

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Gustavo da Silva Ferreira

**O ensino das interações gravitacional e eletromagnética por meio de um jogo
de RPG**

Juiz de Fora
2019

Gustavo da Silva Ferreira

**O ensino das interações gravitacional e eletromagnética por meio de um jogo
de RPG**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora/Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Diana Esther Tuyarot de Barci

Juiz de Fora
2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

da Silva Ferreira, Gustavo.

O ensino das interações gravitacional e eletromagnética por meio de um jogo de RPG / Gustavo da Silva Ferreira. -- 2019.

147 p. : il.

Orientadora: Diana Esther Tuyarot de Barci

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.

1. Gamificação. 2. Ensino de Física. 3. Novas Metodologias. I. Esther Tuyarot de Barci, Diana, orient. II. Título.

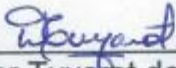
Gustavo da Silva Ferreira

O ensino das interações gravitacional e eletromagnética por meio de um jogo de RPG

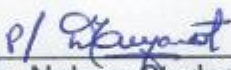
Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora/Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 09 de setembro de 2019.

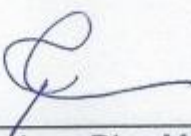
BANCA EXAMINADORA



Prof.^ª. Dr.^ª. Diana Esther Tuyabot de Barci – IF Sudeste-MG (Orientador)



Prof. Dr. Nelson Studart Filho – UFABC)



Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes – UFJF

Dedico esta dissertação à minha família, que me incentivou a buscar uma das maiores riquezas: o saber.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa aqui apresentada não seria possível sem se considerar a ajuda, nas suas mais diversas formas.

Primeiramente, agradeço à minha esposa, Josiane, que me incentivou a cursar o Mestrado e, por diversas vezes, ficou sobrecarregada com os afazeres domésticos para que eu pudesse me dedicar aos estudos e ao projeto.

Agradeço à Melissa e à Sofia, minhas filhas, que souberam esperar o momento de brincar comigo, enquanto eu acabava de ler um artigo ou tentava escrever algo relativo ao projeto.

Aos meus pais, Maria e Fernando, que se alegraram com as minhas conquistas e me confortaram nas minhas derrotas.

Aos membros de “A Matilha”, que passaram inúmeras horas jogando RPG comigo, proporcionando situações divertidíssimas e momentos inesquecíveis para mim, os quais foram fundamentais ao desenvolvimento do produto; ao Juliano, que me ajudou a relaxar, por meio do esporte; e aos novos amigos, feitos durante o curso de Mestrado, que dividiram as inquietações e os resultados de suas pesquisas comigo.

À minha orientadora, Professora Doutora Diana Esther Tuyarot de Barci, por todas as ideias, ensinamentos e paciência durante o desenvolvimento do projeto. Pela dedicação e pelo zelo com a pesquisa.

Aos professores do curso, que contribuíram, de alguma forma, na maneira de preparar, desenvolver e avaliar o meu trabalho.

E aos alunos que participaram desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Neste trabalho são tratadas duas das quatro interações fundamentais que estão presentes na natureza: a gravitacional e a eletromagnética. Para tanto, são abordadas algumas de suas manifestações macroscópicas, facilmente percebidas no dia a dia, que são o peso, a elasticidade e o atrito. Muitas vezes, durante o ensino dessas interações, os alunos apresentam um desinteresse devido à memorização de conceitos que não estão vinculados à experiência de vida deles. Logo, o objetivo desta pesquisa é obter o engajamento do aprendiz, de forma que ele se envolva no processo de aprendizagem desses conceitos, proporcionando uma aprendizagem significativa. Com vistas a esse propósito, foi elaborado um produto educacional, baseado na teoria de *games*. Essa abordagem utiliza elementos de um jogo de *Role Playing Game* – RPG – acerca de três personagens com super-habilidades, as quais estão relacionadas às manifestações das interações citadas anteriormente, a saber: o peso, a elasticidade e o atrito. O embasamento teórico foi a aprendizagem significativa e a interação social entre alunos e professor. A aplicação do produto foi realizada e teve uma aceitação promissora por parte dos alunos. Dessa forma, o ensino-aprendizagem deu-se de maneira lúdica, contando com a interação entre os alunos, tornando o processo mais propício a uma aprendizagem significativa e criando um ambiente em sala de aula mais convidativo a se querer aprender. Nesta dissertação, são apresentados: a ideia que incentivou a realização do trabalho; as teorias sobre aprendizagem; o conceito e a utilização de *games* na educação; os conceitos de peso, elasticidade e atrito; os elementos constituintes do produto, bem como a descrição de como foram elaborados e as características dos personagens e do jogo; um relato da aplicação do produto em uma turma da primeira série do Ensino Médio regular e em duas turmas de nível superior; e alguns resultados alcançados com a aplicação do produto, nos quais foram evidenciados como o conhecimento foi modificado e transferido para a justificativa das ações e das decisões tomadas no jogo, demonstrando a aprendizagem significativa não mecânica e o domínio dos conceitos.

Palavras-chave: Gamificação. Ensino de Física. Novas metodologias.

ABSTRACT

In this paper, two of the four fundamental interactions that are present in nature are treated: gravitational and electromagnetic. Therefore, some of its macroscopic manifestations, easily perceived in everyday life, which are weight, elasticity and friction, are addressed. Often during the teaching of these interactions, students show disinterest due to the memorization of concepts that are not tied to their life experience. Therefore, the objective of this research is to get the learner's engagement, so that he is involved in the learning process of these concepts, providing a meaningful learning. For this purpose, an educational product based on game theory was developed. This approach uses elements from a Role Playing Game - RPG - about three characters with super skills, which are related to the manifestations of the interactions mentioned above, namely: weight, elasticity and friction. The theoretical basis was meaningful learning and social interaction between students and teacher. The application of the product was performed and had a promising acceptance by the students. Thus, the teaching-learning was playful, counting on the interaction between the students, making the process more conducive to meaningful learning and creating a more inviting classroom environment to want to learn. In this work, are presented: the idea that encouraged the accomplishment of the work; the theories about learning; the concept and use of games in education; the concepts of weight, elasticity and friction; the constituent elements of the product, as well as the description of how they were elaborated and the characteristics of the characters and the game; a report of the application of the product in a first grade class of regular high school and two higher level classes; and some results achieved with the application of the product, which showed how the knowledge was modified and transferred to justify the actions and decisions made in the game, demonstrating the significant non-mechanical learning and mastery of the concepts.

Keywords: Gamification. Physics teaching. New methodologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Relação para ocorrer aprendizagem significativa | 20 |
| Figura 2 - Tipos de dados..... | 22 |
| Figura 3 - Força gravitacional entre a Terra e a Lua | 28 |
| Figura 4 - Deformação do espaço-tempo devido à massa dos corpos celestes. | 30 |
| Figura 5 - Efeito observado de queda de um objeto..... | 32 |
| Figura 6 - Aplicação do Princípio da Equivalência: deflexão da luz devido à gravidade..... | 34 |
| Figura 7 - Aparato de força de superfície. | 37 |
| Figura 8 - Microscópico de Força Atômica. | 37 |
| Figura 9 - Representação das forças de atrito devido ao deslizamento entre: (i) solado do tênis com o solo; (ii) pneu e asfalto..... | 39 |
| Figura 10 - Primeiro cenário do livreto Jogando com a Alex | 44 |
| Figura 11 - Segundo cenário do livreto Jogando com a Alex. | 45 |
| Figura 12 - Primeiro cenário do livreto Jogando com o Ian | 45 |
| Figura 13 - Segundo cenário do livreto Jogando com o Ian. | 46 |
| Figura 14 - Primeiro cenário do livreto Jogando com o Vini. | 47 |
| Figura 15 - Segundo cenário do livreto Jogando com o Vini. | 47 |
| Figura 16 - Cenário do Livro Final. | 48 |
| Figura 17 - Exemplo de caminhos de leitura. | 50 |
| Figura 18 - Exemplo de ficha de personagem..... | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Exemplo de caminho de leitura - Jogando com a Alex..... | 53 |
| Tabela 2 - Divisão didática da aplicação - Turma de Licenciatura | 55 |
| Tabela 3 - Divisão didática da aplicação - Turma Ensino Médio | 57 |
| Tabela 4 - Divisão didática da aplicação - Turma de Engenharia | 63 |
| Tabela 5 - Análise sobre força e sua relação cotidiana | 68 |
| Tabela 6 - Aplicações do conceito de força..... | 69 |
| Tabela 7 - Sobre a dinâmica do produto | 69 |
| Tabela 8 - Análise da linguagem do produto | 69 |
| Tabela 9 - Respostas dos alunos de Ensino Médio | 70 |

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 MOTIVAÇÃO | 12 |
| 1.2 O JOGO NA EDUCAÇÃO | 13 |
| 1.2 DELINEAMENTO DO TRABALHO..... | 15 |
| 2 REFERENCIAIS DE APRENDIZAGEM E DO JOGO | 17 |
| 2.1 A INTERAÇÃO SOCIAL | 17 |
| 2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA..... | 18 |
| 2.3 GAMES E SUA UTILIZAÇÃO PEDAGÓGICA..... | 19 |
| 2.4 SOBRE O <i>ROLE PLAYING GAME</i> – RPG..... | 21 |
| 2.5 O RPG NA EDUCAÇÃO..... | 23 |
| 3 A FÍSICA – FORÇAS | 26 |
| 3.1 FORÇA COMO INTERAÇÃO | 26 |
| 3.2 INTERAÇÃO GRAVITACIONAL..... | 27 |
| 3.2.1 Força peso | 30 |
| 3.3 INTERAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS | 34 |
| 3.3.1 Elasticidade | 34 |
| 3.3.2 Força de atrito | 36 |
| 4 A METODOLOGIA | 41 |
| 4.1 O JOGO E SEU DESENVOLVIMENTO | 41 |
| 4.1.1 Os personagens | 43 |
| 4.1.2 Os cenários | 44 |
| 4.2 SOBRE A LEITURA DO MATERIAL | 49 |
| 4.3 AS FICHAS DE PERSONAGENS..... | 51 |
| 4.4 MATERIAL DE APOIO PARA OS ALUNOS..... | 52 |
| 4.5 EXEMPLO DE ANÁLISE PARA O PROFESSOR | 53 |
| 5 RELATO DE APLICAÇÃO | 55 |
| 5.1 PRIMEIRA ETAPA | 55 |
| 5.2 SEGUNDA ETAPA..... | 56 |
| 5.2.1 Primeiro dia | 57 |
| 5.2.2 Segundo dia | 58 |
| 5.2.3 Terceiro dia | 60 |
| 5.2.4 Quarto dia | 62 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.3 TERCEIRA ETAPA | 62 |
| 6 A ANÁLISE DOS RESULTADOS | 64 |
| 6.1 TURMA DE LICENCIATURA EM FÍSICA..... | 64 |
| 6.3 TURMA DO ENSINO MÉDIO..... | 66 |
| 6.4 TURMA DE ENGENHARIA MECATRÔNICA..... | 67 |
| 6.5 AVALIAÇÃO DO PRODUTO PELOS ALUNOS | 68 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 72 |
| REFERÊNCIAS | 74 |
| APÊNDICE A - O produto | 78 |
| APÊNDICE B - Questionário aplicado nas turmas de ensino superior | 1398 |
| ANEXO A - Arte do produto | 139 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Uma das preocupações que acompanham o trabalho do professor está relacionada ao processo de ensino-aprendizagem de seus alunos. Essa preocupação acaba incitando uma busca por métodos que possam motivar seus aprendizes, fazendo com que eles participem de forma ativa e engajada do próprio aprendizado.

No caso da disciplina de Física, como apontam Zahaila (2017) e Silva (2016), a forma como, algumas vezes, o ensino de seus conteúdos tem ocorrido vem provocando um desinteresse nos alunos. Tais autores apontam que isso se deve ao fato de o ensino ser pautado na memorização de conceitos e nomes e em resoluções de problemas que não são devidamente relacionados com a experiência de vida dos alunos. Portanto, essa forma de ensino não evidencia a utilidade ou não desperta o interesse em estudar Física.

Sendo assim, faz-se necessário mostrar a importância dessa disciplina para o aluno, uma vez que ela promove o desenvolvimento científico, forma opiniões sobre decisões de temas científicos, empodera o indivíduo com a cultura de seu tempo e desenvolve habilidades e conhecimentos sobre a utilização de meios tecnológicos. Além disso, deve-se ter em mente que a Física estuda fenômenos que estão presentes em equipamentos que fazem parte da vida de cada aluno e, logo, existem várias possibilidades de contextualizar seus conteúdos (SEE-MG, 2007).

Nessa perspectiva, o professor deve perceber a importância de apresentar conceitos de Física de forma mais moderna, ou seja, de ensiná-los utilizando teorias mais atuais. Como exemplo, um professor, ao ministrar uma aula sobre gravidade, pode trazer à discussão a teoria da relatividade geral, mostrando a relação existente entre as teorias clássica e moderna. Além disso, ele pode apresentar os avanços tecnológicos alcançados por meio dessas teorias, como o desenvolvimento da fabricação de componentes de máquinas de dimensões muito pequenas por meio dos estudos sobre atrito a um nível microscópico (nanotribologia).

Outro ponto levantado por Zahaila (2017) é que o ensino se torna tedioso, visto que, muitas vezes, o aluno fica sentado passivamente ouvindo o professor, o qual atira informações e respostas sem dar-lhe um momento para reflexão e indagações.

Esse apontamento remete à importância que Vygotsky (*apud* REGO, 2008) dá ao processo de ensino-aprendizagem. Ele defende a ideia de que um determinado conhecimento é aprendido quando é experimentado pelo aluno, ou seja, quando este participa do seu próprio aprendizado. Portanto, de acordo com o autor, é necessário que o aluno se envolva em seu processo de ensino-aprendizagem, e cabe ao professor promover um espaço que motive os estudantes a quererem participar de forma ativa desse processo.

Com vista a essa premissa, o docente precisa buscar métodos capazes de tornar as aulas mais atrativas, relacionando o conteúdo à realidade vivenciada pelos alunos. Um desses métodos consiste na utilização de jogos, uma vez que eles proporcionam diversão, à medida que apresentam desafios aos participantes e os instigam a investigar sobre o que é proposto. Além disso, os jogos promovem a interação entre indivíduos que buscam um mesmo objetivo, facilitando o desenvolvimento de habilidades já adquiridas ou ainda não alcançadas.

Ao se adotar um jogo como um objeto pedagógico, é possível despertar o interesse do aluno, de tal forma que ele procurará vencer os desafios propostos. Além disso, oferece a oportunidade de repensar o erro e de explorar novas possibilidades de conhecimento. Essa abordagem proporciona o engajamento do aluno em seu processo de aprendizagem.

Dessa forma, um jogo se torna uma ferramenta metodológica (AMARAL, 2008; NASCIMENTO JR.; PIETROCOLA, 2005; SCHMIT, 2008) em que o professor pode explorar situações que descrevem determinados processos que envolvam os conteúdos propostos na sua disciplina.

1.2 O JOGO NA EDUCAÇÃO

O uso de *games* no ensino de Física representa uma oportunidade de engajar os estudantes de forma ativa nas atividades de ensino. Segundo Studart Filho (2015, p. 7), os *games* são “uma atividade significativa, baseada em regras, orientada para objetivos que os jogadores percebem como diversão”. Entre os mais variados tipos de jogos, há um tipo específico que tem sido explorado com fins didáticos (SILVA, 2016), que possibilita ao docente tornar as aulas mais dinâmicas, proporcionando ao aluno um espaço para discutir e testar hipóteses de forma lúdica. Além disso, ele também oferece um ambiente de interação social, no qual os alunos

são convidados a exercitarem a verbalização do raciocínio e o trabalho em equipe. Esse jogo é denominado *Role Playing Game* (RPG).

O RPG foi criado nos Estados Unidos e trazido para o Brasil na década de 1980, tendo como temática a arte de contar histórias. Ele necessita de um narrador (em certos estilos desse jogo, chamado também de *mestre*) e um grupo de amigos que interpretam personagens, informando ao narrador o que eles pretendem fazer naquele momento da narrativa.

Segundo Amaral (2008), foi a partir do ano de 2002 que o RPG alcançou maior divulgação no campo da Educação, sendo uma ferramenta cada vez mais utilizada no processo de ensino e aprendizagem.

O jogo proposto nesta dissertação inspirou-se em um anterior (também elaborado pelo autor deste estudo), que foi criado em 2016 e tratava da aplicação das leis de Newton. À época, com o objetivo de evidenciar que o conceito de força está presente no dia a dia dos alunos, foram criados três personagens. Estes haviam recentemente ganhado super-habilidades relacionadas às forças (peso, atrito e elástica) e precisavam deter, com essas habilidades, outro personagem que criava pavor em um parque de diversões. Para tal, a metodologia aplicada, naquela época, foi dividir os alunos em grupos e narrar a história. Com essa atividade, foi verificado que os estudantes se interessaram mais pelo assunto e foram mais participativos do que nas aulas convencionais, ditas tradicionais (FERREIRA, 2016).

A atual proposta foi embasada na anterior. A história é a continuação da saga, na qual os três personagens protagonistas são, agora, desafiados a escapar de cenários que envolvem problemas relacionados às forças peso, atrito e elástica.

O RPG possibilita que os alunos consigam, por meio do uso da imaginação, interessar-se pelo conteúdo, criar hipóteses, testar modelos, debater com colegas os resultados encontrados, bem como estimula o questionamento e a argumentação com os colegas e o professor. Isso é possível porque o jogo lida com o lado lúdico da problematização e é um método fácil e acessível a todos. O RPG também é um jogo totalmente cooperativo, que não estimula a competitividade, visto que não há ganhador ou perdedor. Nesse sentido, também não deixa o professor com o papel tradicional de detentor do conhecimento e o aluno, com o de aprendiz passivo. Tudo isso é destacado por Amaral e Bastos (2011):

Nesse sentido, numa sociedade em que as crianças procuram respostas prontas e não se sentem estimuladas a pensar, o RPG, ao requerer de seus jogadores um raciocínio lógico, articulado e explicitado através de falas dirigidas a diversos participantes, constitui-se uma atividade de grande importância para o desenvolvimento social e intelectual de nossos alunos (AMARAL; BASTOS, 2011, p. 108).

Pensando nisso e em desenvolver um produto que fosse viável de ser aplicado em qualquer situação real de sala de aula e por qualquer professor de Física – mesmo sem qualquer experiência com jogos –, foi elaborado um produto educacional formado por livros-jogos, nos quais os alunos têm a oportunidade de jogar com três personagens com super-habilidades relacionadas às forças peso, atrito e elástica. Para tal, o projeto teve como orientação metodológica a importância da interação social entre alunos e entre aluno e professor e dos signos na aprendizagem, além das ideias sobre aprendizagem significativa.

1.2 DELINEAMENTO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como principal objetivo fazer com que o aluno participe de modo ativo e lúdico do próprio processo de aprendizagem dos conceitos de força abordados no Ensino Médio. O produto educacional desenvolvido busca proporcionar aos alunos a oportunidade de levantarem e verificarem hipóteses utilizando a imaginação como ferramenta de trabalho. Dessa forma, pretende-se criar situações, por meio do jogo de RPG e da interação com os colegas, que os levem a refletir e a repensar os conceitos de força estudados.

No capítulo 2, é apresentado ao leitor o referencial teórico sobre as teorias de aprendizagem que nortearam a elaboração do produto educacional, adotando como base as ideias sobre interação social e aprendizagem significativa. Além disso, é feita uma apresentação sobre o conceito de *games* e sobre as possibilidades de sua utilização na Educação, descrevendo o tipo de jogo escolhido (RPG) e seu uso como ferramenta metodológica no processo de ensino-aprendizagem.

No capítulo 3, é feita uma breve apresentação do conceito de força, como interações gravitacional e elétrica, sendo explanados os conceitos de força peso, atrito e elasticidade. Também serão apresentadas as aplicações desses conceitos, evidenciando alguns avanços tecnológicos e científicos que eles proporcionaram.

No capítulo 4, são apresentados como foram elaborados os livros-jogos, bem como os materiais de apoio para sua utilização, as características dos livros, a forma como podem ser utilizados pelo professor e os elementos que os compõem.

No capítulo 5, é relatado como foi a aplicação do produto em uma sala de aula do Ensino Médio de uma escola pública estadual.

No capítulo 6, é feita a análise da aplicação do produto por meio das respostas dadas pelos alunos participantes da pesquisa aos testes aplicados, bem como uma apresentação da análise e das críticas sobre o produto feitas por duas dessas turmas.

O capítulo 7 traz as conclusões e as opiniões do pesquisador acerca do trabalho desenvolvido.

Ao final da obra, o leitor terá todo o material utilizado na aplicação do produto (Apêndice A); acesso ao questionário do nível de satisfação da atividade, aplicado nas turmas (Apêndice B), e as artes gráficas do produto após sua finalização.

2 REFERENCIAIS DE APRENDIZAGEM E DO JOGO

Neste capítulo, será tratada a fundamentação teórica que embasou o produto educacional desenvolvido para fins desta pesquisa, que teve como linhas de norteamento das ideias sobre interação social de Lev Vygotsky (*apud* OLIVEIRA, 2010) e sobre a aprendizagem significativa defendida por Marco Antônio Moreira (MOREIRA, 2013).

Também será apresentada uma breve descrição sobre o *Role Playing Game* – RPG – ou jogo de interpretação de papéis, explicando seu significado, indicando sua chegada ao Brasil, os tipos encontrados e os elementos que o constituem. Além disso, será mostrado como o RPG possui potencial como ferramenta metodológica para educação, apontando adequações a serem feitas para tornar seu uso em ambiente escolar viável e suas relações com as linhas de pensamento de Vygotsky (*apud* OLIVEIRA, 2010) e de Moreira (2013).

2.1 A INTERAÇÃO SOCIAL

Na concepção de Vygotsky (*apud* OLIVEIRA, 2010), o homem é um produto do meio no qual convive, onde suas relações são estabelecidas desde criança, por meio de jogos e brincadeiras, desencadeando um comportamento social. Nessa perspectiva, a criança se desenvolve ao interagir com um colega mais capaz ou com um adulto, que apresenta a ela elementos que servirão como símbolos no reconhecimento de objetos do seu cotidiano. Vygotsky (*apud* OLIVEIRA, 2010) chama esses elementos de *signos*.

Por meio da fala, que representa uma forma de linguagem, o indivíduo consegue transmitir ao ouvinte seu pensamento por meio de palavras, que podem representar objetos e ações. A palavra *cadeira*, por exemplo, serve para comunicar ao ouvinte um objeto que possui algumas características específicas que a distinguem de um sofá. Logo, ao ouvir essa palavra, uma pessoa imagina o objeto, desde que ela esteja familiarizada com a mediação entre a palavra e o item, tornando-se um signo.

