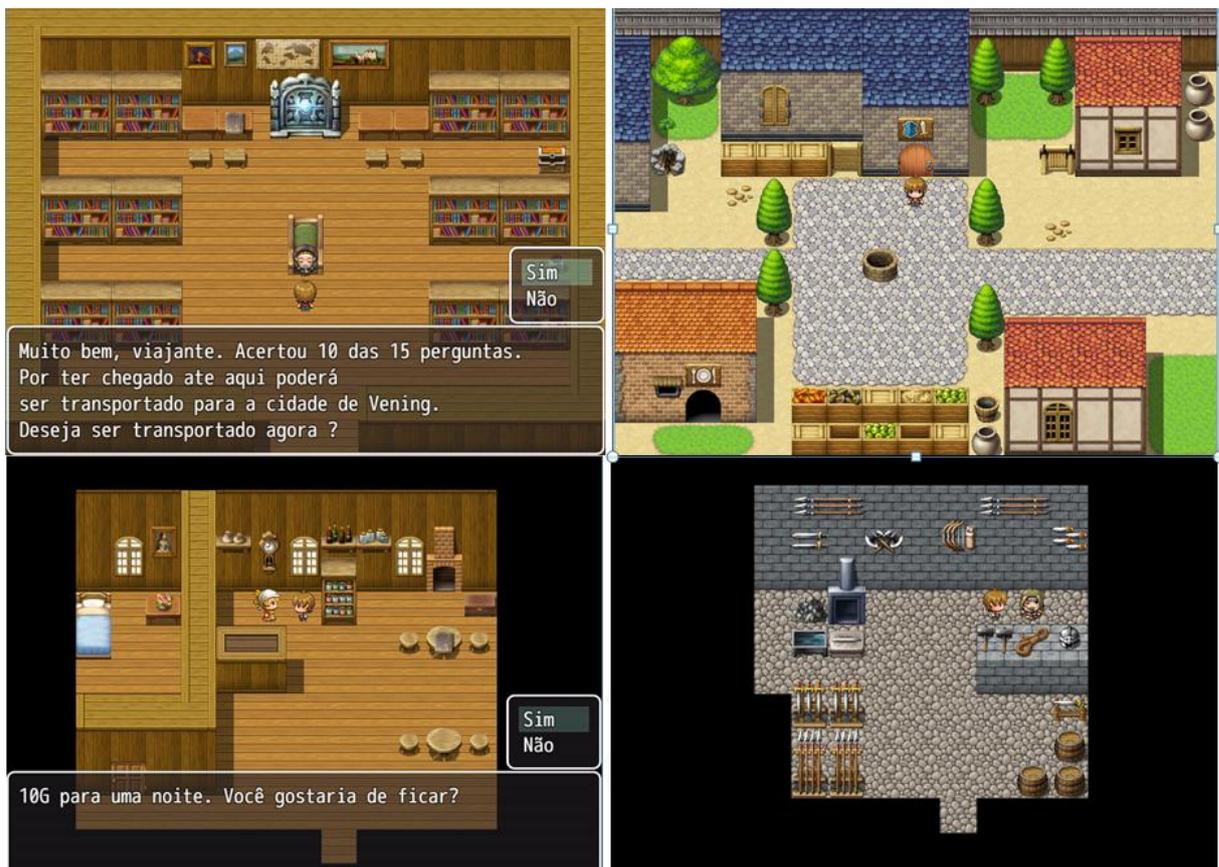
Depois de alcançar os dez acertos, o próximo guardião perguntará se Niels quer falar com o Mestre dos Guardiões. Se o responder que “Sim”, Niels será enviado para o Mestre, representado pelo Sábio Guardião de número 12 (ver **Figura 13**). Apesar desse guardião mencionar que Niels tem que responder uma de suas perguntas, assim que o jogador apertar a tecla “Enter” ou clicar no “Mauser”, aparecerá na tela a mensagem “Chame o professor”. Observa-se nessa tela que é preciso inserir um código para prosseguir, isso impede o aluno de sair da tela sem que o professor faça análise de sua nota.