Perceba-se que, no exemplo anterior, duas pessoas podem imaginar dois tipos diferentes de objetos designados por esse signo. Assim, uma pessoa poderia pensar em uma cadeira composta por quatro “pernas”, enquanto outra pensaria em uma cadeira composta por apenas três “pernas”. Isso se deve às situações

vivenciadas por cada indivíduo, o que significa dizer que as interações de cada pessoa com um mesmo signo podem conferir significados diferentes.

No ambiente escolar, nessa perspectiva, o desenvolvimento do aluno se deve às interações intelectuais, possibilitadas pelos sistemas de signos, pela linguagem, pelos diagramas feitos pelo professor e pela interação social com os colegas.

Por meio da interação com os colegas, o professor possibilita ao aprendiz a troca de experiências, ou seja, viabiliza um ambiente que permite que o aluno perceba diferentes interpretações de um signo. Além disso, o professor passa a ser um dos mediadores da aprendizagem, e não o único detentor do conhecimento a ser ensinado.

Vygotsky (*apud* OLIVEIRA, 2010) defende a ideia de que, para ocorrer o desenvolvimento do aluno, é necessário conhecer o que ele chama de *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)*, que consiste na diferença entre o que o aluno consegue realizar sozinho (chamado *desenvolvimento real*) e o que o aluno consegue realizar por intermédio de um colega ou de um adulto (*desenvolvimento potencial*).

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Aprendizagem Significativa ocorre por meio de uma interação, a qual é promovida de forma essencial (não abstrata), apresentando uma ligação com o conhecimento já existente no aluno sobre o assunto. Para que essa aprendizagem se realize, é necessário que o material a ser utilizado seja potencialmente significativo e que o aprendiz apresente uma disposição a querer aprender (MOREIRA, 2013). Isso significa que o material a ser utilizado deve ser familiar e adequado à estrutura cognitiva do aluno. Desse modo, deve apresentar um objetivo ao que se pretende ensinar, de modo a fornecer elementos que façam parte do cotidiano dos educandos, sendo aplicável na vida deles, e que possa ser integrado a um conteúdo atual ou futuro.

No que se refere ao conhecimento prévio, pode-se dizer, sem grande rigor, que é um conhecimento específico que se constitui como ponto de partida para aquisição de um novo conhecimento por parte do aluno, obtido por descoberta ou por recepção. Esse conhecimento, então, serve de “âncora” para novos conceitos, sendo atribuído a ele o nome de *subsunçor*. Cada vez que esse *subsunçor* for utilizado, ou

seja, quando novos conhecimentos forem atribuídos a ele, mais claro se tornará e, progressivamente, irá ficando mais estável e rico em significados (MOREIRA, 2013).

Contudo, se certo *subsunçor* não for utilizado com frequência, os significados de outros conhecimentos relacionados a ele se tornam cada vez menos claros e estáveis, resultando em esquecimento. Mas isso não significa que o aluno irá esquecer-lo por completo. No caso de ocorrer o total esquecimento de determinado conteúdo, há o indício de uma aprendizagem mecânica. Conclui-se, pois, que, no caso de acontecer o processo de reaprendizagem, o estudante conseguirá realizá-lo de maneira rápida (MOREIRA, 2013).

No caso de o aluno não possuir o *subsunçor* necessário para aquisição de um novo conhecimento, é apontada a utilização dos organizadores prévios (MASINI, 2011; MOREIRA, 2013). Tais organizadores terão a função de ativar os *subsunçores* e ancorar o conhecimento.

Os organizadores prévios podem ser um material instrutivo diferente daquele que é utilizado em sala de aula, com um nível mais alto de abstração e mais generalizado, porém com foco específico nos tópicos tratados. Segundo Souza e Moreira (1981, p. 304), “na concepção ausubeliana, os organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de um tópico específico”.

Como exemplo, pode-se citar a situação em que o professor irá ensinar “campo eletromagnético”. Para isso, com o olhar sobre os organizadores prévios, ele deve iniciar a aula lembrando o conceito de campo, de forma mais abstrata e abrangente, fazendo um paralelo com o conceito de campo gravitacional, que já foi apresentado aos alunos anteriormente (MOREIRA, 2013). Dessa forma, estes podem “resgatar” o conceito de campo e estabelecer uma conexão entre eletromagnetismo e gravitação, conferindo um significado mais amplo do conceito que está sendo tratado.

2.3 GAMES E SUA UTILIZAÇÃO PEDAGÓGICA

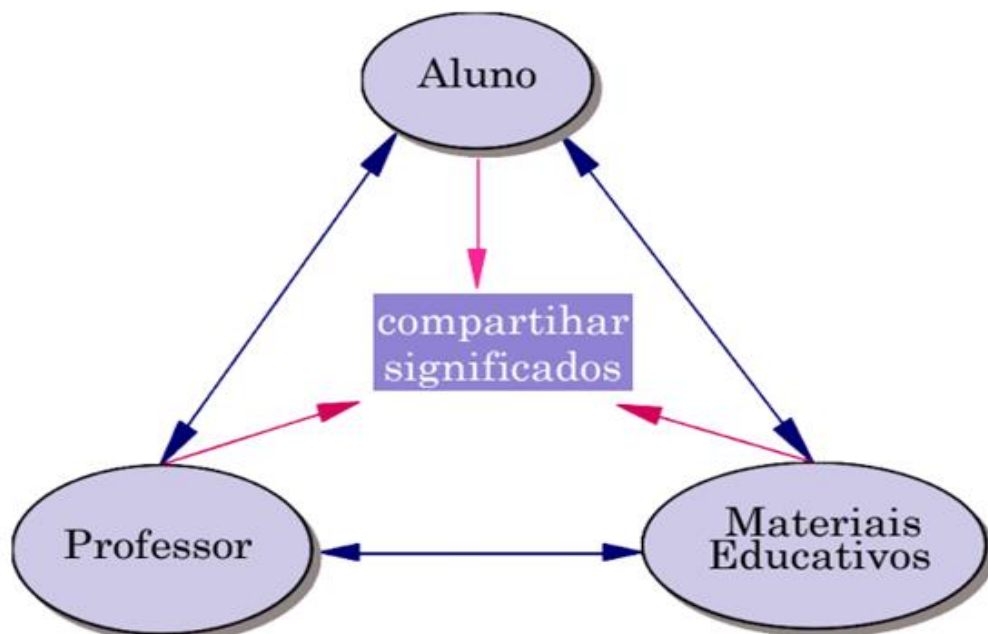
Para entender o que é um *game*, recorre-se à seguinte definição de Kapp (*apud* STUART FILHO, 2017, p. 19): “Um *game* é um sistema em que os jogadores se envolvem em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e *feedback*, acabando com um resultado quantificável e, muitas vezes, provocando uma reação emocional”.

O *game* pode ser considerado um elemento motivacional para o ambiente escolar, uma vez que:

[...] uma ampla gama de especialistas reconhece a importância, como elemento sociocultural significativo dos games nos dias atuais, e que os games são mais atraentes, motivadores, desafiadores e engajadores do que a maioria das outras coisas que as escolas promovem (STUDART FILHO, 2015, p. 9).

Com essa perspectiva, pode-se dizer que um *game* é um elemento lúdico capaz de causar envolvimento, por se tratar de uma situação que requer a solução de um problema apresentado na forma de desafio. Logo, seu potencial como uma ferramenta metodológica no ensino é algo considerável, uma vez que ele traz para o processo de ensino-aprendizagem uma característica de ação, isto é, ele faz o aluno participar do seu processo de aprendizagem de forma ativa. Portanto, pode-se dizer que o *game* é uma ferramenta que possibilita uma aprendizagem significativa, uma vez que se estabeleça a relação indicada na figura 1:

Figura 1 - Relação para ocorrer aprendizagem significativa



Fonte: I EBEF (2014, p.16).

A figura apresenta a conexão entre o aluno, que deve demonstrar uma disposição a querer relacionar o conhecimento recém-apresentado com o seu conhecimento já adquirido; o professor, que exerce papel de mediador; e o material

educativo - o *game*, nesse caso - que deve ser potencialmente significativo, promovendo aquisição de novos significados por meio da interação entre os três elementos do triângulo.

Para uma boa compreensão do que é um *game*, é importante entender quais são os elementos que o compõem. De acordo com Kapp (*apud* STUDART FILHO, 2017, p. 23), são eles: “objetivos, regras, conflito, competição ou cooperação, tempo, estrutura de recompensas, *feedback*, níveis (do jogo e do jogador), narrativa e estética”. Portanto, pode-se inferir que um *game* é uma atividade lúdica que narra ou apresenta uma série de acontecimentos em detrimento de se alcançar algo, utilizando regras para resolver os problemas que apareçam. Estes podem ser resolvidos ou por meio de uma disputa ou por via de cooperação entre indivíduos – ou grupos –, de tal forma a se respeitar um determinado prazo, sendo os indivíduos beneficiados por resolverem o problema.

Portanto, para se utilizar um *game* no ensino de Física, deve-se verificar qual se adéqua mais às necessidades e à finalidade do processo de ensino-aprendizagem, evidenciando a parte científica do *game* (STUDART FILHO, 2015).

2.4 SOBRE O *ROLE PLAYING GAME* – RPG

O RPG é um jogo de interpretação de papéis, em que não há um caráter de disputa que leve a vencedores e perdedores. O jogo foi criado nos Estados Unidos, entre os anos de 1968 e 1973, chegando ao Brasil há aproximadamente 40 anos, através da editora Devir. A partir de então, começou sua expansão até atingir a educação (SCHMIT, 2008).

As regras se fazem necessárias, pois o universo fictício, onde se passam as histórias, precisa de leis bem definidas, a fim de garantir aventuras estimulantes e divertidas (NASCIMENTO JR.; PIETROCOLA, 2005).

Como exemplo, podemos citar uma situação na qual um personagem tem o superpoder de correr tão rápido como a luz. Nesse caso, quais seriam as consequências (efeitos relativísticos) do uso desse superpoder? Como seria a percepção do espaço? Como seria a sensação de tempo? Tais perguntas servem para aguçar o raciocínio, tornando a experiência com o jogo um ato reflexivo sobre o universo que nos cerca e sobre sua percepção.

No que tange ao estilo de jogos de RPG, existem as seguintes categorias: os de mesa (tradicionais), nos quais há uma pessoa que elabora – com o apoio de um livro com um sistema de jogo – e narra uma história (denominado narrador ou mestre) para um grupo de jogadores; os *card games*, em que cada jogador possui um baralho com cartas que descrevem efeitos de ataques, magias ou defesas; de tabuleiros, em que cada jogador comanda peças como se fosse um general (no caso de comandar um exército) ou de forma individual; as *live actions*, em que os jogadores vestem-se e agem como seus personagens; os eletrônicos, nos quais o jogo ocorre via videogame, e o jogador pode jogar sozinho (*off-line*) ou com uma rede de jogadores por meio da internet (*on-line*); e os jogos de aventura solos, em que toda aventura se passa por meio da leitura de um livro, não necessitando de grupo ou de um narrador para que ela ocorra.

São utilizados dados com o número de faces que pode variar. Há, no mercado, além dos tradicionais dados de seis lados (D6), os D4, D8, D10, D12 e D20, como mostra a figura 2 abaixo:

Figura 2 - Tipos de dados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados a serem utilizados irão depender das regras do jogo, podendo existir aventuras que só utilizem dados de certas faces e outras que façam uso de todos os dados ilustrados na imagem.

A descrição dos personagens é feita a partir de uma folha, chamada de *ficha de personagem*, que pode conter (dependendo do estilo a ser usado) desde

dados sobre sua origem, como nome e data de nascimento, até atributos e habilidades.

Na criação do cenário, os narradores encontram ideias nos sistemas de jogos, que são um conjunto de regras para determinados cenários de uma aventura de RPG. Encontramos esses sistemas em livros que possuem tipos de classificação, como terror, medieval, super-heróis, viagem no tempo, investigação, futurista etc.

2.5 O RPG NA EDUCAÇÃO

O uso do RPG na educação brasileira ganhou maior divulgação a partir do ano de 2002, período em que ocorreram os primeiros encontros que envolviam o tema. De acordo com Amaral e Bastos (2011, p. 108) “a cada ano, mais trabalhos vêm sendo realizados sobre o uso do RPG na escola”.

Ao fazer uso do RPG em sala de aula, o professor pode proporcionar ao aluno, por meio de uma brincadeira de faz de conta, que ele crie modelos, levante hipóteses e as teste, tudo isso por meio de um jogo que se passa na imaginação, ou seja, o laboratório do aluno é sua própria mente. Isso torna esse jogo uma atividade simples e fácil de aplicar em qualquer sala de aula.

Além disso, o RPG proporciona um ambiente para discussão, uma vez que um de seus fundamentos é a interação entre os participantes. Ele também valoriza o trabalho em equipe, porque o sucesso de uma missão depende do desempenho do grupo. Amaral e Bastos (2011) afirmam que, ao reunir alunos em grupos, com diferentes níveis de aprendizagem, é oferecido a eles condições para que cada um interfira na aprendizagem dos outros membros da equipe.

Logo, sua aplicação como instrumento didático se torna algo palpável. Oliveira (2010, p. 66) ratifica essa afirmação, dizendo que “qualquer modalidade de interação social, quando integrada num contexto realmente voltado para a promoção do aprendizado e do desenvolvimento, poderia ser utilizada, portanto, de forma produtiva na formação escolar”.

Ao jogar, o aluno consegue verbalizar seu raciocínio, usa a linguagem para descrever – e, com isso, imaginar – os cenários e as situações que se apresentam durante o jogo. Ele é convidado, então, a refletir sobre suas ações e suas consequências, tornando-se capaz de relacionar as situações experimentadas durante o jogo – os *signos* – com a realidade vivida por ele todos os dias. Conforme

Oliveira (2010, p. 69), “a promoção de atividades que favoreçam o envolvimento da criança em brincadeiras, principalmente aquelas que promovem a criação de situações imaginárias, tem nítida função pedagógica”.

Sendo assim, conclui-se que o RPG pode se tornar uma ferramenta metodológica que proporciona um ambiente no qual o aluno obtém o conhecimento de forma significativa, uma vez que o jogo impele seus participantes a resolverem as situações apresentadas nas histórias. Dessa forma, tais situações podem servir de pontos de “ancoragem” para relacionar as experiências vividas no jogo com os conceitos apresentados.

Para garantir essa relação, devemos fazer algumas reformulações, de modo a assegurar sua funcionalidade em sala de aula, visto que toda atividade de ensino requer planejamento. Sendo assim, o planejamento de uma aventura de RPG didática não é diferente de uma aula normal (NASCIMENTO JR.; PIETROCOLA, 2005).

A primeira ação a ser adotada, a fim de se evitarem comparações entre o que será executado em sala com o RPG comercial, é mudar o nome. Isso porque o nome RPG pode ser associado a outros elementos – não didáticos – que façam os alunos perderem o interesse pela atividade ou, até mesmo, uma rejeição.

Outro ponto a ser considerado, enquanto se planeja uma aventura, é que o professor deve estar atento ao fato de que as leis físicas que regem o mundo onde passará a aventura devem possibilitar um estudo apurado dos fenômenos. Ele deve selecionar regras que descrevam melhor o mundo onde ocorrerá o jogo, de forma que os alunos se preocupem em resolver situações que envolvam leis físicas, e não se aterem apenas ao ato de jogar, como aponta Nascimento Jr. e Pietrocola:

Na escola, o interesse principal não é a formação de jogadores de RPG entre os alunos; tampouco o fornecimento de estímulo à criação de um mercado consumidor de RPG escolar, mas sim o despertar do interesse pela disciplina por meio das ferramentas pedagógicas oferecidas pelos jogos de interpretação de papéis. O objetivo é o enriquecimento da relação dos alunos com o conteúdo, colegas e com o professor por meio dos jogos de interpretação (NASCIMENTO JR.; PIETROCOLA, 2005, p. 4).

Portanto, ao elaborar uma aventura didática, devemos considerar certas dificuldades como, por exemplo, incentivar uma sala de aula com 30 ou 40 alunos. É

essencial que a participação seja voluntária, sem a imposição do professor (NASCIMENTO JR.; PIETROCOLA, 2005).

Com o propósito de avaliar se o aprendizado dos alunos ocorreu por meio do jogo, pode-se fazer uso dos chamados *diários de bordo* dos personagens. Estes são anotações individuais que cada aluno faz sobre o que seu personagem realizou, ou gostaria de ter realizado, durante o jogo. Por meio dessas anotações, o professor, além de avaliar se o aluno compreendeu os fenômenos físicos envolvidos, pode planejar uma aula que explique os fenômenos observados durante a atividade.

3 A FÍSICA – FORÇAS

O que seria do mundo atual sem tecnologias como as lâmpadas elétricas e os smartphones? Para o desenvolvimento dessas e de muitas outras tecnologias, é necessário o conhecimento dos fundamentos da Física. Pesquisas sobre forças e partículas fundamentais realizadas no *Large Hadron Collider* (LHC), um acelerador de partículas que utiliza interação eletromagnética, ajudam a aumentar nossa compreensão sobre a natureza da matéria (CERN, 2019). O estudo da microgravidade permite conhecer melhor o comportamento de organismos vivos em uma estação espacial (INPE, 2017; NASA, 2016). Esses são apenas alguns exemplos de como a física se faz presente em nossas vidas, mesmo que não tenhamos a percepção disso.

Neste trabalho, estudamos algumas das interações fundamentais da natureza, mais especificamente a gravitacional e a eletromagnética, traduzidas nas forças peso, elástica e atrito, interações que estão presentes em nosso cotidiano.

3.1 FORÇA COMO INTERAÇÃO

Pode-se dizer que as forças presentes na natureza são produto de quatro interações, a um nível mais básico da matéria: elétricas, gravitacionais e nucleares forte e fraca, ditas interações fundamentais. Como essas interações ocorrem a distância, elas podem ser descritas por meio de campos que representam – em termos simples – uma região do espaço onde atuam tais forças.

As interações gravitacionais são de longo alcance, e as eletromagnéticas têm um alcance mais ilimitado. A intensidade de ambas, porém, diminui com o quadrado da distância entre partículas com as quais interage. Essas interações são fáceis de serem identificadas e, além de terem sua descrição clássica bem conhecida, fazem parte do conjunto de forças que os físicos desejam unificar. Suas manifestações são mediadoras das interações entre partículas materiais.

Embora Newton (2016) tenha se destacado em sua época por apresentar um conceito de força mais elaborado, como sendo “uma ação exercida sobre um corpo a fim de alterar seu estado, seja de repouso, seja de movimento uniforme em linha reta” (NEWTON, 2016, p.41), possibilitando calcular algo que antes era apenas intuitivo, é necessário ressaltar, como apontam Feynman, Leighton e Sands, que o conceito de força definido por ele não estava totalmente completo:

O conteúdo real das leis de Newton é este: que a força supostamente contém algumas *propriedades independentes*, em adição à lei $F = m.a$; mas as propriedades independentes *específicas* que a força possui não foram descritas completamente por Newton ou por ninguém mais, e, portanto, a lei física $F = m.a$ é uma lei incompleta (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008, p. 122).

Isso implica dizer que “força” é algo além do produto da massa pela aceleração, já que esses autores apontam que “uma das características mais importantes da força é que ela possui uma origem material” (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008, p. 123).

Novos conceitos foram apresentados sobre a teoria da gravitação com Albert Einstein, em 1916, como o Princípio da Equivalência, que trata da igualdade das massas inercial e gravitacional, que é uma das bases dessa teoria.

Já a interação eletromagnética é descrita, de forma clássica, pela teoria dos campos elétricos e magnéticos de Maxwell. Feynman, Leighton e Sands (2008) descrevem-na como análoga à força de gravitação, devido à variação inversa do quadrado da distância, mas “bilhão de bilhão de bilhões de vezes mais intensa” (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008, p. 11) e com duas classes de “matéria”, positiva e negativa.

A relação do inverso do quadrado da distância foi introduzida por Coulomb, em 1785 (ASSIS, 2018). Feynman, Leighton e Sands (2008) observam que essa relação não é completamente verdadeira quando as cargas se encontram em movimento, tornando essa dependência mais complicada. Nesse caso, uma parte da força entre as cargas que se movem é chamada de *força magnética*, tratando essa interação como eletromagnetismo (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008).

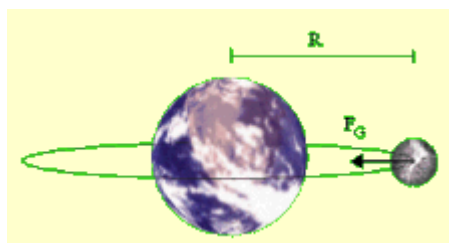
A seguir, serão realizadas as descrições das interações gravitacional e eletromagnética de forma mais detalhada.

3.2 INTERAÇÃO GRAVITACIONAL

Essa interação é a responsável por manter os planetas em suas órbitas, ao redor do Sol, e também pela força que nos atrai para a superfície da Terra. Comparando-a com as outras interações fundamentais da natureza, ela é a que possui menor intensidade, e sua origem está relacionada à massa.

No século XVII, na obra intitulada *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Newton descreve essa interação como uma força de atração entre as massas de dois corpos, sendo diretamente proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional com o quadrado da distância entre elas. Esse conceito ficou conhecido como Lei da Gravitação Universal. A figura 3 ilustra essa interação entre os astros.

Figura 3 - Força gravitacional entre a Terra e a Lua



Fonte: Universal (2019).

A intensidade dessa força enunciada por Newton é dada pela expressão 1 abaixo:

$$(1) \quad F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Nela, F_g representa a intensidade da força gravitacional; G é a constante universal da gravitação, cujo valor foi determinado experimentalmente por Henry Cavendish, sendo de $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; m_1 representa a massa do corpo 1 e m_2 , a massa do corpo 2; r é a distância média entre os centros de cada corpo.

Por meio dessa lei newtoniana, algumas indagações que eram feitas naquela época foram respondidas, como, por exemplo, a determinação das massas de planetas e estrelas, o porquê de objetos não serem atirados para fora do planeta - devido a efeitos centrífugos -, além de explicar os efeitos das marés. Também por meio da Lei da Gravitação Universal, foram resolvidas questões que surgiram na idade

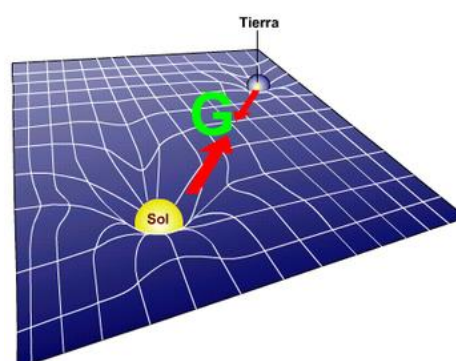
contemporânea, como o lançamento de satélites e o controle de suas órbitas e a descoberta dos planetas Netuno e Plutão (PEREIRA, 2005).