4.2 Uma proposta de avaliação com o game Zeeman

Dez ou mais questões objetivas respondidas corretamente corresponderão a uma nota 6,0 (seis) e cada baú corresponde a 1,0 (ponto). No exemplo mostrado na **Figura 13**, a nota seria 6,0 (seis) pontos de teoria e 6,0 (seis) pontos de cálculo, somando um total de 12,0 (doze) pontos, ou seja, a nota desse aluno seria 10,0 (dez) nessa avaliação. Esse foi o modelo de proporção utilizado nesse trabalho, mas, nada impede que cada professor crie seu próprio modelo ao utilizar este game-avaliação. Um ponto relevante que se tem com a utilização desse game em substituição da avaliação convencional, é que o resultado da avaliação é obtido imediatamente no final de cada fase. Por fim, o código é inserido e o mestre guardião pergunta se Niels quer ser teletransportado para outra cidade (próxima fase). Respondendo “Sim”, o herói aparecerá em outra cidade para descansar, comprar armas e se alimentar. A

Figura 14 mostra possíveis cenários que podem ocorrer após a finalização de uma etapa do jogo.

Figura 14 - Chegada do herói na próxima cidade para descansar e compara armas.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Se sua resposta for “Não”, o game retorna ao menu inicial. Dessa forma, o jogador poderá optar por “Continuar” a jogar e tentar melhorar sua nota, caso não tenha obtido uma boa pontuação (ver **Figura 15**).

Figura 15 - Menu inicial do game com a opção de continuar a jogar.



Fonte: Desenvolvido na plataforma RPG Maker MV, 2015. UFMA, 2019.

Ao optar por continuar, o aluno retornará para o início da avaliação correspondente a fase que encerrou. E, ao reiniciar a fase, as perguntas conceituais não serão as mesmas feitas anteriormente, pois o game possui uma aleatoriedade de três questões para cada Guardião de Energia. Porém, as novas perguntas conduzem o discente para a mesma construção do conhecimento que as questões anteriores, ou seja, o grau de dificuldade vai aumentando de acordo com o número do Sábio, até que o educando atinja o conhecimento mínimo, estipulado pelo professor, que precisará para o próximo conteúdo a ser ministrado.

Logo, são anotadas as pontuações dos baús e dos guardiões, por exemplo, se aluno acertou as respostas de 2 (dois) baús e de 5 (cinco) guardiões, sua nota corresponderá aos dois pontos dos baús mais três pontos proporcionais aos cinco acertos das perguntas conceituais dos guardiões, assim, sua nota será 5 (cinco). Se ainda tiver tempo de avaliação, o educando

poderá retornar ao início da fase e tentar as dez questões conceituais dos guardiões para aumentar sua proporção para 6 (seis) pontos nas teóricas. Como já havia acertado 2 (dois) baús, que correspondem a dois pontos, sua nota passará para 8 (oito) pontos.

Como o objetivo deste trabalho é avaliar a aprendizagem do aluno em Dinâmica, o jogo pode ser iniciado em qualquer uma das cinco fases, ou seja, iniciado na fase que corresponde ao conteúdo ministrado em sala de aula, conteúdos que foram divididos no game conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2 - Divisão dos conteúdos trabalhados por etapas no jogo.

1ª Etapa/Fase	Leis de Newton e suas aplicações
2ª Etapa/Fase	Leis de Newton e suas aplicações
3ª Etapa/Fase	Impulso, momento linear e colisões
4ª Etapa/Fase	Trabalho e energia
5ª Etapa/Fase	Revisão dos conteúdos

Os conteúdos assim distribuídos no jogo, estão de acordo como foram ministrados durante a aplicação do protótipo em sala de aula. Ou seja, a primeira fase correspondeu a primeira avaliação, a segunda foi aplicada como recuperação da primeira, por isso a repetição dos conteúdos, a terceira correspondeu a segunda nota, a quarta foi usada como terceira nota e a quinta fase contribuiu para a recuperação final.

Neste contexto, a avaliação da aprendizagem feita por este game educacional não será uma medida taxativa de aprovar ou reprovar, ou uma forma de excluir o aluno e, sim, um processo de aprendizagem e inclusão do discente na busca pelo conhecimento. A aprendizagem do aluno passa a ser o objetivo do processo avaliativo e a relação professor-aluno se tornar mais próxima e humana, e não uma relação de notas, sistema ou coisas, afinal o aluno é parte maior do processo de aprendizagem e o sistema de ensino só existe porque existe o aluno (LUCKESI, 2011).