Contudo, essa teoria começou a enfraquecer devido ao aparecimento de fatos que não eram totalmente explicados por ela, tais como o movimento de precessão na órbita do planeta Mercúrio e o fato de um feixe de luz sofrer deflexão ao passar por um campo gravitacional. Ademais, como apontam Feynman, Leighton e Sands (2008a), para Newton, o efeito devido à gravidade seria instantâneo, ou seja, ao deslocar um corpo para uma nova posição, imediatamente o valor da força sobre o outro corpo se modificaria. Dessa forma, poderia ter-se o envio de sinais com velocidades infinitas (até mesmo maiores que a da luz), o que Einstein mostrou ser impossível por meio da Teoria da Relatividade.

Foi no início do século XX que Albert Einstein apresentou sua Teoria da Relatividade Especial, na qual propôs que “as leis Físicas devem ser as mesmas em todos os sistemas inerciais de referência” e que “a velocidade de propagação da luz no vácuo tem um valor constante” (CARUSO; OGURI, 2006, p. 192), de tal modo que seja independente do estado de movimento do emissor, para qualquer observador.

Contudo, essa teoria seria aplicada apenas em casos de Movimento Retilíneo Uniforme, sendo este um caso especial (derivando daí o nome de sua teoria). Logo, ao tentar aplicar essa teoria em movimentos acelerados, como os causados pela gravidade, ele elaborou uma teoria complementar à sua Teoria da Relatividade Especial. Nela, ele propôs que não existe uma força exercida pela gravidade e, sim, uma deformação do espaço-tempo devido à massa de um corpo. Tal teoria foi denominada de Teoria da Relatividade Geral. Por esse princípio, o espaço e o tempo não são absolutos e inertes como Newton propunha, mas são objetos físicos em si, que constituem o Universo e que são curvados na presença da massa de um corpo, isto é, quanto mais massa um corpo possuir, maior será a curvatura causada no espaço-tempo, conforme está ilustrado abaixo, na figura 4:

Figura 4 - Deformação do espaço-tempo devido à massa dos corpos celestes



Fonte: Curvatura (2019).

Essa teoria possui importantes implicações para a Astrofísica, tais como: a existência de regiões do espaço que atraem até mesmo a luz (buracos negros); as múltiplas imagens de um mesmo corpo astronômico, devido à curvatura da luz pela gravidade (lentes gravitacionais); e a existência de ondas gravitacionais, que são ondas que transportam energia como radiação gravitacional (análogo às ondas eletromagnéticas) (ASTROFÍSICA, 2019).

A Teoria Geral da Relatividade teve sua confirmação experimental em 1919, na ocasião de um eclipse solar, que foi visualizado no município de Sobral, no Ceará.

3.2.1 Força peso

“A forma dada por Einstein às equações de movimento - que o tempo próprio deve ser máximo no espaço-tempo curvo – fornece os mesmos resultados que as leis de Newton a baixas velocidades” (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008b, p. 42, tradução do autor).

Embora as previsões de Einstein se apresentem de forma mais precisa, em termos matemáticos, isso é consideravelmente difícil de se apresentar a alunos do Ensino Médio. Por esse motivo, são tratadas, neste estudo, de forma conceitual, visando mostrar os resultados newtonianos, sabendo-se que as leis nem sempre coincidirão.

Conforme mencionado anteriormente, a interação gravitacional, na teoria clássica, foi concebida como uma força atrativa entre a matéria. Sua intensidade é dada pela expressão (1), sendo diretamente proporcional ao produto do que foi

chamado de massa gravitacional (CASTELLANI, 2001). Para um corpo de massa gravitacional m estando a uma distância d da superfície da Terra, sendo sua massa gravitacional igual a M , tem-se uma força de atração cuja intensidade é dada pela expressão 2 abaixo:

$$(2) \quad F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Agora, considere que esse corpo é abandonado próximo à superfície da Terra. Desconsiderando a influência da resistência do ar durante o seu movimento, o corpo descreve um movimento de queda livre, em virtude da atração entre as massas do planeta e a dele. Portanto, o corpo está sob a ação de uma força que causa uma aceleração em seu movimento e, por conseguinte, está relacionada à Lei Fundamental da Mecânica, em que se tem a expressão 3:

$$(3) \quad F = m \cdot a$$

Desse modo, F é a intensidade da força sobre o corpo, a é a intensidade da aceleração e m é a massa do corpo. Por essa lei, tem-se o conceito de uma força que é diretamente proporcional à mudança de movimento devido a uma resistência intrínseca do corpo, denominada *massa inercial* (CASTELLANI, 2001).

Isso significa dizer que o corpo apresenta duas massas diferentes: uma relacionada à atração gravitacional e outra relacionada ao movimento. Pereira (2005) aponta que, para solucionar esse problema, convencionou-se que essas massas seriam numericamente iguais, implicando:

A primeira consequência deste postulado é que a unidade de medida de massa gravitacional é a mesma de massa inercial, como, por exemplo, o quilograma. A segunda consequência é que a trajetória de um objeto deixado “livre” em uma região do espaço contendo gravidade não depende de sua massa e, portanto, todos os corpos largados nas mesmas condições iniciais descreverão a mesma trajetória no espaço (PEREIRA, 2005 p.12).

A segunda consequência dessa igualdade, apontada pelo autor, está de acordo com as observações realizadas por Galileu Galilei com uma experiência na Torre de Pisa. Todavia, Castellani (2001, p. 358) afirma que “na mecânica newtoniana,

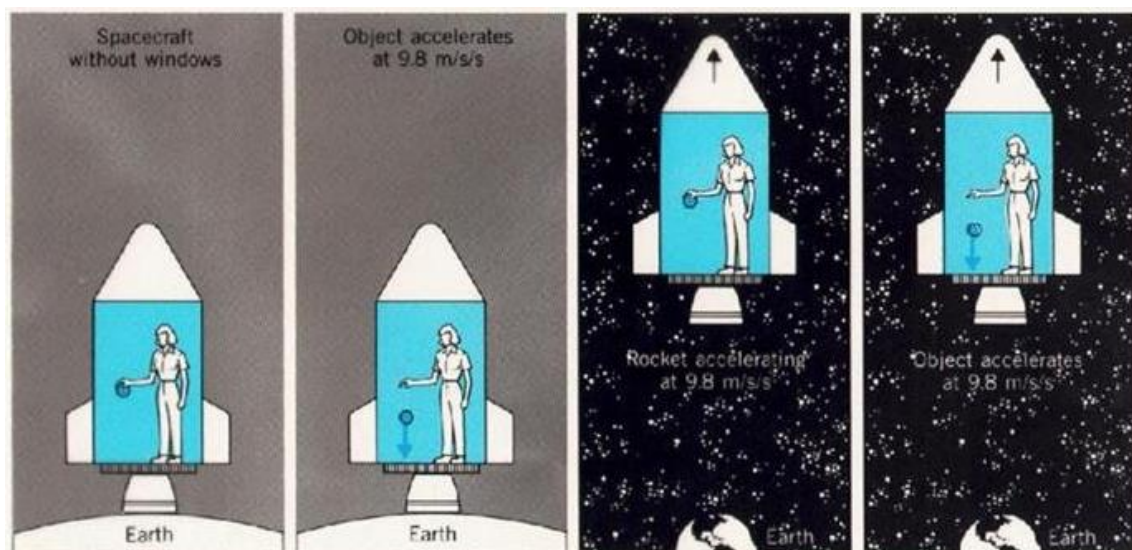
essa igualdade é simplesmente uma coincidência, não havendo nenhuma explicação para esse fato”.

Essa questão foi respondida, anos mais tarde, por meio de uma experiência mental elaborada por Einstein:

Eu estava sentado em uma cadeira no escritório de patentes, em Berna, quando de repente ocorreu-me um pensamento: se uma pessoa cair livremente, ela não sentirá seu próprio peso. Eu estava atônito. Este simples pensamento impressionou-me profundamente. Ele me impeliu para uma teoria da gravitação (EINSTEIN *apud* HALLIDAY, 2007, p. 45).

Por meio dessa experiência mental, Einstein concluiu que a gravidade e a aceleração são equivalentes. Logo, por essa ideia, se uma espaçonave que estivesse longe o suficiente para estar livre de ações gravitacionais, estando ela em repouso ou em MRU em relação a um astro, seus ocupantes ficariam flutuando. Contudo, ao ligar os propulsores da nave, causando uma aceleração que seja igual à experimentada pela gravidade da Terra, seus tripulantes seriam capazes de ficar em pé e de saltar para cima, de modo que eles poderiam ser convencidos de que a nave estaria em repouso na superfície da Terra. Portanto, de forma geral, observações realizadas em um sistema de referências acelerado seriam indistinguíveis das realizadas em campos gravitacionais (HEWITT, 2002).

Figura 5 – Efeito observado de queda de um objeto



Fonte: Blogspot (2019).

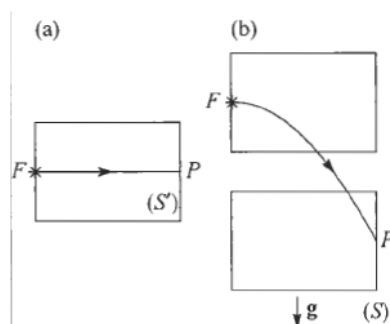
Pela figura 5, tem-se que, ao soltar uma bola no interior de uma nave, o efeito observado será o mesmo que se a nave estiver em repouso na superfície da Terra (lado esquerdo) ou subindo com aceleração igual ao da gravidade da Terra (lado direito).

Essa ideia constitui o Princípio da Equivalência, no qual, segundo Castellani (2001), as palavras “inércia” e “gravitação” representam a mesma coisa, sendo a natureza da massa determinada pelo ponto de vista do observador. Portanto, como mostra a figura 5, se uma pessoa estiver em um referencial que se move acelerado para cima, com aceleração igual a g , e soltar uma bola, ela observará a bola cair com aceleração g e chegará à conclusão de que está em um campo gravitacional e que a força peso da bola foi a responsável por fazê-la entrar em movimento. Nesse contexto, trata-se a massa da bola como gravitacional. Já para outra pessoa, externa à nave, será observado que a bola permanece no lugar em que foi solta e que o piso do referencial acelerado acaba interceptando-a, levando a bola consigo, em seguida. Nesse outro contexto, a massa é tratada como massa inercial. As duas afirmações estão corretas e, portanto, “As leis físicas devem ser as mesmas em qualquer referencial sem que haja um referencial privilegiado” (CASTELLANI, 2001 p. 359).

Uma das consequências desse princípio seria a explicação para a deflexão de um raio de luz ao passar próximo de um corpo enormemente massivo, como uma estrela. A explicação a esse fenômeno pode ocorrer por meio de um exemplo análogo.

Toma-se um elevador especial, em que as paredes são feitas de um material que permite que alguém que esteja fora dele veja seu interior, mas não permite que quem esteja em seu interior veja o que está do lado de fora; uma fonte de luz que irá emitir um raio que vai de uma parede a outra – diametralmente oposta – do elevador; e duas pessoas, uma estando dentro do elevador (referencial S') e outra estando em repouso sobre a superfície da Terra (referencial S). Inicialmente, o elevador encontra-se em certa altura em relação ao solo. Ao acionar a fonte de luz com o elevador em repouso, em relação à superfície da Terra, os dois observadores conseguem visualizar o mesmo efeito: a luz vai de uma parede a outra em linha reta, como mostra a figura 6a. Agora, deixa-se o elevador cair verticalmente, em queda livre. A pessoa dentro dele continuará a ver a luz em linha reta, enquanto a pessoa em repouso no solo consegue visualizar um movimento parabólico da luz, conforme indica a figura 6b.

Figura 6 - Aplicação do Princípio da Equivalência: deflexão da luz devido à gravidade



Fonte: Nussenzveig (2002).

3.3 INTERAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

As interações eletromagnéticas possibilitaram um grande desenvolvimento tecnológico, que revolucionou os séculos XIX e XX com as comunicações e outras diversas formas de utilização dos efeitos eletromagnéticos.

São interações que tratam das forças elétricas (cargas elétricas em repouso) e das forças magnéticas (cargas elétricas em movimento). Em razão da característica dos sinais das cargas elétricas, essa interação pode ser atrativa (para cargas elétricas de sinais diferentes) ou pode ser repulsiva (para cargas elétricas de mesmo sinal). Quando comparada à força gravitacional, ela é uma interação com uma intensidade muito maior, mas, por efeito da neutralidade da matéria (igual quantidade de prótons e de elétrons), a força elétrica resultante é igual a zero, e a força gravitacional acaba prevalecendo sobre corpos macroscópicos.

Serão evidenciadas, sobretudo, duas formas nas quais a interação eletromagnética pode se manifestar: a elasticidade e o atrito.

3.3.1 Elasticidade

Esta manifestação da interação eletromagnética está presente em objetos que fazem parte do dia a dia, como molas e elásticos. Pode-se citar, como um exemplo de aplicação desses objetos, as máquinas utilizadas nas academias de pilates, as quais possuem a finalidade de trabalhar os músculos por meio da utilização de força

para distender uma mola. Também pode-se associar as molas em paralelo com a finalidade de dificultar a tarefa, exigindo um maior esforço (G1, 2014).

Além disso, o estudo da elasticidade tem mostrado avanços tecnológicos importantes, como o desenvolvimento de um material – um hidrogel – que é capaz de esticar vinte vezes o seu comprimento original, podendo ser utilizado para confecção de lentes de contato gelatinosas, e para substituir ou reconstituir cartilagem (KAUFMAN, 2012).

Portanto, em síntese, as propriedades elásticas dos materiais são utilizadas de várias formas, desde o desenvolvimento de molas de ginástica e amortecedores de carros até novos materiais utilizados na medicina. O aperfeiçoamento tecnológico é importante. No entanto, para que ele aconteça, faz-se necessário o conhecimento dos princípios básicos que descrevem o seu comportamento.

A elasticidade é uma propriedade na qual o corpo muda sua forma, seu tamanho ou, até mesmo, ambos, sob a ação de uma força externa – deformadora – e volta à forma e/ou ao tamanho inicial assim que tal força é retirada (HEWITT, 2002). Isso decorre das ligações atômicas e do arranjo dos átomos que compõem determinado corpo com essa propriedade.

Os autores Feynman, Leighton e Sands (2008a) explicam que esse comportamento entre moléculas e átomos de um material ocorre: (i) quando a distância entre eles é muito pequena, no caso de uma força deformadora que tende a comprimir o corpo, originando uma repulsão entre os átomos; (ii) ou quando a distância entre eles começa a aumentar, no caso de uma força deformadora que tende a alongar o corpo, originando uma atração entre eles. Os autores também alertam que se essa separação for para além de um certo limite, as ligações entre os átomos podem ser quebradas, e a separação entre eles será permanente.

Embora o tratamento da elasticidade dos materiais seja mais complicado, seu estudo será limitado à região de comportamento linear, na qual se observa uma relação direta entre a força deformadora e a distância entre as partículas que compõem um determinado corpo. Essa relação foi obtida pelo físico inglês Robert Hooke, contemporâneo de Newton, que escreveu a lei dessa relação, que leva hoje o seu nome (Lei de Hooke), dada pela expressão 4:

$$(4) \quad F_e = -k \cdot \Delta x$$

Em que F_e é o vetor força restauradora; k é a constante elástica e Δx , o vetor deslocamento da partícula em torno da posição de equilíbrio.

3.3.2 Força atrito

Essa força é a responsável pelo movimento da maioria dos corpos apoiados sobre uma superfície. O simples fato de conseguirmos caminhar ou de um pneu de carro girar sobre a pista, conferindo-lhe o impulso necessário ao movimento, deve-se ao atrito. Além disso, essa força também é responsável pelo surgimento das “estrelas cadentes”, que, na verdade, são objetos que se incendeiam pela fricção intensa com o ar atmosférico (liberando energia luminosa). Por esse motivo, as naves espaciais são construídas com materiais especiais para não sofrerem danos ao reentrarem na atmosfera terrestre.

O desenvolvimento dos estudos sobre atrito faz-se necessário, visando a o desenvolvimento tecnológico que se pode alcançar. Nesse sentido, é crescente a fabricação de componentes de máquinas de dimensões muito pequenas (nanoeletromecânicos). Tais componentes estão sujeitos ao desgaste proveniente do atrito em uma escala diminuta, em nanômetros. Logo, o desenvolvimento de substâncias resistentes ao desgaste, aos superlubrificantes e aos termolubrificantes é essencial (CBPF, 2019). Por esse motivo, vem crescendo cada vez mais o estudo da Nanotribologia.

A Nanotribologia é um ramo da Tribologia – estudo sobre o atrito – que estuda os fenômenos do atrito em escala nanométrica (NANOTRIBOLOGIA, 2019).

As leis clássicas para o atrito, obtidas empiricamente, dizem respeito ao que é observado na escala macroscópica. Por meio delas, tem-se que a força de atrito entre duas superfícies deslizantes é proporcional à força que comprime as superfícies e que o atrito independe da área de contato entre as superfícies da velocidade do deslizamento.

Essas leis tiveram como suporte a teoria de que o atrito estava atrelado à adesão entre as partículas das superfícies em contato. Pode-se citar a descoberta de Frank P. Bowden e David Tabor, juntamente com colaboradores da Universidade de Cambridge, sobre o atrito não depender da área de contato macroscópica – área aparente – entre as superfícies, e sim da área em que ocorre a soma de todos os pontos de contato a nível microscópico. De acordo com esses pesquisadores, as

ligações entre esses pontos de contato são tão fortes que ocasionam desgastes contínuos (KRIM, 1996).

Contudo, essa teoria foi sendo colocada em xeque com o passar dos anos, por meio de estudos mais minuciosos sobre o assunto. Em 1970, Jacob N. Israelachvili – supervisionado por Tabor – desenvolveu um aparato que mediu a interação de atração e de repulsão entre duas superfícies em contato, imersas em solvente, utilizando interferometria óptica. Esse aparato ficou conhecido como Aparato de Forças de Superfície (SFA) (SURFACE, 2019). Por meio dele, foi possível demonstrar que o atrito não tem relação com adesão, mas sim com o comportamento diferente das superfícies, quando se compara a situação delas unidas com o processo de soltá-las (KRIM, 1996). A figura 7 ilustra esse aparelho:

Figura 7 - Aparato de força de superfície



Fonte: Research (2019).

As primeiras observações do atrito, medido por átomo, foram obtidas com o uso do Microscópio de Força Atômica (AFM). Com essa ferramenta, foi possível fazer varreduras de superfícies a nível atômico, isto é, por meio de interações de atração e de repulsão (de origens eletromagnéticas) (ATOMIC, 2019). A figura 8 ilustra esse aparato:

Figura 8 - Microscópio de Força Atômica



Fonte: Microscópio (2019).

Por meio de uma microbalança de quartzo, foi possível verificar que o atrito a nível atômico depende da velocidade de deslizamento, como “por exemplo, para desacelerar um automóvel uniformemente e pará-lo sem um solavanco, o motorista deve aliviar o freio nos momentos finais, demonstrando que o atrito aumenta com velocidades mais lentas” (KRIM, 1996, p. 78, tradução do autor).

Segundo Krim (1996), a explicação para esse fenômeno se daria a nível microscópico, em que os pontos de contato podem derreter em altas velocidades de deslizamento ou podem aumentar em área para baixas velocidades, aumentando o tempo para realizar ligações entre os átomos.

Os recentes estudos em Nanotribologia têm mostrado que as leis para o atrito macroscópico não se aplicam ao atrito microscópico. Desse modo, o atrito depende da área real de contato (nível microscópico), e não da área aparente de contato (nível macroscópico). Também pode-se dizer que o atrito depende da velocidade de deslizamento entre os pontos de contato microscópicos, desde que não ocorra aquecimento e que as velocidades de deslizamento sejam abaixo da velocidade do som, pois, próximo dessa velocidade, o atrito se estabiliza. Assim, as vibrações das ligações atômicas não conseguem levar embora a energia sonora (energia mecânica convertida) com rapidez suficiente (KRIM, 1996).

Um fato que permanece para as leis de atrito é que quanto mais se comprimem duas superfícies, maiores são os pontos de contato; logo, maior é o atrito. Portanto, ao nível macroscópico, pode-se classificar a força de atrito sobre um corpo em duas situações: uma na qual existe uma força que atua horizontalmente sobre o corpo, mas que não possui intensidade suficiente para retirá-lo do seu estado de Inércia, chamada de *força de atrito estático*; e outra na qual o corpo desliza sobre uma

superfície, cuja definição é *força de atrito cinético*. Sua intensidade é dada pela expressão 5 abaixo:

$$(5) \quad F_{at} = \mu \cdot N$$

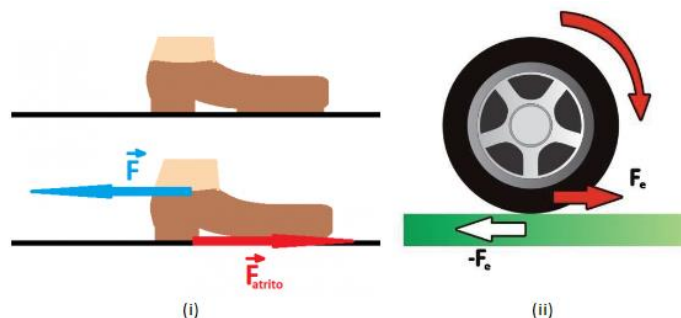
De modo que F_{at} representa a força de atrito; μ representa o coeficiente de atrito, que pode ser estático ou dinâmico; N representa a força de compressão (denominada *Normal*, por atuar perpendicularmente à superfície de contato).

Feynman, Leighton e Sands (2008a) alertam sobre a forma como os coeficientes de atrito são tratados, muitas vezes sendo considerados como valores “corretos”. Eles apontam que tais valores são apenas aproximações e simplificações para situações que envolvem várias complexidades, como dureza, presença de pó, óxidos e outros elementos contaminantes, não homogeneidade, entre outras.

Logo, devido a todos os fatores elencados anteriormente, a força de atrito sempre atuará no sentido oposto ao deslizamento das superfícies em contato. Também significa dizer que para um corpo em repouso, que não está sujeito à ação de forças que o façam sair do seu estado de inércia, não existe força de atrito.

É importante ressaltar a existência de situações corriqueiras, como apontam Caldas e Satiel (1999), que podem evidenciar o atrito como uma força que não ocorre de forma oposta ao movimento. Como exemplos, temos o movimento de um pneu de carro sobre o asfalto e o movimento dos pés de uma pessoa sobre o chão, como mostra a figura 9 abaixo:

Figura 9 - Representação das forças de atrito devido ao deslizamento entre: (i) solado do tênis com o solo; (ii) pneu e asfalto



Fontes: Representação (2019); Werlang; Silveira (2019).

Pode-se observar que na situação (i), o sapato tende a deslizar para a esquerda, enquanto a força de atrito e o sentido do movimento estão voltados para a

direita. Na situação (ii), o pneu gira no sentido horário, tendendo a um deslizamento, em relação ao asfalto, para a esquerda, e a força de atrito, bem como o sentido do movimento, ocorre para a direita. Do mesmo modo, é possível perceber a relação existente entre o par de Ação e Reação em cada situação.