A premissa por desenvolver um produto educacional que possa avaliar o aprendizado do aluno quanto aos conteúdos de Dinâmica trabalhados em sala de aula e

aproximar a busca do conhecimento a uma tecnologia que o aluno associe ao seu cotidiano, como forma de mudança na práxis pedagógica do professor em sala de aula, foi construída devido a avaliação ser vista como um processo contínuo não como uma média, uma nota, um conceito, e sim, um mecanismo que subsidia o ensino e aprendizagem do aluno. Visto por essa perspectiva, o discente não será rotulado de bom ou ruim, mas alcançará um conhecimento mínimo estipulado pelo professor para que o aluno possa prosseguir para outro tema, pois todos são capazes de aprender e entender os conteúdos de Física, segundo a teoria das inteligências múltiplas (GARDNER, 1994). E aqui vale lembrar, que a avaliação é feita de forma diagnóstica, formativa e somativa, ou seja, após as aulas os alunos podem ser submetidos ao jogo para serem avaliados os seus pontos fortes e suas deficiências em dinâmica (diagnóstica), depois de detectados os pontos fracos os mesmos podem ser desenvolvidos com atividades que faça o aluno evoluir no conteúdo (formativa) e, por fim, depois de todo esse processo, submetê-los novamente ao jogo para uma nova avaliação (somativa), fechando o processo avaliativo e preparando o educando para a próxima etapa dos conteúdos. Dessa forma, não ocorre exclusão ou seletividade, e sim, inclusão e um convite pra que os discentes continuem a busca pelo aprender e a construir o caminho do conhecimento com autonomia e autoria.

5. Mensagem ao professor

Prezado Professor,

Este material instrucional, aqui descrito, é para ser utilizado em sala de aula com o intuito de substituir a avaliação convencional por um game. A realização da avaliação com este protótipo lhes poupará longas horas de correção de provas escritas, algo que faz parte da árdua carreira de um professor. Pois, os resultados das avaliações são disponibilizados automaticamente após o fim de cada fase do game. Todavia, torna-se necessário que fique claro para os alunos a funcionalidade do jogo, a proporcionalidade dos acertos das questões conceituais com a nota da avaliação, a proporcionalidade dos acertos das questões subjetivas dos baús com a nota da avaliação. A descrição da proporcionalidade dos acertos das questões com a nota da avaliação neste material é apenas um modelo, não significa que o professor possa fazer o mesmo parâmetro.

As questões utilizadas no game, bem como as explicações dos pergaminhos e as dicas dos baús foram embasados em livros didáticos atuais que versam sobre os conteúdos da Dinâmica, de autores consagrados na literatura da Física para o Ensino Médio, como: Ramalho, *et. al.* (2009), Kazuhito, *et. al.* (2012), Hewitt (2015) e Hellou, *et. al.* (2016).

O *download* do game pode ser feito gratuitamente no portal “A Luz da Física”, no site <<https://www.portaaluzdafisica.com.br>>. Professor, faça bom uso do game em sua sala de aula, pois o mesmo foi pensado para contribuir com o seu trabalho e introduzir na escola mais uma ferramenta tecnológica que aproxime o aluno ao conhecimento dos fenômenos explicados pela Física.

Bibliografia

- BENTO, E. M. C. Uma nova visão da história da mecânica. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n.1, p. 45-70, 1983.
- FARDO, M. L. A GAMIFICAÇÃO APLICADA EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 1, jul., 2013.
- FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman** [recurso eletrônico]: edição definitiva/ Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução Antônio José Roque da Silva, Sylvio Roberto Accioly Canuto. – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GARDNER, Howard. **Estrutura da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas**. trad. Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.
- HELOU, D. R.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Os Tópicos da Física**. v. 1, 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016, p. 401.
- HEWITT, Paul G. **Física conceitual** [recurso eletrônico]/Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- HOFFMANN, Jussara. **Avaliar para promover: as setas do caminho**. 11. ed. ver. e atual. ortog. Porto Alegre: Mediação, 2009.
- KAZUHITO, Y.; FUKE, L. F.; SHIGEKIYO, C. T. **Os Alicerces da Física**. v. 1, 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2012, p. 532.
- KNIGHT, Randall. **Física 1: uma abordagem estratégica** [recurso eletrônico] / Randall Knight; tradução Trieste Freire Ricci. 2. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- LUCKESI, C. C. **AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM ESCOLAR: Estudos e proposições**. 22ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- RAMALHO, J. F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. S. **Os Fundamentos da Física**. v. 1, 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009, p.513.
- STEAM: RPG Maker MV Bundle**, 2015. Disponível em: <<http://store.steampowered.com/news/?appgroupname=RPG+Maker+MV+Bundle&appids=363890,426100,403870,405920>>. Acesso em: 23 de Ago, 2017.
- ZANETIC, João. DOS “PRINCIPIA” DA MECÂNICA AOS “PRINCIPIA” DE NEWTON. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 5, número especial, p. 23-35, 1988.

Pedro Alves Fontes Neto

Professor de Física e autor desse e-book

e-mail: pedro.fontes@ifma.cdu.br

ZEEMAN