4 A METODOLOGIA

O uso do *Role Playing Game* (RPG) no âmbito escolar, conforme anteriormente referido, possibilita ao professor uma abordagem lúdica dos conteúdos a serem lecionados, de tal forma que o aluno passa a se interessar e a participar mais do processo de ensino-aprendizagem. Isso ocorre porque o jogo incita o aluno a sentir-se mais estimulado para questionar, perguntar e argumentar com seus colegas e com o professor.

Neste capítulo, será discutido como se deu a elaboração do jogo desenvolvido para fins desta pesquisa, apresentando suas características; como ele deve ser jogado; os elementos que o compõem; os personagens e os cenários.

4.1 O JOGO E SEU DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do jogo teve início com a proposta do tema: “As leis de Newton” e suas aplicações. A ideia do jogo surgiu a partir da observação de que, em geral, os alunos interagem melhor com o conhecimento da Física por meio do uso de metodologias ativas que os tirem do papel de simples ouvintes. Para tal, pensou-se em utilizar um jogo que pudesse tornar o ambiente de aprendizado mais lúdico e proporcionar as condições de um aprendizado significativo (MOREIRA, 2013), em conformidade com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, os PCN+:

O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa, de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos (BRASIL, 2006, p. 56).

O passo seguinte foi pensar em qual seria a modalidade de jogo, considerando que ele deveria ser o mais prático possível. Nesse sentido, deveria atender qualquer professor que desejasse utilizá-lo, tornando possível administrar sua aplicação em sala de aula de forma que a atividade pudesse ser interrompida e recomeçada a qualquer momento. Haja vista que muitos professores nunca tiveram

contato com jogos de RPG, foi escolhida uma modalidade em que a aplicação poderia ocorrer sem necessitar de tal familiaridade, o que dispensa a via de narração ou as tomadas de decisões por parte do docente. Assim, a modalidade selecionada foi a *Aventura Solo*.

Nessa modalidade de jogo, a aventura se passa em um livro que narra uma história, na qual o jogador precisa tomar decisões acerca de seu personagem, de acordo com as possibilidades oferecidas. Logo, suas ações, bem como suas consequências, são descritas no próprio livro. Sua leitura inicia-se como um livro de história comum, até o ponto em que o leitor é convidado a fazer uma escolha. Ao optar por um caminho, o jogador é indicado a pular os próximos itens (parágrafos ou até páginas) até um trecho específico, no qual estarão descritos os acontecimentos posteriores (COSTIKYAN, 2003).

Portanto, o aluno participará do seu próprio processo de aprendizagem, por meio da leitura de uma história que o levará a interagir com seus colegas – através de tomadas de decisões – cabendo ao professor, como *mediador*, auxiliá-los na compreensão de certas descrições dos livretos. Nesse sentido, podemos entender a mediação do professor conforme as interações sociais descritas por Oliveira (2010), amparadas nas ideias de Vygotsky:

Do mesmo modo, quando um aluno recorre ao professor (ou aos pais, em casa) como fonte de informação para ajudá-lo a resolver algum tipo de problema escolar, não está burlando as regras do aprendizado, mas, ao contrário, utilizando-se de recursos legítimos para promover seu próprio desenvolvimento (OLIVEIRA, 2010, p.66).

Outro importante aspecto analisado foi a escolha do tema da história e de seus protagonistas. Como temas, foram selecionadas a força peso, a força elástica e a força atrito, por se tratarem de uma continuação da saga, iniciada em 2016, de outro jogo de RPG, o qual abordou o tema “Aplicações das leis de Newton”, utilizando uma metodologia narrativa com os três personagens que precisavam resolver problemas no ambiente de um parque de diversões. Com essa atividade (FERREIRA, 2016), foi verificado que os alunos se interessaram mais pelo conteúdo da Física e participaram mais ativamente durante as ações com o jogo do que nas aulas tradicionais.

A seguir, será feita uma apresentação do jogo que foi elaborado como produto para a pesquisa. Todos os seus elementos podem ser encontrados detalhadamente no Apêndice A deste trabalho.

4.1.1 Os personagens

Para a execução do jogo, foram criados três personagens: **Alex**, que consegue alterar a intensidade da aceleração de um corpo em cerca de $2,5\text{m/s}^2$ para mais ou para menos; **Ian**, que pode se alongar ou se comprimir sob a ação de forças – portanto, ele precisa interagir com algo – e a intensidade da constante elástica de seu corpo é de 10.000N/m ; e **Vini**, que consegue diminuir o coeficiente de atrito estático até 0,01 e elevá-lo até 0,9.

Na perspectiva de não levar o aluno a pensar que o personagem por ele interpretado pudesse ser capaz de realizar qualquer feito com o uso de sua super-habilidade – tornando a atividade entediante por não conter um desafio – foram estipuladas limitações às super-habilidades de cada personagem.

A história na qual esses personagens foram inseridos foi segmentada em quatro livretos: um livro para cada personagem, contendo, cada um deles, dois cenários nos quais são apresentadas situações-problemas. Tais situações convidam o aluno a resolvê-las utilizando conhecimentos sobre as leis de Newton e usando a super-habilidade do personagem; e um livreto contém uma situação-problema que envolve a participação dos três protagonistas ao mesmo tempo, sendo este o último material a ser lido. Para esses cenários, foram pensadas situações com níveis diferentes de dificuldade: um com nível fácil e outro com nível médio. Neste último, espera que os alunos percebam que as três forças podem ser combinadas para resolver a adversidade. Isso está de acordo com o que se espera de uma situação-problema:

O uso de situações-problema é uma forma de promover situações de desafio, que colocam obstáculos, cuja superação exige da pessoa alguma aprendizagem ou esforço. É importante lembrar que algo só é obstáculo se implica numa dificuldade que requeira superação, fazendo uso da atenção, pensamento repetitivo, considerando algo com mais força, encontrando ou criando alternativas (AMARAL, 2008, p.14).

No jogo, priorizou-se o aspecto educacional sobre o aspecto fantástico, ou seja, os cenários apresentados continham situações próximas da realidade, e não situações desvinculadas do nosso mundo. Além disso, outra preocupação foi que os cenários trouxessem situações presentes em alguns exercícios abordados em livros

didáticos, com a finalidade de contextualizar suas resoluções e, assim, criar pontos de “ancoragem” do aprendizado para futuras discussões, pois, de acordo com Moreira:

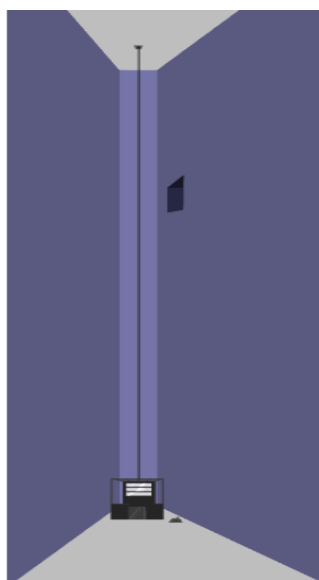
Quando o sujeito atribui significados a um dado conhecimento, ancorando-o interativamente em conhecimentos prévios, a aprendizagem é significativa, independente de se estes são os aceitos no contexto de alguma matéria de ensino, i.e., de se os significados atribuídos são também contextualmente aceitos, além de serem pessoalmente aceitos (MOREIRA, 2013, p.11).

4.1.2 Os cenários

Foram elaborados os seguintes cenários para cada livreto:

l) *Jogando com a Alex*: o primeiro cenário traz um elevador, usado em minas, que sobe de modo acelerado e não pode ser parado por nenhum mecanismo, conforme ilustra a figura 10 a seguir:

Figura 10 - Primeiro cenário do livreto: Jogando com a Alex



Fonte: Barci (2019)¹.

Logo, para que a personagem não colida com o teto do local, ela precisa usar sua super-habilidade, a fim de garantir que a subida ocorra em movimento retilíneo uniforme.

¹ Paula Barci é design gráfico e de produto e, a convite do autor deste estudo, gentilmente ilustrou os cenários e os personagens dos livreto do produto educacional.

O segundo cenário apresenta um local cuja saída encontra-se bloqueada por uma grande parede de vidro, conforme ilustra a figura 11:

Figura 11 - Segundo cenário do livreto: Jogando com a Alex

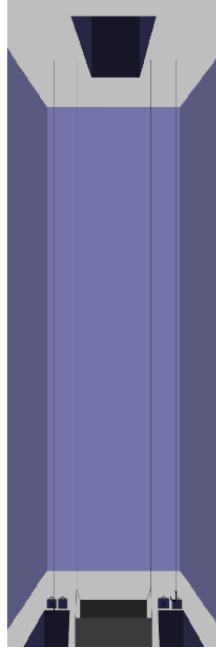


Fonte: Barci (2019).

Isto posto, para sair do local, a personagem precisa quebrar a parede utilizando a esfera presa ao teto, por meio de um cabo de aço, que deve ser abandonada de uma determinada altura e com uma certa aceleração para que o impacto seja eficaz.

II) *Jogando com o Ian*: no primeiro cenário, o personagem precisa determinar a massa de blocos que estão dispostos no local, de modo a erguer um elevador que o levará para o segundo andar, tal qual ilustra a figura 12 a seguir:

Figura 12 - Primeiro cenário do livreto: Jogando com o Ian

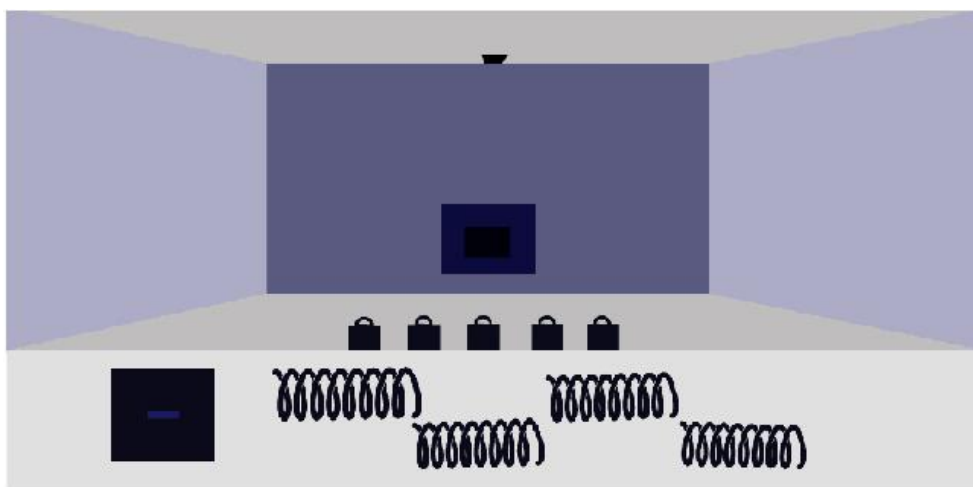


Fonte: Barci (2019).

Para movimentar o elevador, ele precisa utilizar sua super-habilidade, de maneira que, ao segurar os blocos, obtenha os valores por meio de comparação sobre as quantidades distendidas de seus braços em cada situação.

No segundo cenário, Ian precisa descer com um bloco de vidro até um patamar que está bem abaixo de onde o personagem se encontra, a fim de encaixar o bloco em um buraco para abrir a porta de saída, conforme indica a figura 13 abaixo:

Figura 13 - Segundo cenário do livreto: Jogando com o Ian

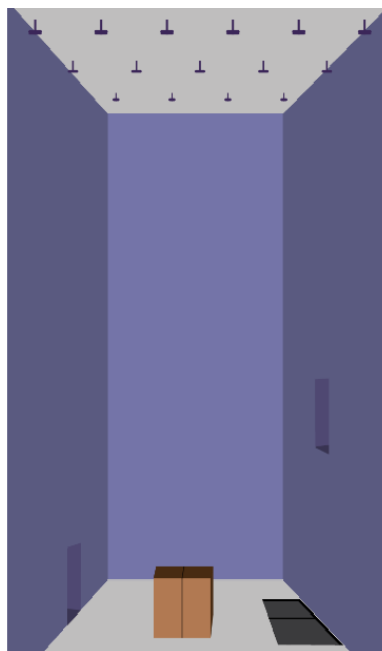


Fonte: Barci (2019).

A fim de atingir o objetivo, ele precisa associar as molas (em série ou em paralelo) para conseguir descer sem quebrar o bloco.

III) *Jogando com o Vini*: no primeiro cenário, o personagem precisa deslizar dois grandes blocos até uma parede para acessar a saída, que está em um nível acima de onde o personagem se encontra, como indica a figura 14:

Figura 14 - Primeiro cenário do livreto: Jogando com o Vini

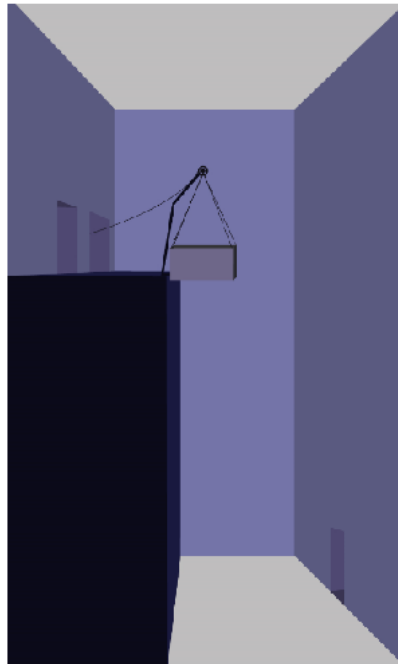


Fonte: Barci (2019).

Durante esse processo, *sprinklers* são acionados, deixando o piso escorregadio e, por conseguinte, forçando o personagem a usar sua super-habilidade.

No segundo cenário, ele precisa acessar a saída por meio de um elevador, que está preso a um grande bloco. O elevador deve descer conforme indica a figura 15 a seguir:

Figura 15 - Segundo cenário do livreto: Jogando com o Vini



Fonte: Barci (2019).

O personagem, portanto, precisa usar sua super-habilidade, a fim de que o bloco deslize, provocando a descida suave do elevador, evitando um impacto que possa ferir Vini.

IV) *Livro Final*: no cenário do libreto final, os três personagens precisam alcançar o patamar onde se encontra a saída, utilizando um carrinho de parque de diversões sobre trilhos, de acordo com a figura 16:

Figura 16 - Cenário do Livro Final



Fonte: Barci (2019).

Os protagonistas devem usar suas super-habilidades para impulsionarem o carrinho até a parte superior. Durante a cena, um rio de lava começa a subir, forçando os personagens a agirem rapidamente, sob pressão, aumentando o nível do desafio.

4.2 SOBRE A LEITURA DO MATERIAL

A leitura dos livretos deve ser realizada com base nas tomadas de decisões, de forma que o personagem é conduzido a um determinado desfecho da história. Entendemos que isso é relevante porque: “[...] Aprender a pensar é, em última análise, aprender a tomar as decisões certas: avaliar as evidências, analisar situações, consultar seus objetivos de longo prazo, e, em seguida, decidir”. (JOHNSON *apud* STUDART FILHO, 2015, p. 9). Portanto, devido à modalidade escolhida, a história de cada livreto oferece várias opções para o jogador escolher, permitindo que cada escolha conduza o aluno a um caminho com diversos segmentos e, logo, a diferentes desfechos da mesma história.

Essa leitura ocorre de acordo com a enumeração de cada trecho a ser lido. Ao final, apresentam-se opções de leituras dos próximos trechos, nas quais os alunos precisam escolher qual “caminho” seguir. Para ilustrar, no livreto Jogando com o Ian, após ler o trecho de número 45, o aluno deve escolher ou o trecho de número 38 ou o de número 23. Se ele, então, escolher o número 38, o caminho de leitura levará para o item de número 23. No caso de ele não escolher o número 38, mas, sim, o número 23, a continuação da história ocorrerá, de modo que o levará para as novas escolhas que, nesse caso, são os itens de números 26 e 16, conforme está indicado na figura 17:

Figura 17 - Exemplo de caminhos de leitura

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>45 Você passa pela porta, esperando algo ruim acontecer, mas alcança um para peito de frente para um paredão. Você também avista, na sua frente, quatro molas grandes (que você estima serem do seu tamanho) e um pequeno cubo de vidro (que você estima ter uns 1m em suas 3 dimensões). Se você quiser olhar mais de perto o cubo de vidro, vá para 38; se você quiser olhar mais de perto a beira do para peito, vá para 23.</p> | <p>38 Você se aproxima do cubo e olha-o com fascinação, pensando como foi o trabalho da pessoa que o fez. Sobre ele, na face superior, há uma argola fixada no centro. Você também percebe que, em uma face lateral, a seguinte medida: 250kg que você supõe ser a massa do cubo. Vá para 23.</p> | <p>23 Você se aproxima do para peito e ao olhar para baixo, você percebe que há, logo abaixo dali, cinco ganchos fixos na encosta do para peito. Você também avista um grande buraco, em forma de quadrado, no chão e uma porta (que está fechada) a poucos metros de distância desse buraco. Se você quiser tentar descer até no chão, vá para 26; se você preferir analisar mais a situação, vá para 16.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo, dependendo da combinação dos “caminhos” seguidos, os alunos que estão lendo o mesmo livro experimentarão efeitos diferentes e conhecerão desfechos distintos.

Durante a leitura de determinados trechos, é necessário utilizar um dado para sortear qual será o próximo caminho a ser seguido. Esses pontos foram colocados no caso de os alunos escolherem trechos que os desviem para desfechos nada promissores. Também foram colocadas passagens nas quais o personagem, para acessá-las, precisa possuir uma habilidade específica, habilidade esta que é escolhida antes do processo inicial de leitura dos livretos. Esses elementos resgatados dos jogos comerciais foram inseridos para conferir um pouco mais de ludicidade ao jogo.

O professor foi inserido no jogo como um elemento para auxiliar os alunos que, por algum motivo, tenham se equivocado no cálculo de alguns itens durante a leitura. Sua intervenção integra a zona de desenvolvimento proximal dos alunos, de modo que ocorra o aperfeiçoamento de alguma habilidade que não se dá de forma espontânea (OLIVEIRA, 2010). Nesse elemento, o aluno deve chamar o professor para fazer uma análise dos cálculos realizados e indicar os erros cometidos. Dessa forma, os alunos podem visualizar o que erraram e repensar outros esquemas de solução.

Para evidenciar mais as características educacionais do jogo, evitou-se a inserção de trechos que levassem à morte do personagem. Em vez disso, foram colocadas situações que fazem o personagem, ao optar por um caminho que desencadeia um erro fatal, retornar ao ponto de partida daquele cenário, atribuindo a

uma pulseira – colocada nos personagens no desenrolar da história – a responsabilidade dessa façanha. A pulseira não pode ser retirada nem com o uso das super-habilidades dos personagens. Dessa forma, o aluno é convidado a repensar seus passos, refletindo sobre em qual ponto da leitura houve algum equívoco de raciocínio, dando a ele uma nova oportunidade de testar outras soluções.

4.3 AS FICHAS DE PERSONAGENS

Tendo em vista que a escrita funciona como um suporte para a memória e a transmissão de ideias e conceitos (OLIVEIRA, 2010), foi criada, também, uma ficha com a descrição do personagem, para cada livreto, conforme mostra abaixo a figura 18:

Figura 18 - Exemplo de ficha de personagem

141

7. FICHA DE PERSONAGENS

ALEX

Jogador 1: _____

Jogador 2: _____

Características Físicas:

Idade: 26 anos Altura: 1,75m Massa corporal: 80kg

| Habilidades | Super-Habilidade |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Capacidade de impor uma aceleração sobre um objeto. Seus limites são de, -2,5 unidades e +2,5 unidades de aceleração |
| | |
| | |
| | |
| | |

Caminho realizado pelo personagem:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

142

Espaço para Anotações:

Item _____

Item _____

Item _____

Item _____

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa ficha, além de facilitar a imaginação, ajuda o professor a compreender o modo como ocorre o processo de ensino-aprendizagem, através da coleta de dados, mediante a escrita dos alunos nesse material.

As fichas de personagem trazem os nomes dos alunos, para identificar qual leitura foi feita por cada um; as características físicas da personagem; um espaço para anotar as habilidades; a descrição sucinta de sua super-habilidade, seguida de suas limitações; e um espaço para anotar os trechos lidos, a fim de ajudar o aluno a retomar a leitura, seja por ter se equivocado ou por pausas. Do mesmo modo, foram colocados espaços para anotações, nos quais o aluno é convidado, em certos trechos da leitura, a explicar o porquê da escolha de tal caminho ou a calcular as soluções encontradas por ele com as pistas deixadas nos cenários. Essas anotações, em conjunto com os números dos trechos lidos, servem de ajuda para o professor analisar o encadeamento das ideias e como material para correção dos problemas resolvidos (sete ao todo).

4.4 MATERIAL DE APOIO PARA OS ALUNOS

Com vista a orientar os alunos durante a leitura dos livretos, bem como visando evitar uma leitura muito técnica dos conteúdos, foi elaborado um livro que apresenta os conceitos físicos tratados em cada cenário. Ao ler um determinado trecho, o aluno é convidado a remeter-se a algumas partes desse livreto – intitulado *Livro dos Conceitos Físicos* – como forma de instrução sobre o que fazer com os dados adquiridos durante a leitura do livro de personagem, de maneira a ajudar os estudantes na resolução do problema proposto. Em seguida, eles são convidados a retomarem a leitura em certo ponto do livro de personagem, por meio da leitura do último trecho do Livro dos Conceitos Físicos.

Por se tratar de um jogo – e jogos possuem regras –, foi elaborada uma folha (designada como *Guia de Regras do Jogo*) contendo as regras básicas que ensinam aos alunos como preencher as fichas de personagens e como deve ser realizada a leitura de cada livreto. Sua elaboração visou otimizar o tempo de manuseio dos alunos com o material.

Inicialmente, havia-se pensado em um material – um livreto – que apresentaria as regras do jogo, junto com a história de cada personagem. Contudo, durante o pré-teste do produto educacional, verificou-se que esse formato não seria ideal para a aplicação em uma sala aula de Ensino Médio. Logo, as regras básicas foram colocadas em uma planilha de modo que, durante o jogo, cada dupla pudesse

consultar as regras sem recorrer a outro livreto, proporcionando maior independência na leitura e no desenvolvimento da atividade.

4.5 EXEMPLO DE ANÁLISE PARA O PROFESSOR

Analisando o modo como os alunos resolveram os problemas de cada cenário dos livreto que constituem o produto, elaborou-se uma sugestão de análise para que o professor consiga averiguar o progresso dos discentes.

Considere-se, para fins de exemplo, o caminho de leitura realizado por uma dupla de alunos que leram o encarte *Jogando com a Alex*, apresentado pela tabela a seguir:

Tabela 1 - Exemplo de caminho de leitura – Jogando com a Alex

| Dupla | Caminho percorrido durante a leitura | | | | | | | | | |
|----------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 50 | 35 | 30 | 29 | 36 | 52 | 22 | 32 | 12 | 06 |
| 1 | 48 | 34 | 29 | 36 | 52 | 22 | 32 | 12 | 39 | 05 |
| | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Fonte: Elaborado pelo autor.

O item 50 indica que os alunos escolheram manusear alguns monitores, que estão presentes no cenário, a fim de fornecerem informações de conceitos físicos sobre os desafios do local. Todavia, não conseguiram ver o conteúdo (item 30). O item 48, em destaque, significa que a dupla foi redirecionada para o início do cenário, por ter feito uma escolha ruim (item 6). Ao refazer o caminho de leitura, ela opta por não manusear novamente os monitores e acerta na escolha da aceleração a ser adotada.

Conclui-se, ao analisar o caminho percorrido pela dupla, que ela alcançou a resposta do problema de maneira conceitual, uma vez que não teve contato com os conceitos físicos que envolvem o problema ou a fórmula para resolvê-lo.

No item 6, pede-se para que a dupla escreva o porquê dessa escolha, justificando por meio de cálculos. O item 39 segue esse padrão. Logo, comparando as respostas dadas pela dupla em cada situação, o professor pode ter uma noção sobre o que foi aprendido por eles durante o processo do novo caminho.

Portanto, por meio da comparação do caminho realizado pela dupla com as respostas dadas por elas ao justificarem os itens referentes, o professor consegue

perceber como ocorreu o aprendizado dos discentes e analisar os pontos que precisam ser revistos ou reforçados.

5 RELATO DE APLICAÇÃO

A aplicação do jogo ocorreu no ano de 2018, sendo realizada em três etapas. A primeira etapa consistiu em verificar e corrigir possíveis erros no jogo e na aplicação em uma turma de licenciatura em Física de um instituto federal. A segunda contemplou os objetivos da pesquisa e foi aplicada em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio regular de uma escola pública estadual. A terceira etapa objetivou verificar se o jogo poderia ser aplicado não somente a alunos do Ensino Médio, mas também a alunos de curso superior. Dessa forma, ela foi realizada em um instituto federal, com uma turma de Engenharia Mecatrônica.

5.1 PRIMEIRA ETAPA

A turma de licenciatura em Física, na disciplina Metodologia para o Ensino de Física I, foi escolhida devido à necessidade de o produto educacional atender as demandas dos docentes que queiram utilizar novas formas de ensino. Por isso, o jogo foi apresentado para a turma, e o autor deste estudo explicou para os alunos a finalidade da atividade. Por se tratar de uma turma de formação de professores da área de Física, foi solicitado a eles que se posicionassem criticamente em relação à dinâmica e aos conteúdos trabalhados.

Na data de aplicação do produto (no mês de abril do referido ano), estavam presentes 10 alunos, e as leituras das aventuras ocorreram em duplas.

Para esta turma, não foram utilizados os organizadores prévios (textos), já que esta era de futuros professores. Optou-se, pois, por aplicar diretamente o produto.

A duração dessa atividade foi de quatro aulas, conforme indica a tabela 2 abaixo, com duração de cinquenta minutos cada aula.

Tabela 2 - Divisão didática da aplicação - Turma de licenciatura

| Sequência das aulas | Atividade proposta |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|
| Aula 1 | Leitura do material com o professor e início do jogo. |
| Aula 2 | Continuação e término do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 3 | Início do jogo com o Livro Final. |

Aula 4

Término do jogo do Livro Final, respostas ao questionário sobre o nível de satisfação e críticas ao produto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As análises da aplicação do jogo nessa turma estão apresentadas no capítulo 6.

5.2 SEGUNDA ETAPA

Essa aplicação do jogo ocorreu em junho de 2018, na parte da manhã, em uma escola pública estadual.

No início do ano letivo, elaborou-se um questionário para averiguar alguns dos hábitos dos alunos. A finalidade desse levantamento era traçar um perfil de cada turma, visando a uma adequação das atividades para elas ao longo do ano. As respostas analisadas permitiram a escolha da turma que iria integrar o projeto. A turma selecionada foi aquela que apresentou um índice maior de alunos leitores. A justificativa para esse critério deve-se ao fato de o produto elaborado para esta pesquisa ser um material textual e sua manipulação ocorrer por meio da leitura e da interpretação de textos.

Para essa turma, antes de iniciar a aplicação do jogo, foram utilizados organizadores prévios, seguindo as orientações fornecidas nos trabalhos de Masini (2011) e de Moreira (2013), de forma a ativar os *subsunçores* e ancorar o conhecimento.

Os organizadores prévios, para essa turma, foram pensados como textos do livro Física Conceitual (HEWITT, 2002), que é parte da literatura adotada nas disciplinas do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Seus textos apresentam um nível de aprofundamento mais elevado se comparado com o nível da literatura adotada para o Ensino Médio.

Os textos foram apresentados, na semana anterior à aplicação do jogo, em forma de unidade didática e trabalhados em grupos com quatro integrantes. A dinâmica utilizada foi a leitura dos diversos textos pelos grupos e a troca de conhecimento entre eles, de maneira que eles expressaram para os demais colegas a explicação do tópico aprendido.

Foram solicitados um resumo dos textos e as respostas das perguntas apresentadas.

Na turma escolhida, o professor possuía duas aulas semanais, geminadas, de 50 minutos cada. Como a atividade foi previamente planejada para ser aplicada durante seis aulas, obteve-se a nova divisão didática, pontuada na tabela 3:

Tabela 3 - Divisão didática da aplicação – Turma Ensino Médio

| Sequência das aulas | Atividade proposta |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Aula 1 | Leitura do material junto com o professor e início do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 2 | Continuação do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 3 | Continuação do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 4 | Término do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 5 | Início do jogo com o Livro Final. |
| Aula 6 | Continuação e término do jogo do Livro Final. |
| Aula 7 | Roda de conversa com os alunos. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência, será relatada a aplicação do produto, descrevendo a forma como ocorreu e as situações presenciadas.

5.2.1 Primeiro dia

A aplicação do jogo teve início no dia 7 de junho de 2018, no primeiro horário do turno da manhã. Ao chegar à turma, o professor constatou 28 alunos presentes.

Em seguida, o professor iniciou a aula explicando para os alunos que, naquele dia, eles iriam fazer uma atividade (sendo ela avaliativa para o segundo bimestre) que seria realizada em várias etapas. Depois, foi explicado a eles que tal atividade consistia na leitura de uma ficha, chamada *Guia de Regras do Jogo*, que continha as instruções de um jogo do qual eles iriam participar. Para isso, os alunos teriam um tempo hábil de 10 minutos. Durante esse momento, o professor percebeu

que uma dupla não estava participando da leitura do material, e foi necessária sua intervenção.

Terminado o tempo de leitura, foi explicado para as duplas que teria início a segunda etapa da atividade. Para isso, receberiam um livreto do jogo mencionado anteriormente, que deveria ser lido por elas. Os livretos foram entregues de modo a haver o mesmo número de duplas para cada personagem, conforme a dinâmica pensada para o produto. Porém, pelo quantitativo de alunos presentes naquele momento, haveria um número menor de duplas de um dos personagens em relação ao dos outros dois.

Encerrado o primeiro horário de aula, outros seis alunos chegaram à sala de aula. O professor lhes pediu para formarem duplas e os informou sobre o que estava acontecendo.

Enquanto o restante do material era entregue aos alunos, explicou-se sobre a função de cada item e sobre a forma como a ficha do personagem deveria ser preenchida, uma vez que se observou que muitas duplas estavam preenchendo-a de forma equivocada.

Durante o tempo restante do segundo horário de aula, o professor foi, de dupla em dupla, averiguando se a atividade estava sendo realizada por eles. Novamente, a dupla que havia apresentado resistência à leitura do primeiro material estava sendo reincidente, e houve a necessidade de o professor conversar com a dupla em questão.

No final do segundo horário, foi recolhido o material de cada dupla e explicado que a atividade seria retomada na aula seguinte.

5.2.2 Segundo dia

No segundo dia, o professor lembrou o jogo com os alunos, explicando para a turma as regras e a situação em que ele aconteceria. Também foi dito a eles que as duas aulas daquele dia seriam destinadas à finalização da leitura do livro do personagem, que, nas próximas aulas, seria feita a leitura de um livro que reunia os três personagens e que mais explicações seriam dadas posteriormente.

Feito isso, os alunos foram solicitados a se organizarem nas mesmas duplas formadas na aula anterior, dando continuidade à atividade. Nesse momento, alguns alunos chamaram o professor para informar sobre a falta de integrantes nos

grupos, totalizando três duplas incompletas. O professor analisou a situação, verificando que duas duplas eram do mesmo personagem. Logo, articulou os integrantes para formarem uma nova dupla e pediu para que os dois alunos – se as leituras nos dois livros de personagem não estivessem no mesmo ponto – tentassem chegar a um ponto comum de leitura. Um aluno solicitou autorização para realizar a leitura sozinho, argumentando que o outro integrante chegaria no segundo horário.

Em seguida, o professor entregou os *kits* formados na aula anterior para cada dupla, os quais continham os nomes dos integrantes e as explicações sobre as regras para as duplas que não entenderam a explicação feita no início daquela aula.

Durante o primeiro horário, o professor foi solicitado por todas as duplas para explicar qual era a relação das fórmulas existentes no Livro de Conceitos Físicos e os valores que apareciam nos livros de personagem. Diante disso, foi explicada cada uma das fórmulas e sua função, bem como a relação dos valores informados nos livros de personagem.

Nesse ínterim, o professor foi também solicitado pelas duplas que jogavam com a personagem Alex para explicar o desenho contido no Livro de Conceitos Físicos, referente ao segundo cenário do livro da personagem, que se encontra no Apêndice B. A dificuldade apresentada por eles era interpretar o desenho, que consistia em entender onde estava a esfera, a que altura ela estava e como ela se movia.

Após os cinquenta minutos da aula, chegaram três alunos para a realização da atividade. O professor verificou que um deles era parceiro do aluno que estava sozinho, e os outros dois formaram outra dupla. Foi entregue o *kit* para eles e repetiram-se as explicações dadas no primeiro horário.

Durante o segundo horário, percebeu-se que uma aluna não estava participando do jogo, porque estava fazendo uma atividade de outra disciplina. Por meio de argumentação, o professor conseguiu que ela voltasse a realizar a atividade.

Os alunos que estavam jogando com a personagem Alex chamaram o professor para questionar, segundo eles, a falta de informação para a resolução de uma equação que aparecia no segundo cenário do livro da personagem. Após analisar alguns fatos relatados pelos alunos, o professor percebeu que o dado da velocidade da esfera (mencionado durante a leitura do livro de personagem) não estava evidenciado e, por isso, os alunos não conseguiam resolver a situação. Portanto, foi

apontado para essas duplas onde estava o valor e como ele seria utilizado na equação.

Alguns grupos solicitaram o professor para dizer que não estavam entendendo o porquê da leitura repetitiva de uma certa sequência do livro. Após avaliar as indagações, ele constatou que havia um item na leitura que causava esse problema. Tal item envolvia a jogada de dados para escolher a leitura do próximo texto. Foi pedido, então, para eles lerem o outro item.

Ao final do segundo horário, todas as turmas conseguiram terminar a leitura dos livros de personagem.

➤ **Ponderação:** com essa primeira aplicação, foi observado que a forma como os valores das grandezas físicas e as equações foram colocadas nos livros de personagens, bem como no Livro dos Conceitos Físicos, precisaria passar por reformulações, a fim de que os alunos, ao lerem os livros, conseguissem identificá-los e relacioná-los sem problemas. Outra observação foi a reformulação dos desenhos dos cenários e dos desenhos presentes no Livro dos Conceitos Físicos, pois os alunos não estavam conseguindo interpretá-los. Por último, foi verificado um problema consistente sobre os itens que envolviam a jogada de dado, de maneira a se criar um *loop* na leitura dos livros. Logo, esse foi um outro ponto a ser revisto para o aperfeiçoamento da atividade.

5.2.3 Terceiro dia

No terceiro dia de aplicação, o professor iniciou a aula explicando para os presentes que as duas aulas daquela semana serviriam para a leitura do último livro do jogo, o qual reunia os três personagens em um único cenário. Foi explicada para eles a necessidade de se organizarem em grupos de seis integrantes, de tal forma que houvesse a presença de uma dupla leitora do livro de cada personagem em cada grupo, ou seja, dois alunos que leram o livro da personagem Alex; dois que leram o livro do personagem Vini e dois alunos que leram o livro do personagem Ian.

Foi detectado que dois alunos não haviam participado das aulas anteriores, portanto, não haviam jogado com qualquer personagem. Decidiu-se, então, dar a essa dupla o livro do personagem Vini, pois o número de duplas desse personagem era inferior ao dos outros dois.

O problema ocorrido na aula anterior, sobre a ausência de integrantes das duplas no primeiro horário, aconteceu novamente, e o professor optou por formar grupos, primeiramente, completos (com os alunos que leram os três livros de personagem) e, em seguida, grupos com falta de leitura de livros de alguns personagens. Em um total de 20 alunos, foram formados um grupo completo (com seis alunos que leram os três livros), dois grupos com cinco alunos (que leram os três livros) e um grupo com falta de um livro.

Com os grupos já formados e em posse dos *kits*, o professor explicou como preencher a ficha de personagens do último livro e como ela seria utilizada.

Após o término do primeiro horário, chegaram oito alunos para a aula. O professor verificou qual foi a leitura feita por eles nas aulas anteriores e optou pela seguinte organização: uma dupla completou o grupo com falta de um livro de personagem; quatro alunos formaram um novo grupo, no qual houve a falta de um livro de personagem; e os dois alunos restantes foram divididos, um para cada grupo com cinco integrantes, para totalizar quatro grupos completos com seis alunos.

Os grupos, em sua maioria, questionaram o professor sobre a informação de quanto a mola (objeto que aparece no cenário do último livro) poderia ser deformada. O professor explicou que eles deveriam se basear no quanto o personagem Ian poderia ser comprimido, informação que consta na ficha de personagem do último livro.

Os grupos com seis e o outro com quatro integrantes conseguiram terminar a leitura do último livro até o final do segundo horário. Já a dupla que estava jogando com o livro do personagem Vini conseguiu terminar a leitura do livro, mas não conseguiu ler o livro final naquela aula. A leitura desse material ocorreu em outro horário, no início do contraturno, quando o professor esteve presente, acompanhando o desenvolvimento da atividade, que foi completada em aproximadamente 40 minutos.

➤ **Ponderação:** com essa última aplicação do produto, foi possível detectar que a quantidade que a mola devia ser comprimida não foi relacionada ao personagem Ian. Portanto, tornou-se necessária uma solução para esse problema. Também foi verificado que, embora apresentando dificuldades, os alunos gostaram muito da atividade e que alguns demonstraram interesse por mais atividades como essa.

5.2.4 Quarto dia

Uma semana após a aplicação do Livro Final, durante a primeira aula, explicou-se para os alunos presentes a intenção da atividade. O professor organizou-os em círculo, perguntou, de forma geral, se eles gostaram da atividade e o que acharam do jogo. A maioria respondeu que a atividades foi muito boa, e alguns alunos disseram que ela era interessante, por se tratar de um jogo, e que o professor poderia propor mais atividades como aquela.

No próximo capítulo (capítulo 6), serão analisados os resultados obtidos com essa aplicação.

5.3 TERCEIRA ETAPA

Após a aplicação do produto na turma de alunos do Ensino Médio regular, foram feitas algumas mudanças no livreto dos personagens, de forma a sanar os problemas detectados durante a aplicação. Feito isso, o produto foi reaplicado na turma de Engenharia Mecatrônica, sendo realizados os mesmos procedimentos anteriores de distribuição de alunos. Além disso, também houve um interesse em verificar se o produto poderia ser aplicado em turmas de ensino superior, cujos cursos pertencem à área de conhecimento das Ciências Exatas, uma vez que o produto aborda conceitos que estão presentes nesses cursos.

Na data de aplicação, havia na turma 19 alunos, os quais foram divididos em duplas, resultando em oito duplas e um trio.

Foram utilizados os mesmos textos dos organizadores prévios da turma do nível médio. Neste caso, porém, os textos se configuraram como pseudo-organizadores, em virtude do nível similar ao do ensino ministrado para essa turma. Isso está de acordo com o preconizado na literatura, já que os organizadores prévios “dependem sempre da natureza do material de aprendizagem, da idade do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com o conteúdo a ser aprendido.” (SOUZA; MOREIRA, 1981).

A duração dessa atividade foi de cinco aulas de cinquenta minutos cada, conforme indica a tabela 4:

Tabela 4 – Divisão didática da aplicação – Turma de Engenharia

| Sequência das Aulas | Atividade proposta |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Aula 1 | Leitura do material junto com o professor e início do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 2 | Continuação e encerramento do jogo com os livros de personagem. |
| Aula 3 | Início do jogo com o Livro Final. |
| Aula 4 | Continuação do jogo. |
| Aula 5 | Encerramento do jogo e análise da atividade. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

No capítulo 6, a seguir, serão apresentadas as análises referentes a essa aplicação.

6 A ANÁLISE DOS RESULTADOS

Três testes de aplicação do jogo foram realizados: um teste prévio com uma turma da disciplina de Metodologia para o Ensino de Física I, com o intuito de recolher dados acerca dos possíveis erros e das mudanças que poderiam ser realizadas no produto, além de consolidar os aspectos que já forneciam bons resultados; uma aplicação em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio, descrita parcialmente no capítulo 5, focando os resultados e a sua dinâmica em sala de aula; e uma aplicação em uma turma de Engenharia Mecatrônica do ensino superior, para análise da usabilidade do produto em diferentes níveis de ensino. Ao final, realizamos uma reflexão acerca da dinâmica de sala de aula e dos ajustes de orientações que serão oferecidas aos alunos e aos professores a partir das aplicações realizadas.

6.1 TURMA DE LICENCIATURA EM FÍSICA

Observou-se, após leitura e resolução dos livretos do jogo:

- **Livro da Alex**

Uma dupla escolheu um caminho conceitual na primeira tentativa de solucionar o problema do cenário, cometendo um equívoco. Isso fez o personagem voltar ao início do cenário. Já na segunda tentativa, os alunos percorreram outro caminho, também conceitual, que levou à resolução satisfatória do problema. Contudo, não apresentaram a forma como ocorreu essa mudança no pensamento.

Percebeu-se, no entanto, que a outra dupla obteve a resposta para a situação, cometendo um equívoco em razão de um fator matemático. Isso aparenta ser um ponto a ser revisto no que diz respeito à dinâmica do jogo.

Com esses dados, foi possível fazer algumas mudanças para que o jogo pudesse alcançar o seu objetivo, como a apresentação de uma fórmula e o acréscimo de alguns itens de leitura, de modo a melhorar a forma como os alunos justificam suas respostas durante a resolução do problema.

Para a segunda parte do livro da Alex, percebeu-se que ambas as duplas conseguiram (na primeira tentativa) resolver o problema, encontrando a solução que satisfazia a situação exposta pelo cenário.

As duas duplas demonstraram uma compreensão satisfatória da relação entre os dados e a fórmula a ser utilizada.

Como o cenário em questão explora o uso da força peso, bem como da aceleração da gravidade, foi preciso reelaborar o problema para evidenciar o uso de tais conceitos. Assim, a fórmula desse cenário e os dados a serem utilizados também foram modificados.

- **Livro do Ian**

As duplas conseguiram resolver o problema apresentado no primeiro cenário de forma rápida, pois o caminho de leitura de ambas as duplas foi curto.

Inferiu-se que elas conseguiram resolver o problema de forma conceitual, tendo uma dupla solucionado possivelmente pelo método de tentativa e erro. Logo, o material precisou sofrer algumas mudanças, com a finalidade de obter alguma justificativa de escolha por parte dos alunos nesse cenário.

- **Livro do Vini**

Para essa aplicação, houve apenas uma dupla que jogou utilizando esse material.

A dupla não apresentou justificativas claras que permitissem a obtenção de dados consistentes sobre o problema. Tal ausência criou a hipótese de que a leitura original do problema poderia ser facilmente deduzida. Então, optou-se por uma reformulação nos itens de leitura que foram estruturados para que houvesse um raciocínio mais elaborado para a solução da situação.

- **Livro Final**

O professor orientou aos alunos que, após lerem os livros de personagens, era necessário que se formasse um único grupo.

Devido a problemas de identificação das figuras contidas neste material e no modo que as fórmulas foram apresentadas, foram feitas modificações para adaptar a descrição do cenário e a forma de apresentar as fórmulas no livro.

6.3 TURMA DO ENSINO MÉDIO

A referida turma, por meio da análise de perfil apresentada no capítulo 4, apresentou as características que, em princípio, poderiam facilitar a aplicação do produto proposto.

Tendo em vista que a análise da aplicação em sala foi realizada no capítulo 5, nesta seção serão elencadas outras observações.

Assim como exposto no capítulo 5 deste estudo, a metodologia adotada na turma em questão utilizou os textos que serviram de organizadores prévios, no sentido de Masini (2011) e Moreira (2013). O professor organizou os 36 alunos presentes na data da aplicação em seis duplas (para cada livro), a fim de realizarem a leitura do livro-jogo de cada personagem. Terminada a leitura e a resolução das situações propostas, foram feitas as seguintes observações:

- **Livro da Alex**

Foi possível detectar, por meio da análise do caminho percorrido pelos alunos, fatores que passaram despercebidos durante a aplicação prévia na turma de licenciatura, como o formato do tempo, no primeiro cenário, e o modo como era realizada a anotação dos itens de leitura no material. Uma hipótese para o ocorrido seria a experiência que a turma de graduandos em Física possui em comparação a uma turma de adolescentes do Ensino Médio regular. Logo, o material em questão passou por mais algumas reformulações para aperfeiçoar sua eficácia.

- **Livro do Ian**

Percebeu-se neste livro-jogo, por meio das respostas fornecidas, que as duplas conseguiram alcançar o objetivo do cenário. Não demonstraram, porém, muito conhecimento sobre o que leram. Dessa forma, foi preciso efetuar mudanças no texto do material que retrata a associação de molas, assim como melhorar a descrição do cenário e a relação entre as molas e o personagem.

- **Livro do Vini**

Analisando os caminhos percorridos durante a leitura do material, verificou-se que as duplas conseguiram resolver o problema do primeiro cenário na primeira tentativa, escolhendo aumentar o coeficiente de atrito estático entre o tênis e o piso.

Após essa análise, foram feitas modificações no problema, visando tornar a sua solução menos conceitual.

Devido à constatação dos problemas desse cenário, foram feitas mudanças para melhorar a eficácia do material.

- **Livro Final**

Os alunos realizaram algumas escolhas equivocadas e apresentaram manipulação de resultados, com esquecimentos de justificativas, entre outros.

Após essa aplicação, o material passou por mais algumas mudanças para melhorar a eficácia, como o valor da aceleração do carrinho, o desenho da inclinação dos trilhos e o acréscimo de itens para justificar as escolhas.

6.4 TURMA DE ENGENHARIA MECATRÔNICA

Realizada a aplicação nesta turma de graduação, com a leitura dos livretos e a resolução das situações propostas, observou-se o que se segue:

- **Livro da Alex**

Uma dupla apresentou uma boa compreensão do problema do primeiro cenário, mas cometeu um equívoco ao adotar a medida de tempo em minutos. Ao que aponta essa resposta da dupla, a modificação feita na escrita desses dados (IPEM, 2019) ainda precisa ser melhorada, a fim de evitar mais inconsistências como essa em futuras aplicações.

Com a aplicação, bem como por meio das análises realizadas ao longo deste capítulo, foi possível perceber que esse livro-jogo ainda precisava passar por adaptações, que foram realizadas posteriormente na finalização do material.

- **Livro do Ian**

O primeiro cenário demandou um ajuste na apresentação dos dados e da fórmula. Fato este que não se constatou no segundo cenário deste livro-jogo.

- **Livro do Vini**

Analisando as respostas apresentadas com o caminho percorrido pelos alunos, foi possível inferir que as duplas compreenderam os problemas apresentados pelos cenários, bem como a maneira de solucioná-los.

- **Livro Final**

Para a aplicação desse material, formaram-se três grupos de seis alunos. Observou-se que as modificações realizadas no material apresentaram bons resultados. Contudo, foi necessário ajustar mais alguns detalhes, como uma identificação mais adequada para a constante elástica da fórmula e a massa total do conjunto “carrinho mais massa a ser transportada”.

6.5 AVALIAÇÃO DO PRODUTO PELOS ALUNOS

Ao final da aplicação do produto, foi realizado um levantamento com os alunos das turmas de licenciatura em Física e Engenharia Mecatrônica, a fim de que que avaliassem o nível de satisfação com o jogo. Essa avaliação constou de quatro questões de múltipla escolha e foi respondida anonimamente (os alunos não se identificaram). O modelo da avaliação encontra-se no Apêndice B.

Na turma de Ensino Médio regular, o professor fez uma avaliação mais informal, com perguntas feitas aos alunos em uma roda de conversa, na qual eles podiam expressar suas opiniões.

Inicialmente, apresentaremos as perguntas e as respostas dadas pelos alunos das turmas de licenciatura em Física e Engenharia Mecatrônica, tal como expresso na tabela 5:

Tabela 5 - Análise sobre força e sua relação cotidiana

| Questão 1 - O objetivo da atividade é ajudar os alunos a compreenderem melhor sobre o que é força e como ela aparece no dia a dia deles. Comparando isso com o que você experimentou jogando a atividade, qual seria o nível de satisfação que você classificaria a atividade? | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|----------------|-------------|-------------------|
| | Muito Bom | Bom | Regular | Ruim | Muito Ruim |
| Física | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Engenharia | 12 | 5 | 1 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se, na tabela 5, que ambas as turmas perceberam que o produto aproxima o conceito de força do dia a dia do aluno, tornando o conteúdo mais prático.

Tabela 6 – Aplicações do conceito de força

| Questão 2 – Sobre as aplicações do conceito de força, como você classificaria a atividade? | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|----------------|-------------|-------------------|
| | Muito Bom | Bom | Regular | Ruim | Muito Ruim |
| Física | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| Engenharia | 8 | 7 | 1 | 2 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Infere-se que ambas as turmas consideraram o produto um meio bom e/ou muito bom de apresentar as aplicações de força – no caso estudado, o peso, o atrito e a força elástica.

Tabela 7 – Sobre a dinâmica do produto

| Questão 3 – Sobre a dinâmica do jogo, como você classificaria a atividade? | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|----------------|-------------|-------------------|
| | Muito Bom | Bom | Regular | Ruim | Muito Ruim |
| Física | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| Engenharia | 10 | 7 | 1 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ambas as turmas consideraram a dinâmica do jogo como boa, demonstrando que o processo de leitura de cada livro pode ser considerado um fator interessante.

Tabela 8 – Análise da linguagem do produto

| Questão 4 – Sobre a linguagem utilizada nos textos e a forma de expor os acontecimentos, como você classificaria a atividade? | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|----------------|-------------|-------------------|
| | Muito Bom | Bom | Regular | Ruim | Muito Ruim |
| Física | 4 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Engenharia | 10 | 7 | 1 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo como propósito alcançar os leitores, não foram utilizados elementos rebuscados de escrita, uma vez que isso poderia retardar o encadeamento das ideias

durante a leitura. Por isso, foi feito esse questionamento para as turmas, que consideraram boa a linguagem do produto.

Apresentaremos agora (tabela 9) as perguntas feitas pelo professor para a turma do Ensino Médio regular e as respostas dadas por três alunos que responderam mais prontamente ao professor, sendo identificados aqui como alunos 1, 2 e 3:

Tabela 9 – Respostas dos alunos de Ensino Médio

| Perguntas feitas pelo professor | Respostas dadas pelos alunos |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>O que vocês acharam da atividade?</i> | Aluno 1 – Muito boa! Aluno 2 – Boa, porém [pausa] meio complicada. Aluno 3 – Boa! |
| <i>O que vocês acharam complicado?</i> | Aluno 1 – As contas. Aluno 2 – Acho que foi tudo. Aluno 3 – Sei lá! |
| <i>Vocês acharam a linguagem dos livros complicada?</i> | Aluno 1 – Fácil! Aluno 2 – Mais ou menos. Aluno 3 – Fácil de entender. |
| <i>O que vocês acharam das regras do jogo?</i> | Aluno 1 – Bem diferente e bem legal. Aluno 2 – Boas. Aluno 3 – Bem elaboradas. |
| <i>Vocês conseguiram perceber que havia Física no jogo?</i> | Aluno 1 – Sim! Aluno 2 – Perfeitamente. Aluno 3 – Sim! |
| <i>A Física, nessa forma de jogo, é melhor para aprender ou ficou pior, pelo fato de eu não ter ido para o quadro explicar?</i> | Aluno 1 – Melhor! Ela é bem empolgante. Aluno 2 – Adoramos. Aluno 3 – Bom. Fazer mais dessa aí. |
| <i>Alguém de vocês já tinha alguma experiência com esse tipo de jogo antes?</i> | Aluno 1 – Isso parece RPG. Aluno 2 – Não. Aluno 3 – Não. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando as respostas dadas pelos alunos, é possível perceber que estes compreenderam o motivo da atividade e gostaram de realizá-la. Ainda que o aluno 2 tenha respondido que achou a atividade um pouco complicada, acabou admitindo que essa abordagem é melhor do que o método tradicional.

Outro ponto interessante a se destacar é que, embora não conhecessem o jogo – apenas o aluno 1 identificou como algo similar ao RPG tradicional –, os alunos conseguiram realizá-lo e ficaram satisfeitos com isso.

Por fim, a partir das análises e das observações durante as três etapas de aplicação do produto, verificou-se que o jogo provocou o interesse dos alunos e os motivou a participarem da atividade proposta. Para além desse engajamento, o jogo proporcionou um ambiente para reconfiguração das ideias já existentes na estrutura mental dos aprendizes, uma vez que utilizou o processo de imaginação - no qual os estudantes precisaram elaborar hipóteses para resolverem os problemas apresentados em cada cenário dos livretos - e de tomada de decisão, que é um processo em que o aluno estabelece vários caminhos (ou esquemas) cognitivos para resolver o problema proposto e precisa escolher aquele que melhor se adéqua ou soluciona a questão.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou a elaboração de um jogo que motivasse os alunos a participarem ativamente do processo de ensino-aprendizagem nas aulas de Física. A motivação para tanto se deu de forma lúdica, por meio de um jogo de tomada de decisões baseado em um *Role Playing Game* (RPG), em que os alunos tiveram a oportunidade de jogar com personagens dotados de super-habilidades relacionadas às forças peso, elástica e atrito.

Por meio dessa pesquisa, foi possível perceber como a interação entre os alunos foi importante no decorrer da atividade envolvendo os livros-jogos. Os estudantes puderam expor suas ideias e dialogar com seus colegas, argumentando sobre a resolução dos problemas propostos. Além disso, foi visível como determinados alunos que não interagem com os demais colegas passaram a fazê-lo. Logo, adotar a linha de pensamento de Vygotsky (*apud* OLIVEIRA, 2010), para elaboração de uma atividade que favoreceu a interação social entre alunos e professor, foi um importante elemento para o desenvolvimento da pesquisa.

Do mesmo modo, observou-se que, após a aplicação do jogo, alguns alunos fizeram relações entre as circunstâncias descritas nos livros-jogos e outras situações expostas nas aulas seguintes, que deram continuidade ao conteúdo lecionado sobre forças. Isso mostra que alguns alunos conseguiram associar o conhecimento adquirido na aplicação do jogo a esse mesmo conhecimento envolvido em outro contexto, indicando ter ocorrido aprendizagem significativa.

Verificou-se, também, que houve uma participação mais ativa dos alunos, que se mostraram mais envolvidos e motivados durante a atividade. Depois dela, alguns alunos questionaram se haveria a possibilidade de outra aplicação do jogo, como uma continuação da atividade realizada. Outros, por sua vez, indagaram sobre a possibilidade de uso dessa metodologia e das super-habilidades dos personagens que protagonizaram a história em outras situações – sugeridas por eles próprios. Isso mostra que os alunos se interessam por atividades com esse caráter lúdico e por aplicar os conhecimentos aprendidos.

Ao analisarem-se os resultados obtidos na aplicação dos livros-jogos na turma de Ensino Médio, foi possível perceber que ainda há certa resistência por parte dos alunos em utilizarem equações e resoluções numéricas. Optando por um caminho

de resolução conceitual, o aluno deixa transparecer sua dificuldade na parte matemática.

No que se refere às respostas fornecidas pelos alunos da turma de Ensino Médio, sobre a forma “diferente” de ensinar Física, foi apontada a aceitação em relação à proposta, mostrando que eles concordariam em participar de mais atividades como essa.

É importante ressaltar que, no desenvolvimento deste estudo, foram apresentadas as dificuldades levantadas durante as aplicações, bem como as soluções adotadas para saná-las. Sendo assim, o professor que queira fazer uso do jogo saberá como proceder ao utilizá-lo em sala de aula. Cabe também destacar que o material educacional foi planejado para ser aplicado em qualquer ambiente escolar, por qualquer professor que se interesse pela proposta.

A pesquisa evidenciou a utilização de jogos em ambiente escolar, mostrando seus benefícios para o processo de ensino-aprendizagem, visto que a atividade aplicada demonstrou que os alunos se interessaram em participar da aula mais ativamente quando o jogo era aplicado. Contudo, é necessário evidenciar que o jogo é um de muitos elementos educacionais que podem contribuir para o desenvolvimento de atividades mais motivadoras e lúdicas para os alunos.

Portanto, cabe ao professor pesquisar formas de atrair a atenção do aluno, para que seu aprendiz se envolva mais em seu próprio processo de aprendizagem e consiga perceber a importância dos conteúdos de Física tanto para a sua vida pessoal como para o avanço científico e tecnológico da sociedade na qual está inserido. Dessa forma, o docente pode contribuir mais efetivamente para uma formação não apenas científica, mas também social de seu aluno.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. R. *O Uso do R.P.G. Pedagógico para o Ensino de Física*. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2008.

AMARAL, R., BASTOS, H. O Role Playing Game na sala de aula: uma maneira de desenvolver atividades diferentes simultaneamente. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 11, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2329>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

ASSIS, A.K.T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. Vol. 2. Instituto de Física. Universidade estadual de campinas (Unicamp). Campinas, SP. 2018.

ASTROFÍSICA. *In: WIKIPEDIA: A enciclopédia livre*. 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Astrof%C3%ADsica>>. Acesso em 26 jul. 2019.

ATOMIC. *In: WIKIPEDIA*. 2019. Disponível em: <https://en.m.wikipedia.org/wiki/Atomic_force_microscopy>. Acesso em: 26 jul. 2019.

BARCI, P. Ilustrações dos cenários e dos personagens do produto educacional. Juiz de Fora, 2019.

BLOGSPOT. 2019. Disponível em: <http://3.bp.blogspot.com/_vN8E_e0MxYA/TFII7EEK28I/AAAAAAAAAOw/0u_IO5gDqV0/w1200-h630-p-k-no-nu/princ_eq.jpg>. Acesso em: 26 jul. 2019.

BRASIL. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC. 2006.

CALDAS, H.; SALTIEL, E. Sentido das Forças de Atrito e Movimento – I. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 21, n. 3, p. 359-365, set. 1999.

CASTELLANI, O. C. Discussão dos Conceitos de Massa Inercial e Massa Gravitacional – *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 23, n. 3, p. 356-359, set. 2001.

CARUSO, F.; OGURI, V. FÍSICA MODERNA – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos. 2006. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CBPF. Nanotribologia. 2019. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/~nanos/Apostila/37.html>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

CERN. The Large Hadron Collider (O Grande Colisor de Hádrons). 2019. Disponível em: <<https://home.cern/Science/accelerators/large-hadron-collider>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

COSTIKYAN, G. Story vs. Game. Greg Costikyan, 2003. Disponível em: <www.costik.com>. Acesso em: 9 jun. 2019.

CURVATURA. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre. 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Curvatura_do_espaco-tempo>. Acesso em: 26 jul. 2019.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *The Feynman Lectures on Physics*, Bookman, 2008a. Vol. 1.

_____. *The Feynman Lectures on Physics*. Bookman, 2008b. Vol. 2.

FERREIRA, G. S. Universo Marvel: Super-Heróis na sala de aula, o RPG como ferramenta didática para o Ensino de Física. In: SECITEC (Semana de Educação, Ciência, Tecnologia e Cultura). 2016, Juiz de Fora.

G1. Conceito físico da “força elástica” está presente nos exercícios de pilates. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/vestibular-e-educacao/noticia/2014/09/conceito-fisico-da-forca-elastica-esta-presente-nos-exercicios-de-pilates.html>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

GRAF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Editora da Universidade de São Paulo, 1998 (2ª Ed.) – São Paulo.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de Física. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2007.

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

I ESCOLA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (EBEF). Universidade Federal do ABC, campus Santo André. 2014. (Apresentação de slides).

INPE. 2017. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

IPEM: Grafia dos Nomes e Símbolos do SI. 2019. Disponível em: <http://www.ipem.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=356&Itemid=282>. Acesso em: 19 mai. 2019.

KAUFMAN, R. Super Stretchy Material is Also Super Strong. (Desenvolvido novo material superelástico e forte). 2012. Disponível em: <<http://www.ciencia-online.net/2012/09/desenvolvido-novo-material-super.html>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

KRIM, J. Friction at the Atomic Scale – Long neglected by physicists, the study of friction’s atomic-level origins, or nanotribology, indicates that the force stems from various unexpected sources, including sound energy. 1996. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24993406?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 26 jul. 2019.

MASINI, E. F. S. Aprendizagem Significativa: Condições para Ocorrência e Lacunas que Levam a Comprometimentos. VI Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa VI EIAS. Universidade Bandeirantes, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID2/v1_n1_a2011.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2019.

MICROSCÓPICO. *In*: ANALÍTICA. 2019. Disponível em: <<https://www.analiticaweb.com.br/p.php?tit=microscopio-de-forca-atomica-afm-parksystems-parkafm&Bid=p59a0804f0ccdf>>. Acesso em 26 jul. 2019.

MOREIRA, M. A. O Modelo Padrão da Física de Partículas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 31, n. 1, pp. 1306. 1-1306, abr. 2009.

_____. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. I Encontro Regional de Aprendizagem Significativa I ERAS NORTE. UEPA, Belém, 2013. Disponível em: <http://www.profjudes.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1518397339.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2017.

NANOTRIBOLOGIA. *In*: WIKIPEDIA. 2019. Disponível em: <<https://it.m.wikipedia.org/wiki/Nanotribologia>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

NASA. 2016. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160013279.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

NASCIMENTO JR., F. A; PIETROCOLA, M. O papel do RPG no ensino de Física. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, 2005. Bauru. Anais. Bauru: ABRAPEC, 2005. 12 p.

NEWTON, I. Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livro I. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA., v. 1, 2002.

OLIVEIRA, M. K. D. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico. 5ª. ed. São Paulo: Scipione, 2010.

PEREIRA, A. R. Gravitação: De Newton a Einstein. 2005. Disponível em: <<http://www.dpf.ufv.br/docs/gravclass.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2019.

REGO, T. C. Lev Vygotsky - O teórico do ensino como processo social, 2008.

REPRESENTAÇÃO. *In*: CREF. 2019. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=representacao-das-forcas-exercidas-em-um-caminhante>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

RESEARCH. *In*: Dong-Woog Lee. 2019. Disponível em:
<<http://dwlee.unist.ac.kr/research/>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

RPG - Role Playing Game. Tipos de RPG. Disponível em:
<<https://rpgroleplayinggame.wordpress.com/tipos-de-rpg/>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

SEE - Secretaria do Estado de Educação. Conteúdo Básico Comum: CBC Física. Belo Horizonte: Minas Gerais, 2007. 60 p.

SILVA, P. H. S. O Role Playing Game (RPG) como ferramenta para o ensino de Física. 129 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

SCHMIT, W. L. RPG e Educação: alguns apontamentos teóricos. 268 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2008.

SOUZA, C. M. S. G. de; MOREIRA, M. A. Pseudo-Organizadores Prévios como Elementos Facilitadores da Aprendizagem em Física. *Revista Brasileira de Física*, Vol. 11, nº 1, 1981.

STUDART FILHO, N. Simulações, games e gamificação no ensino de física. *Anais do XXI SNEF*, 2015. Disponível em
<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0150-31.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

_____. Gamificar para Aprender, III Workshop de Pesquisa em Ensino de Física, UFJF, 2017.

SURFACE. *In*: WIKIPEDIA. 2019. Disponível em:<https://en.m.wikipedia.org/wiki/Surface_forces_apparatus>. Acesso em: 26 jul. 2019.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física: Para Cientistas e Engenheiros. 6ª. ed. [S.l.]: gen LTC, v. 1. 2008.

UNIVERSAL. *In*: IF UFRGS. 2019. Disponível em:<<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Anamaria/gravita%E7%E3o.html>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

WERLANG, R.B.; SILVEIRA, F. L. A Física dos Pneumáticos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. V. 30, n. 3, p. 614-627. 2013. Disponível em:
<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2013v30n3p614/25605>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

ZAHAILA, Willie Douglas Pudín. Atividades experimentais virtuais usando o game Portal 2. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do ABC, Santo André. 2017.

APÊNDICE A

O produto

Prezado(a) Professor(a):

Neste apêndice estão os elementos que compõem o jogo, disponibilizados na formatação para impressão, de forma a auxiliá-lo a desenvolver uma atividade motivadora e lúdica com os seus alunos. Logo, você terá acesso aos seguintes elementos:

- 1) Livro *Jogando com a Alex*;
- 2) Livro *Jogando com o Ian*;
- 3) Livro *Jogando com o Vini*;
- 4) Livro Final;
- 5) Livro dos conceitos Físicos;
- 6) Guia de Regras;
- 7) Fichas de personagem para cada livreto;
- 8) Quatro moldes de dados de seis lados.

1. JOGANDO COM A ALEX

PRELÚDIO

A aventura se passa na época atual, em uma cidade chamada Tapuias (em Tupi, significa “forasteiro”).

Em certa ocasião, há 10 anos, houve uma grande festa na cidade. A maioria dos cidadãos estava nas ruas à noite se divertindo. Entre essas pessoas estava Alex, uma garota solitária e que trabalhava com o seu pai em uma oficina mecânica. Ela estava passando perto de uma das maiores fábricas da cidade, quando ocorreu uma explosão nessa fábrica e, devido à inalação de gases tóxicos, ela acabou sofrendo uma espécie de mutação. Alex adquiriu a habilidade de causar aceleração verticalmente para cima ou para baixo sobre os corpos.

Ela passou por várias situações que envolveram outros super-humanos, nas quais dois deles se tornaram seus únicos amigos. Além desses dois, temos: Jonas, que era um rapaz tímido e que sofria *bullying* na escola, que adquiriu uma

inteligência sobre-humana; Silvestre, um rapaz visionário e que mantinha “negócios” com um grupo de malandros na cidade, que adquiriu capacidades elétricas e magnéticas; Scarlet, uma jovem que era preocupada com sua família (sobretudo com Silvestre, que era seu irmão), a qual adquiriu a capacidade de atravessar objetos; Cláudio, um jovem muito reservado que andava sempre acompanhado por seu único amigo (Ricardo), que adquiriu a capacidade de alterar a densidade do ar à sua volta.

Atualmente, Alex dedica sua vida a trabalhar como mecânica na oficina que era de seu pai (falecido há dois anos). Ela deixou a vida de super-heroína de lado, já que muitos bandidos haviam sido presos ao longo desses 10 anos. Sua identidade civil nunca foi associada à identidade de super-heroína. Dos outros super-humanos não se tem notícias.

INTRODUÇÃO

Você está voltando para casa após um dia cansativo de trabalho. O dia, que estava inicialmente ensolarado, agora se apresenta escuro e chuvoso. São 18h30, e a chuva cai de forma fraca, fazendo com que você sinta o ambiente abafado. Você recolhe várias correspondências, que se encontram um pouco úmidas, após passar pelo portão do seu quintal e se apressa para entrar em sua casa.

Você deposita as cartas sobre uma mesa de centro que fica no centro da sala. Você retira as roupas molhadas e se joga sobre o sofá, a fim de descansar um pouco. Um tempo depois, você passa os olhos no monte de cartas, e uma, em especial, chama a sua atenção: uma carta maior que as outras e de um material mais grosso do que as de cartas comuns. Você a pega e lê que o remetente se identifica como Empresa de Entretenimento AVI.

Após abri-la, você percebe que se trata de um convite para participar de uma sessão de estreia de um parque de diversões temático, feito em nome da equipe administrativa da empresa. Nesse convite consta a informação de que a estreia será um evento para reunir ex-alunos da sua turma na época da escola. Esse evento tem a colaboração do deputado estadual Fernando Caxias, pai de um ex-colega de turma chamado Maurício. Para que isso ocorra, a carta informa que você deve comparecer a um determinado endereço, às 6 horas do dia seguinte.

- 1) No outro dia, às 6 horas, você caminha apressadamente até o local do endereço informado na carta. Ao chegar, você percebe que o local se trata da fábrica que explodiu e deu a você, e a seus colegas, suas super-habilidades. Se preferir aguardar no local, vá para **11**; se você preferir ir embora dali, vá para **53**.
- 2) Depois de alguns segundos de procura, você acaba percebendo que, próximo à beira do patamar, há quatro pedras que se destacam das outras: elas apresentam algumas inscrições. Vá para **46**.
- 3) Você pega a esfera e a leva para o alto do patamar. Você lembra o que leu nas pedras e chega à conclusão de que a esfera presa ao cabo descreverá um movimento de pêndulo, cuja velocidade final depende da massa da esfera, do raio da trajetória da esfera, da força sobre o cabo que está ligado à esfera, da gravidade, e do ângulo entre o cabo e a parede. Vá para **27**.
- 4) Você sobe a escada e alcança o patamar, feito em pedras retangulares, que está de frente para a parede de vidro. Você olha para todos os lados, tentando achar mais alguma coisa que possa ajudá-la a sair dali. Se tiver comprado **Procura**, vá para **2**; se não, vá para **25**.
- 5) Nesse momento, você avista a passagem no paredão direito, de onde emanava a luz, aproximando-se. Você se prepara e executa o salto, chegando ilesa à passagem. Você ouve o barulho da colisão do elevador e vê seus pedaços caírem. Vá para **10**.
- 6) Vocês devem explicar, em **Espaço para Anotações**, por que escolheram essa alternativa, anotando o número 6 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vão para **56**.
- 7) Você pega a esfera e a leva para o alto do patamar. Você analisa a situação e pensa que quanto mais rápido a esfera se mover, maior será o impacto causado na parede. Se você quiser causar uma aceleração verticalmente para cima sobre a esfera, durante seu trajeto até o paredão, em $2,5\text{m/s}^2$, vá para **42**; se você quiser causar uma aceleração verticalmente para baixo sobre a esfera, durante seu trajeto até o paredão, em $2,5\text{m/s}^2$, vá para **40**. Escreva em **Espaço para Anotações** o porquê da escolha e anote o número pelo qual optou em **Item** na ficha de personagem.
- 8) Você chega a dar dois passos para longe do homem, agradecendo por ele não tentar impedi-la, mas é surpreendida por uma dor aguda na nuca, deixando-a inconsciente. Vá para **49**.

9) Você começa a sentir falta de ar e seus olhos e sua pele começam a arder. Você percebe que vai desmaiar, mas uma luz começa a emanar do seu braço esquerdo, ofuscando-lhe os olhos. Depois de alguns segundos, você começa a enxergar novamente e percebe que está no patamar, mas como se nada tivesse acontecido. Vá para **4**.

10) Você anda por um corredor bem iluminado até avistar um monitor em cima de uma porta que está fechada. Você se aproxima, e o monitor é ligado. Nele está a imagem da sombra que se identificou como o dono do parque. Ele diz que está muito satisfeito com seu progresso e espera que você esteja se divertindo. Antes que você fale algo, a porta se abre, e ele diz que você irá adorar o que está por vir. Vá para **45**.

11) Depois de um tempo, uma mulher branca, de média estatura, com cabelo loiro e preso em coque, usando óculos, trajando roupas executivas, aproxima-se, com uma postura amigável e lhe chama pelo nome. Vá para **28**.

12) Você pensa que, para sair dessa enrascada, o elevador deve subir sem aumentar o valor da velocidade, ou seja, com valor de aceleração igual a zero. Agora resta saber como. Você pode escolher impor uma aceleração verticalmente para baixo ao elevador, que tenha um valor menor que $2,5\text{m/s}^2$. Vá para **39**; se não, você pode escolher impor uma aceleração verticalmente para baixo ao elevador, que tenha um valor igual a $2,5\text{m/s}^2$. Vá para **6**; ou você pode escolher impor uma aceleração verticalmente para cima sobre o elevador, que tenha um valor menor que $2,5\text{m/s}^2$. Vá para **41**.

13) Você percebe que esse valor vai além das suas capacidades. Você deve ter errado em algo. Chame seu professor e peça ajuda. Depois disso, vá para **19**.

14) A sombra diz que, da turma dela, apenas quatro ex-alunos iriam se encontrar nesse parque. Você pergunta sobre quem são eles, e ela apenas diz que não vai estragar a surpresa. Vá para **43**.

15) Você atravessa a porta e encontra-se com seus amigos Vini e Ian. Vocês se abraçam calorosamente, ficando muito felizes de estarem reunidos e a salvo. Mas logo são interrompidos por um som de bater de palmas e, ao se virarem na direção do som, percebem que há ali um grande monitor, em um paredão à frente de vocês, onde a sombra reaparece para saudá-los. Vá para o último livro.

16) Você se vira na direção de onde veio e percebe que há, ao lado da porta que lhe trouxe até ali, uma escada que leva para um patamar, de onde você pensa que será possível ter uma visão melhor do local. Você decide ir até lá averiguar. Vá **4**.

17) Você utiliza seus conhecimentos adquiridos em curso que você fez e consegue ligar os monitores. Você precisa ler os tópicos de 1 a 4 no **Livro dos Conceitos Físicos**. Depois, anote o número **17** na ficha de personagem em **Espaço para Anotações** e escreva, de forma sucinta, o que você entendeu sobre as explicações dadas. Depois disso, vá para **20**.

18) Você chega à conclusão de que está na hora de usar sua super-habilidade. Portanto, você precisa elaborar uma estratégia: se você descobriu algo sobre os pêndulos, vá para **3**; se não, vá para **7**.

19) Você passa pelos estilhaços de vidro, que estão caídos na entrada da porta. Você percebe um corredor, bem iluminado, onde há uma porta fechada e sobre ela, um monitor. Ao se aproximar, o monitor acende, e a sombra novamente aparece. Ela começa a bater palmas e lhe dá os parabéns pelo seu progresso. Antes que você abra a boca, ela lhe interrompe e diz que, atrás daquela porta, estavam seus amigos e que vocês estavam a um passo do grande final do parque. Vá para **15**.

20) Após ler o conteúdo de cada monitor, você caminha até o fim do corredor e abre a porta, que revela dois grandes paredões e um pequeno elevador, usado em minas, que está de frente para você. Se você quiser analisar o local antes de andar na direção do elevador, vá para **62**. Se não, vá para **36**.

21) Você percebe, pelos seus cálculos, que seria impossível, com a sua super-habilidade, diminuir tanto a aceleração sobre o elevador. Você percebe que confundiu a aceleração resultante (aquilo que você está percebendo) com a aceleração realizada sobre o elevador, devido ao motor que está puxando para cima. Vá para **57**.

22) Você olha novamente para os visores. Você percebe que eles mudam, seguindo a sequência abaixo:

55,5m - 3m/s –00min 03s 52m - 4m/s –00min 04s 47,5m - 5m/s –00min 05s

23) Você também observa que, acima de onde você está no momento, há uma luz sendo emanada no paredão do lado direito. Parece que seu destino está chegando. Vá para **32**.

24) Você percebe que a esfera está presa ao cabo por meio de uma base de aparência metálica. E, curiosamente, no interior da esfera, há uma inscrição: **10m/s – 45N – 2kg**. Você considera isso como um valor de velocidade (10m/s), um valor de

força (45N) e um valor de massa (2kg). Se você quiser tentar quebrar o vidro da parede, vá para **26**; se não, vá para **16**.

25) A sombra lhe informa que ela é um homem muito inteligente, que começou do nada, que possui muito dinheiro e está interessado em expandir seus conhecimentos em ciências e tecnologias. Você pergunta como ele se chama, e ele diz calmamente: “Meu nome não importa para você, mas pode me chamar do que quiser”. Vá para **43**.

26) Você procura por todos os lugares e chega à conclusão de que o que procura não estaria tão óbvio assim de achar. Jogue um dado: se obtiver um número de 1 a 3, vá para **2**; se obtiver um número de 4 a 6, vá para **31**. Se você passou pelo item **9**, vá para **2**.

27) Você pega a esfera, afasta-se um pouco e arremessa-a em direção à parede de vidro, esperando que a esfera quebre a parede de vidro. Para sua surpresa, nada acontece à parede e nem à esfera. Parece que elas são feitas de um tipo de vidro diferente. Vá para **16**.

28) Você precisa calcular o valor da aceleração que você irá impor sobre a esfera após soltá-la. Para isso, você precisará das fórmulas contidas no Livro dos Conceitos e do valor encontrado na esfera. Vá para **61**.

29) A mulher se apresenta como Alice, porta-voz das empresas AVI. Ela pede para você acompanhá-la, pois o transporte já estava aguardando. Você acompanha a mulher durante alguns minutos e chega de frente para um carro sedan de luxo, de cor preta. Antes que você tivesse alguma reação, você sente uma forte dor na nuca e acaba desmaiando. Vá para **49**.

30) Você caminha até chegar ao final do corredor e abre a porta. Você se depara com dois grandes paredões e um pequeno elevador, usado em minas, que está de frente para você. Vá para **36**.

31) Você tenta mais uma vez e acaba desistindo, ao perceber que nada que você tentou deu resultado. Você fica chateada por isso, mas prefere pensar que também pode ser uma forma de distração do dono do parque para atrapalhá-la a sair desse local. Vá para **29**.

32) Você procura por mais alguns minutos e percebe que estava sendo ingênua de pensar que o dono do parque deixaria alguma pista para você tentar sair dali. Vá para **18**.

33) Você está percebendo que a luz está ficando cada vez mais próxima, mas o elevador não está diminuindo sua velocidade. Você precisa usar sua super-habilidade

(e rápido), senão o elevador irá colidir com o teto, e será o seu fim. Se você viu o que os monitores, no corredor, mostravam, vá para **55**; se não, vá para **12**.

34) Você se lembra de algumas coisas que aprendeu com um amigo sobre computadores e tenta mais uma vez, conseguindo ligar os monitores. Agora você torce para que as informações ali contidas sejam de grande valia para recompensá-la pelo esforço. Você precisa ler os tópicos de 1 a 4 no **Livro dos Conceitos Físicos**. Depois, anote o número **33** na ficha de personagem, em **Espaço para Anotações**, e escreva, de forma sucinta, o que você entendeu sobre as explicações dadas. Depois disso, vá para **20**.

35) Você chega a um corredor longo e muito bem iluminado. Você caminha em prontidão, no caso de mais uma armadilha feita pelo dono do parque, até que você repara em quatro monitores apagados do seu lado direito. Se você quiser ignorá-los e continuar avançando até o final do corredor, vá para **29**; se você quiser parar e mexer nos monitores, vá para **50**.

36) Você faz algumas tentativas para ligar o monitor, mas parece que eles utilizam uma tecnologia que você ainda não domina. Jogue o dado: se obtiver um número de 1 a 3, vá para **33**; se obtiver um número de 4 a 6, vá para **30**. Se você passou no item **60**, vá para **33**.

37) Você se aproxima do elevador, sem se preocupar com que o dono desse parque pretende, e percebe que ele é aberto nas laterais e que o teto é uma grade. Ao lado da porta, na parte interna do elevador, há uma alavanca fixada no solo. O fundo dele é composto por uma placa metálica com três visores de vidro. Vá para **52**.

38) A sombra lhe responde que alguns anos atrás ela quis investir em ciência e tecnologia. Daí ela pensou que um parque de diversões era o cenário perfeito para aprender sobre isso. Você pergunta se isso tudo tinha relação com a explosão do galpão da fábrica, há 10 anos. Ele responde que essa explosão foi o marco inicial para muitas coisas, mas que isso era algo mais antigo. Vá para **43**.

39) Com sua experiência em Mecânica, você percebe que se trata de vidros blindados e, portanto, não se quebram com tanta facilidade. Você também percebe que a esfera está presa ao cabo por meio de uma base de aparência metálica. E, curiosamente, no interior da esfera há a inscrição: **10m/s – 45N – 2kg**. Você interpreta isso como sendo um valor de velocidade (10m/s), um valor de força (45N) e um valor de massa (2kg). Vá para **16**.

- 40)** Vocês devem explicar, em **Espaço para Anotações**, por que escolheram essa alternativa, anotando o número 39 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vão para **57**.
- 41)** Você se concentra segurando a esfera, ativando sua super-habilidade, e a solta. Você percebe que ela se move bem rápido, atingindo a parede de vidro de modo que tanto a parede quanto a esfera se estilhaçam. A porta atrás da parede de vidro está liberada para você passar. Vá para **19**.
- 42)** Vocês devem explicar, em **Espaço para Anotações**, por que escolheram essa alternativa, anotando o número 41 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vão para **58**.
- 43)** Você se concentra, segurando a esfera, ativando sua super-habilidade, e a solta. Você percebe, depois de alguns segundos, um barulho de vidro quebrando. Você se volta para a parede e constata, para sua infelicidade, que a parede está intacta e que a esfera se estilhaçou. Um gás começa a invadir o local. Vá para **9**.
- 44)** Você fica aborrecida com as respostas dadas pela sombra e pensa em ignorá-la e tentar abrir a porta à sua frente. Mas, antes que seu corpo se mexesse para tal, você é surpreendida com a abertura do chão, onde você estava, e começa a descer numa espécie de escorregador. Vá para **34**.
- 45)** Você pergunta para sombra o que era aquela pulseira e para que ela servia. Ela responde, calmamente, que aquilo era um equipamento de alta tecnologia que seria testado, com você, para tornar a diversão no parque mais fascinante. Ela termina dizendo que, no momento certo, você entenderá o que isso significa. Vá para **43**.
- 46)** Você passa prudentemente pela porta, preparando-se para alguma brincadeira do seu anfitrião, mas se depara com uma espécie de saguão muito grande. De frente para você, há uma grande parede de vidro, em cuja parte superior há um grande visor, que está apagado no momento, e cuja parte inferior, próxima ao solo, revela uma porta que está atrás dela. Em frente e rente à parede de vidro, há um cabo, preso no teto, com uma esfera pendurada em sua ponta. Se quiser procurar por algo mais, vá para **64**. Se não, vá para **54**.
- 47)** Você se agacha próxima das pedras e começa a lê-las. Vá para o **Livro dos Conceitos Físicos** e leia os tópicos de 12 a 15. Depois de lê-los, vá para **18**.
- 48)** Ao passar pela porta, você se depara com um corredor, todo branco e bem iluminado, que dá para outra porta que está fechada. Em cima dela, há um monitor de TV. Você caminha até o monitor, que está ligado, e percebe que há uma imagem da

sombra de uma pessoa sentada. Ao se aproximar, o monitor começa a emitir sons, parecidos com uma voz de robô, saudando-a por ter aceitado o convite. Se você quiser perguntar sobre os ex-alunos, vá para **14**; se você quiser perguntar sua identidade, vá para **24**; se você quiser perguntar sobre o que ele está tramando, vá para **37**; se você quiser perguntar sobre a pulseira, vá para **44**.

49) Você fecha os olhos esperando o pior, mas percebe um clarão vindo do seu braço esquerdo. Ao abrir os olhos, percebe que voltou aonde estavam os monitores. Ao que parece, a pulseira trouxe você até ali para lhe dar uma segunda chance. Vá para **60**.

50) Você acorda e percebe que está deitada no chão de uma sala vazia, de média capacidade, com paredes de metal, bem iluminada. Ao se levantar, a porta à sua frente se abre. Você percebe também que, no seu braço esquerdo, há uma pulseira metálica. Você tenta retirá-la do braço, mas ela é muito resistente. Sem opções, você caminha de modo prudente até ela. Vá para **47**.

51) Você se aproxima do primeiro monitor. Você o olha com curiosidade. Se você tiver comprado **Conhecimentos em Informática**, vá para **17**; se não, vá para **35**.

52) Contudo, o elevador está nesse momento subindo acelerado como resultado da ação de duas forças: do peso e do motor que puxa o elevador. Portanto, antes de usar sua super-habilidade, você precisa encontrar o valor dessa aceleração resultante. Parece que as informações nos visores podem ajudá-la. Se após os cálculos você estiver convencida de que a aceleração resultante sobre o elevador seja igual a 1, vá para **21**; se você estiver convencida de que a aceleração sobre o elevador seja igual a 11, vá para **39**. Utilize o campo **Espaço para Anotações** para os cálculos e escreva o número 51 no espaço **Item** na ficha de personagem.

53) Você decide entrar no elevador. Ao fazer isso, os visores no fundo do elevador começam a marcar: **60m, 0m/s e 00min 00s**. Você interpreta esses valores como sendo as medidas da distância do elevador ao teto; a velocidade que o elevador está nesse momento (parado) e o tempo que elevador leva para subir (zerado, porque não está subindo). Vá para **59**.

54) Você dá meia volta e dá de frente para um homem moreno, alto, forte, trajando roupa executiva. Você pede desculpas e tenta sair dali. Vá para **8**.

55) Você se aproxima da parede de vidro, começa a examinar a esfera e percebe que se trata também de vidro, do mesmo material da parede. Se você tiver comprado **Mecânica**, vá para **38**; se não, vá para **23**.

56) Você se lembra das informações contidas nos monitores e percebe que elas revelam como sair dessa situação: você precisa que o elevador se mova com velocidade constante e, para isso, a aceleração resultante sobre o elevador deve ser zero. Isso implica que você deve usar sua super-habilidade de modo a equilibrar as acelerações sobre o elevador. Vá para **51**.

57) Você aciona sua super-habilidade, de modo que o elevador pare completamente. Você ouve rangidos vindos da parte superior e, em seguida, você escuta um forte estalo e depois sente o elevador cair. Parece que você exagerou. Vá para **48**.

58) Você aciona sua super-habilidade e consegue raciocinar corretamente como proceder nessa situação. Como efeito, você observa que os visores marcam a seguinte sequência:

19,5m – 9m/s – 00min 09s 10,5m – 9m/s – 00min 10s 1,5m – 9m/s – 00min 11s

Vá para **5**.

59) Você aciona sua super-habilidade e percebe que o movimento dele aumenta, ou seja, você faz o oposto do que queria fazer. Em consequência, o elevador passa rapidamente pela passagem e se aproxima do teto. Vá para **48**.

60) Você, então, move a alavanca e percebe que o elevador começa a subir. Você olha para os visores e percebe que os valores estão mudando. Além disso, você tem a sensação de que a gravidade está lhe puxando com mais intensidade. Se você quiser tentar parar o elevador, movendo novamente a alavanca, vá para **63**. Se não, vá para **22**.

61) Você chega à conclusão de que ter olhado os monitores teria sido mais prudente e decide que vai aproveitar essa nova oportunidade. Vá para **50**.

62) Se você obtiver como resultado o valor de 0,6 unidade de aceleração, vá para **42**; se você obtiver como resultado 2,5 unidades de aceleração, vá para **40**; se você obtiver como resultado aproximadamente 25,8 unidades de aceleração, vá para **13**. Utilize o campo **Espaço para Anotações** para os cálculos e escreva o número 61 no espaço **Item** na ficha de personagem.

63) Você fica analisando o local, olhando de cima abaixo na tentativa de encontrar algo que revele aquela situação como uma armadilha. Parece que está tudo tranquilo, e você decide andar na direção do elevador. Vá para **36**.

64) Você tenta mover a alavanca, na tentativa de parar a subida do elevador, mas ela não se move da posição em que se encontra. Parece que você entrou em uma armadilha. Vá para **22**.

65) Você fica desconfiada novamente, pensando que aquilo pode ser mais uma armadilha, mas, mesmo após analisar todo o local, você não encontra nada que revele as intenções do dono do parque. Você caminha até o meio do saguão. Vá para **54**.

2. JOGANDO COM O IAN

PRELÚDIO

A aventura se passa na época atual, em uma cidade chamada Tapuias (em Tupi, significa “forasteiro”).

Em certa ocasião, há 10 anos, houve uma grande festa na cidade. A maioria dos cidadãos estava nas ruas à noite se divertindo. Entre essas pessoas estava Ian, um garoto muito estudioso e que se relacionava bem com todos de sua escola. Ele estava passando perto de uma das maiores fábricas da cidade, quando ocorreu uma explosão nessa fábrica e, devido à inalação de gases tóxicos, ele acabou sofrendo uma espécie de mutação. Ian adquiriu a habilidade de esticar seu corpo, como um elástico, até um certo limite.

Ele passou por várias situações que envolveram outros super-humanos, nas quais dois deles se tornaram seus únicos amigos. Além desses dois, temos: Jonas, que era um rapaz tímido e que sofria “*bullying*” na escola, que adquiriu uma inteligência sobre-humana; Silvestre, um rapaz visionário e que mantinha “negócios” com um grupo de malandros na cidade, que adquiriu capacidades elétricas e magnéticas; Scarlet, uma jovem que era preocupada com sua família (sobretudo com Silvestre, que era seu irmão), a qual adquiriu a capacidade de atravessar objetos; Cláudio, um jovem muito reservado, que andava sempre acompanhado por seu único amigo (Ricardo), que adquiriu a capacidade de alterar a densidade do ar à sua volta.

Atualmente, Ian cursa o doutorado em Biologia, pesquisando sobre mutações no DNA humano. Ele deixou a vida de super-herói de lado, já que muitos bandidos haviam sido presos ao longo desses 10 anos. Sua identidade civil nunca foi

associada à identidade de super-herói. Dos outros super-humanos não se tem notícias.

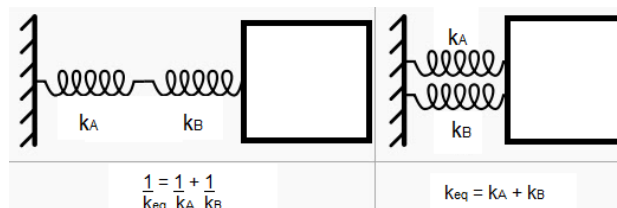
INTRODUÇÃO

Você está voltando para casa após um dia cansativo de pesquisa. O dia, que estava inicialmente ensolarado, agora se apresenta escuro e chuvoso. São 18h30, e a chuva cai de forma fraca, fazendo com que você sinta o ambiente abafado. Você recolhe várias correspondências, que se encontram um pouco úmidas, após passar pelo portão do seu quintal, e se apressa para entrar em sua casa.

Você deposita as cartas sobre uma mesa de centro que fica no meio da sala. Você retira as roupas molhadas e se joga sobre o sofá, a fim de descansar um pouco. Um tempo depois, você passa os olhos no monte de cartas, e uma especial chama a sua atenção: uma carta maior que as outras e de um material mais grosso do que as de cartas comuns. Você a pega e lê que o remetente se identifica como Empresa de Entretenimento AVI.

Após abri-la, você percebe que se trata de um convite para participar de uma sessão de estreia de um parque de diversões temático, feito em nome da equipe administrativa da empresa. Nesse convite consta a informação de que a estreia será um evento para reunir ex-alunos da sua turma na época da escola, tendo esse evento a colaboração do deputado estadual Fernando Caxias, pai de um ex-colega de turma chamado Maurício. Para que isso ocorra, a carta informa que você deve comparecer a um determinado endereço, às 6 horas do dia seguinte.

- 1) Você sabe que seu corpo funciona como uma mola e, portanto, você também deve saber como usar sua super-habilidade em conjunto com as molas. Para isso, você precisa conhecer também a massa do cubo de vidro. Se você olhou o cubo de vidro, vá para **31**; se não o fez, vá para **18**.
- 2) Você deve explicar, em **Espaço para Anotações**, por que escolheu essa alternativa, escrevendo o número 3 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vá para **58**.
- 3) Você anda sobre o parapeito, procurando algo que possa ajudá-lo, e acaba encontrando algo que parece promissor: você vê desenhos rudimentares feitos no chão, em um lugar afastado de onde você estava.



Se você tiver comprado **Memória Fotográfica**, vá para **25**; se não, se você passou pelo item **35**, vá para **60**, se não, vá para **46**.

4) Você deve explicar, em **Espaço para Anotações**, por que escolheu essa alternativa, escrevendo o número 5 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vá para **57**.

5) Você já obteve os valores de massa de cada bloco, agora falta saber como colocá-los nos respectivos ganchos. Se você quiser fazer a sequência: A e B no gancho à esquerda do elevador e C e D no gancho à direita do elevador ou A e C no gancho à esquerda do elevador e B e D no gancho à direita do elevador, vá para **21**; se você quiser fazer a sequência: A e D no gancho à esquerda do elevador e B e C no gancho à direita do elevador, vá para **5**.

6) Você deve explicar, em **Espaço para Anotações**, por que escolheu essa alternativa, escrevendo o número 7 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vá para **59**.

7) Você percebe que a pulseira é do tamanho exato do diâmetro do seu pulso, de modo que ela está bem justa a ele. Você tenta aumentar o comprimento do seu braço, usando sua super-habilidade, e fica estarecido ao perceber que a pulseira se adequa ao novo diâmetro do seu pulso. Parece que o dono desse parque conhece muito bem você e seus amigos. Vá para **49**.

8) Você larga o cubo e percebe que não foi uma boa escolha, uma vez que as molas esticadas o puxaram para cima, lançando-o em direção ao teto. Você fecha os olhos esperando o inevitável. Vá para **42**.

9) Você chega a um andar com um grande corredor bem iluminado. De onde você está, é possível avistar um monitor em cima de uma porta, no final do corredor, que está fechada. Você se aproxima, e o monitor é ligado. A imagem da sombra reaparece, e ela diz que está decepcionada com o seu progresso, porque ela esperava que você chegasse ali mais rápido. Antes que você fale algo, a porta se abre, e ela diz que você pode sair-se melhor no que está por vir. Vá para **45**.

10) Enquanto se aproxima da fábrica, você ouve uma voz feminina falando perto. Sua curiosidade acaba lhe impulsionando a ver se era algum ex-aluno que havia chegado. Vá para **53**.

11) Você segura um bloco pela argola, refazendo isso para cada bloco, e usa sua super-habilidade de maneira a deixar seu braço alongar por causa do peso do bloco. Você sabe que a sua super-habilidade lhe confere um coeficiente elástico de 10.000 newtons para cada metro que se queira alongar seu corpo. Você obtém os seguintes resultados para a deformação do seu braço:

Bloco A: 1cm - Bloco B: 2cm - Bloco C: 3cm - Bloco D: 4cm

Faça os cálculos, utilizando a fórmula obtida no **Livro dos Conceitos Físicos**, para obter os valores de massa. Se você obtiver como resultados para as massas dos blocos os valores de 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 ou os valores de 100, 200, 300 e 400, vá para **41**; se você obtiver como resultados para as massas dos blocos os valores de 10, 20, 30 e 40, vá para **6**. Anote na ficha de personagem, em **Espaço para Anotações**, o número 12 no campo **Item** e utilize o espaço para os cálculos desse item.

12) Você pode escolher: largar a mola, sem largar o cubo, vá para **40**; ou largar o cubo, sem largar a mola, vá para **9**.

13) Você caminha até o monitor, que está ligado, e percebe que há uma imagem de uma sombra humana sentada. Ao se aproximar, o monitor começa a emitir sons, parecidos com uma voz de robô, saudando-o por ter aceitado o convite. Se você quer perguntar para a sombra por que ela convidou você e seus amigos, vá para **24**; se você quiser perguntar para a sombra quem ela é, vá para **37**; se você quiser perguntar sobre o que ela está tramando, vá para **44**; se você quiser perguntar sobre a pulseira, vá para **43**.

14) Você atravessa a porta e encontra seus amigos Alex e Vini. Vocês se abraçam calorosamente, ficando muito felizes de estarem reunidos e a salvo. Mas logo são interrompidos por um som de bater de palmas e, ao se virarem na direção do som, percebem que há ali um grande monitor, em um paredão à frente de vocês, onde a sombra reaparece para saudá-los. Vá para o último livro.

15) Você estima que a altura de onde você está até o chão, onde está a porta, é de aproximadamente 11m. Parece que você terá que usar sua super-habilidade, de modo a descer com o cubo e encaixá-lo no buraco no chão. A questão é o que você vai fazer

com essas molas. Se você quiser tentar descer usando-as, mesmo sem saber como, vá para **61**; se você quiser procurar por algo que possa ajudá-lo, vá para **62**.

16) Você se aproxima do primeiro monitor. Você o olha com curiosidade. Se você tiver comprado **Conhecimentos em Informática**, vá para **35**; se não, vá para **33**.

17) Você decide olhar o cubo em busca de mais informações que possam ajudá-lo. Você se aproxima do cubo e olha-o com fascinação, pensando como foi o trabalho da pessoa que o fez. Você repara que, na face superior, há uma argola fixada no centro da face. Você também percebe que em uma das laterais há a seguinte medida: **250kg**, que você estima ser a massa do cubo. Vá para **31**.

18) Você passa pela porta e observa novamente um corredor bem iluminado. Ao final dele, há uma porta fechada e, sobre a porta, um monitor. Ao se aproximar, ele acende, e a sombra novamente aparece. Ela começa a dizer que seu último progresso foi, no mínimo, entediante. Você tenta ser irônico, dizendo que entediante é o seu parque. A sombra lhe responde que se você se julga tão capaz assim, será interessante ver você e seus amigos lidarem com que está atrás daquela porta. Antes de você falar qualquer coisa, o monitor se apaga, e a porta à sua frente se abre. Vá para **15**.

19) Você tenta mais uma vez e acaba desistindo, ao perceber que nada que você tentou deu resultado. Você fica chateado por isso, mas prefere pensar que também pode ser uma forma de distração do dono do parque para atrapalhá-lo a sair desse local. Vá para **50**.

20) Você terá que explicar, em **Espaço para Anotações**, porque escolheu essa alternativa, anotando o número 21 no espaço **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vá para **56**.

21) Você chega à conclusão de que aquilo seria uma forma de o dono do parque testar suas super-habilidades e, logo, você terá que usá-las agora. Ao que parece, você terá que utilizar os blocos para fazer o elevador subir. Mas você precisa saber como. Se você descobriu algo com os monitores que estavam no corredor, vá para **32**; se não descobriu algo, vá para **51**.

22) Você se aproxima do parapeito e, ao olhar para baixo, você percebe que, logo abaixo dali, há cinco ganchos fixos na encosta do parapeito. Você também avista um grande buraco, em forma de quadrado, no chão e uma porta (que está fechada) a poucos metros de distância desse buraco. Se você quiser tentar descer até o chão, vá para **26**; se você preferir analisar mais a situação, vá para **16**.

23) A sombra lhe responde que ela acompanha a vida de cada um de vocês desde muito tempo e sempre ficou muito aborrecida sobre como vocês desperdiçavam suas super-habilidades. Ela prossegue, dizendo que vocês ainda não alcançaram todo o seu potencial, mas que isso iria mudar naquele dia. Vá para **34**.

24) Você se lembra de uma aula de Física, que você teve no ensino Médio, na qual seu professor explicou sobre associação de molas. Vá para o **Livro dos Conceitos Físicos** e leia o tópico **16**. Depois disso, escreva na ficha de personagem, em **Espaço para Anotações**, o que você entendeu. Anote o número 25 no campo **Item**. Feito isso, vá para **2**.

25) Você opta por tentar descer pela encosta do parapeito. Você procura por pontos estratégicos para ir descendo, mas não os encontra. Você percebe que descer sem elaborar uma estratégia é bem arriscado. Logo, é melhor pensar bem no que irá fazer. Vá para **16**.

26) Você precisa agora pensar em como irá soltar o cubo. Se você tiver comprado **Agilidade**, vá para **40**; se não, vá para **13**.

27) Você acorda e percebe que está deitado no chão de uma sala vazia, de média capacidade, com paredes de metal, bem iluminada. Ao se levantar, a porta à sua frente se abre. Você percebe também que no seu braço esquerdo há uma pulseira metálica. Se você quiser tentar retirá-la do braço, vá para **8**; se não, vá para **49**.

28) Você chega a um corredor longo e muito bem iluminado. Você caminha em prontidão, no caso de mais uma armadilha feita pelo dono do parque, até que você repara quatro monitores apagados do seu lado direito. Se você quiser ignorá-los e continuar avançando até o final do corredor, vá para **50**; se você quiser parar e mexer nos monitores, vá para **17**.

29) Você se lembra de algumas coisas que aprendeu com um amigo sobre computadores e tenta mais uma vez, conseguindo ligar os monitores. Agora você torce para que as informações ali contidas sejam de grande valia para lhe recompensar pelo esforço. Você precisa ler os tópicos 1, 9, 10 e 11 no **Livro dos Conceitos Físicos**. Depois disso, anote o número 30 na ficha de personagem, em **Espaço para Anotações**, e escreva, de forma sucinta, o que você entendeu sobre as explicações. Feito isso, vá para **36**.

30) Você precisa escolher as seguintes combinações: as quatro molas colocadas uma seguida da outra (em série), ficando a última segura por você, que estará

segurando o cubo. Daí, vá para **3**; ou você e as quatro molas colocados cada um em um gancho (em paralelo) e tudo preso ao cubo. Daí, vá para **7**.

31) Você se lembra das informações contidas nos monitores e conclui que não basta colocar os blocos de modo aleatório sobre os ganchos. Isso porque o elevador pode subir e girar sua base no sentido da maior força. Logo, as forças de cada lado devem ser as mesmas. Vá para **54**.

32) Você faz algumas tentativas para tentar ligar o monitor, mas parece que eles utilizam uma tecnologia que você ainda não domina. Jogue o dado: se obtiver um número de 1 a 3, vá para **30**; se obtiver um número de 4 a 6, vá para **20**.

33) O monitor se apaga, e você fica muito curioso com as respostas dadas pela sombra, pois ela parece saber muito sobre a vida de cada um de vocês. Enquanto você se distrai em conjecturas sobre a identidade da sombra, um piso falso no chão se abre e faz você descer numa espécie de escorregador. Vá para **29**.

34) Você utiliza seus conhecimentos adquiridos em um curso que você fez e consegue ligar os monitores. Você precisa ler os tópicos 1, 9, 10 e 11 no **Livro dos Conceitos Físicos**. Depois disso, anote o número 35 na ficha de personagem, em **Espaço para Anotações**, e escreva, de forma sucinta, o que você entendeu sobre as explicações. Feito isso, vá para **36**.

35) Após ler o conteúdo de cada monitor, você caminha até o fim do corredor e abre a porta, que revela um grande salão, onde há algumas cordas e alguns blocos. Vá para **52**.

36) A sombra lhe diz que ficava desapontada com essa pergunta, pois entre os três, ele achava que você era o mais esperto, mas que, pelo visto, ela havia se enganado a seu respeito. Ela conclui dizendo que lhe daria apenas uma dica: Você e ela tinham muito em comum. Vá para **34**.

37) Você se aproxima do cubo e olha-o com fascinação, pensando como foi o trabalho da pessoa que o fez. Sobre ele, na face superior, há uma argola fixada no centro. Você também percebe, em uma face lateral, a seguinte medida: **250kg**, que você supõe ser a massa do cubo. Vá para **23**.

38) Você decide segurar um bloco de cada vez e comparar as deformações causadas por eles em seu braço. Você obtém a seguinte relação:

Bloco A: 1cm – Bloco B: 2cm – Bloco C: 3cm – Bloco D: 4cm

Ao fazer essas medidas, você nota que o bloco mais pesado deformou mais seu braço, e o bloco mais leve deformou menos o seu braço. Vá para **55**.

39) Você solta a mola e acaba percebendo que as molas são lançadas para cima e, depois de um certo tempo, acabam caindo no chão. Você caminha triunfante até a porta, esperando encarar o dono desse parque. Vá para **19**.

40) Você para de repente e percebe que esses valores não podem estar corretos, pois você não conseguiria coisas com tanta massa. Você terá que refazer tudo de novo. Chame seu professor e peça a ele uma ajuda. Depois disso, volte para **6**.

41) Você percebe, mesmo de olhos fechados, um clarão que o teria feito ficar sem enxergar por algum tempo. Mas esse clarão é momentâneo, e você não sente a dor do impacto. Na verdade, você se dá conta de que não houve impacto. Você abre os olhos e percebe que voltou ao parapeito, momentos antes de escolher o que iria fazer. Você percebe, de relance, um brilho na pulseira. Parece que ela, de alguma forma que você não consegue explicar, o trouxe para uma segunda chance. Vá para **45**.

42) A sombra lhe responde que a pulseira é a chave para tornar as coisas mais interessantes no parque e que, no seu caso em particular, ela teve que desenvolver uma forma de tecnologia muito avançada, mas que não iria perder tempo lhe explicando, porque bastava a você saber que ela é como uma espécie de bônus e que você entenderia durante sua estadia no parque. Vá para **34**.

43) A sombra lhe responde que ela estava farta de ver você e seus amigos levando uma vida idiota e resolveu criar um parque que iria explorar ao máximo suas superhabilidades, fazendo com que vocês evoluíssem. Você pergunta se isso, então, é uma espécie de teste. Ela responde de forma irônica: “Pense como eu penso: vocês irão sair daqui melhores do que entraram”. Vá para **34**.

44) Você passa pela porta, esperando algo ruim acontecer, mas alcança um parapeito de frente para um paredão. Você também avista, na sua frente, quatro molas grandes (que você estima serem do seu tamanho) e um pequeno cubo de vidro (que você estima ter 1m em suas 3 dimensões). Se você quiser olhar mais de perto o cubo de vidro, vá para **38**; se você quiser olhar mais de perto a beira do parapeito, vá para **23**.

45) Você fica interpretando o que significa esse desenho. Você chega a duas possibilidades: que, em série, as molas se deformam mais e, em paralelo, elas deformam menos que se fossem usadas individualmente; ou que, em série, as molas

se deformam menos e, em paralelo, elas deformam mais que se fossem usadas individualmente. Vá para **2**.

46) Ao passar pela porta, você se depara com um corredor, todo branco e bem iluminado, que dá para outra porta que está fechada. Em cima dela, há um monitor de TV. Vá para **14**.

47) Você consegue recobrar a visão após alguns instantes. Nesse momento, você fica surpreso ao perceber que você voltou ao corredor onde estão os monitores. Parece que essa pulseira é muito especial e que o dono desse parque é uma pessoa muito astuciosa para criar algo tão fantástico. Vá para **29**.

48) Você caminha por um corredor muito bem iluminado, cujas paredes são todas pintadas de branco. Após um certo tempo, você alcança uma porta. Vá para **47**.

49) Você caminha até chegar ao final do corredor e abre a porta. Você se depara com um grande salão, onde há algumas cordas e alguns blocos. Vá para **52**.

50) Você imagina que, para o elevador subir, é necessário colocar os blocos em cada gancho. Os pesos dos blocos juntos farão o elevador subir. Você pode tentar colocar os blocos mais próximos em cada gancho, vá para **21**; ou você pode primeiro tentar determinar a massa de cada bloco, usando sua super-habilidade, vá para **39**.

51) Você entra no salão e percebe que ele é muito grande (você estima que ele tenha uns 15m de comprimento por 15m de largura e uns 40m de altura. Você também repara que no centro do salão há uma espécie de elevador, parado no chão, entre dois buracos retangulares no chão, preso por duas cordas que vão até o teto e entram em pequenos furos nele. No teto, há uma abertura retangular, do mesmo tamanho do elevador. Em volta do elevador, há quatro blocos, com as letras de A a D em suas laterais, presos em argolas. Em frente à entrada do elevador, há uma alavanca fixada no solo. Também há dois ganchos que estão presos por cordas, sobre os buracos no chão, que vão até o teto e entram em pequenos furos. Vá para **22**.

52) Você chega a um local onde é possível ver uma mulher, de média estatura, com o cabelo preso, trajando roupas executivas. Ela está falando ao celular, e você consegue ouvir o seguinte trecho:

“Sim, senhor. Tomarei as devidas providências quando os três chegarem. Sim, senhor. Já fomos instruídos sobre como proceder no caso de eles usarem suas super-habilidades.”

Você não consegue terminar de ouvir o restante da conversa, devido a uma forte dor na nuca e acaba desmaiando. Vá para **28**.

53) Você também percebe que a soma da força feita pelos blocos em cada corda deve ser igual ou maior que a força peso do sistema composto por você e o elevador para que ele entre em movimento. Portanto, você precisa determinar as massas de cada bloco e como irá dispô-los nos ganchos. Logo, você usará sua super-habilidade para isso. Vá para **12**.

54) Agora, você precisa saber como dispô-los nos ganchos. Se você quiser fazer a sequência: A e B no gancho à esquerda do elevador e C e D no gancho à direita do elevador ou A e C no gancho à esquerda do elevador e B e D no gancho à direita do elevador, vá para **21**; se você quiser fazer a sequência: A e D no gancho à esquerda do elevador e B e C no gancho à direita do elevador, vá para **5**.

55) Você coloca os blocos de acordo com a proximidade deles com cada gancho, mas nada acontece. Você sobe no elevador e mexe na alavanca, que provoca uma subida irregular do elevador: uma lateral acaba subindo mais que a outra. Como você não esperava por isso, você acaba se desequilibrando e caindo. Nesse momento, uma forte luz surge da sua pulseira, ofuscando-lhe. Vá para **48**.

56) Você coloca os blocos em cada gancho, mas nada acontece. Você sobe no elevador e mexe na alavanca, que provoca uma subida estável do elevador. Você fica satisfeito com você mesmo e pensa que o dono desse parque terá que se esforçar mais para detê-lo. Vá para **10**.

57) Você coloca seu plano em prática e percebe que essa associação permite colocar o cubo no buraco. Sem soltá-lo ainda, você ouve um estalo e observa a porta à sua frente se abrir. Vá para **27**.

58) Você posiciona cada mola ligada ao cubo e em cada gancho. Quando você coloca o cubo para descer, além de perceber que essa associação alonga muito pouco as molas (5cm), você ouve um estalo e, em seguida, os ganchos se soltam da encosta, fazendo com que você caia. Você fecha os olhos esperando o pior. Vá para **42**.

59) Você acaba de se lembrar das explicações contidas nos monitores, que estavam em um corredor. Você tem a ideia de olhar um aplicativo do seu celular, sobre conceitos físicos, para ver se ele pode lhe ajudar. Você acaba encontrando algo que parece ser promissor. Vá para o **Livro dos Conceitos Físicos** e leia o item **16**. Depois, vá para **2**.

60) Você olha para as molas e começa a pensar como elas podem ajudá-lo a descer. Você percebe que há duas formas de associá-las: uma seguida da outra (em série) ou uma do lado da outra (em paralelo). Se você quiser colocá-las em série, vá para **3**; se você quiser colocá-las em paralelo, vá para **7**.

61) Você decide procurar alguma evidência que o ajude a solucionar o problema que envolve as molas, mas o local onde você se encontra torna a tarefa difícil. Se você tiver comprado **Procura**, vá para **4**; se não, vá para **2**.

3. JOGANDO COM O VINI

PRELÚDIO

A aventura se passa na época atual, em uma cidade chamada Tapuias (em Tupi, significa “forasteiro”).

Em certa ocasião, há 10 anos, houve uma grande festa na cidade. A maioria dos cidadãos estava nas ruas à noite se divertindo. Entre essas pessoas estava Vini, um rapaz impetuoso e que adorava andar de skate. Ele estava passando perto de uma das maiores fábricas da cidade, quando ocorreu uma explosão nessa fábrica e, devido à inalação de gases tóxicos, ele acabou sofrendo uma espécie de mutação. Vini adquiriu a habilidade de modificar a intensidade do atrito entre superfícies.

Ele passou por várias situações que envolveram outros super-humanos, nas quais dois deles se tornaram seus únicos amigos. Além desses dois, temos: Jonas, que era um rapaz tímido e que sofria “*bullying*” na escola, que adquiriu uma inteligência sobre-humana; Silvestre, um rapaz visionário e que mantinha “negócios” com um grupo de malandros na cidade, que adquiriu capacidades elétricas e magnéticas; Scarlet, uma jovem que era preocupada com sua família (sobretudo com Silvestre, que era seu irmão), a qual adquiriu a capacidade de atravessar objetos; Cláudio, um jovem muito reservado, que andava sempre acompanhado por seu único amigo (Ricardo), que adquiriu a capacidade de alterar a densidade do ar à sua volta.

Atualmente, Vini está cursando a faculdade de Educação Física e faz estágio em uma academia. Ele deixou a vida de super-herói de lado, já que muitos bandidos haviam sido presos ao longo desses 10 anos. Sua identidade civil nunca foi associada à identidade de super-herói. Dos outros super-humanos não se tem notícias.

INTRODUÇÃO

Você está voltando para casa após um dia cansativo de treino. O dia, que estava inicialmente ensolarado, agora se apresenta escuro e chuvoso. São 18h30, e a chuva cai de forma fraca, fazendo com que você sinta o ambiente abafado. Você recolhe várias correspondências, que se encontram um pouco úmidas, após passar pelo portão do seu quintal, e se apressa para entrar em casa.

Você deposita as cartas sobre uma mesa de centro que fica no meio da sala. Você retira as roupas molhadas e se joga sobre o sofá, a fim de descansar um pouco. Um tempo depois, você passa os olhos no monte de cartas, e uma especial chama a sua atenção: uma carta maior que as outras e de um material mais grosso do que as de cartas comuns. Você a pega e lê que o remetente se identifica como Empresa de Entretenimento AVI.

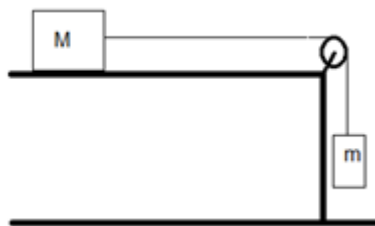
Após abri-la, você percebe que se trata de um convite para participar de uma sessão de estreia de um parque de diversões temático, feito em nome da equipe administrativa da empresa. Nesse convite consta a informação de que a estreia será um evento para reunir ex-alunos da sua turma na época da escola, tendo esse evento a colaboração do deputado estadual Fernando Caxias, pai de um ex-colega de turma chamado Maurício. Para que isso ocorra, a carta informa que você deve comparecer a um determinado endereço, às 6 horas do dia seguinte.

1) No outro dia, você acaba dormindo mais do que devia e corre para não se atrasar. Ao chegar ao local informado pela carta, você percebe que o endereço se trata da fábrica que explodiu e deu a você, e a seus colegas, super-habilidade. Você decide olhar mais de perto o local. Vá para **11**.

2) Você pensa que não pode perder tempo com trivialidades e começa a elaborar uma forma de tentar escapar desse lugar o mais rápido possível. Além disso, você quer acertar as contas com o dono desse parque por tudo o que ele fez até agora com você. Vá para **25**.

3) Você precisa diminuir o atrito entre o bloco e o chão, mas não muito para não descer muito rápido. Sabendo disso, você pode escolher: que o atrito diminua em 0,01, vá para **7**; que o atrito diminua em 0,1, vá para **40**.

- 4) Você se aproxima da lateral e passa a mão sobre os rabiscos. Sua mão retira uma boa quantidade de poeira que revela o desenho abaixo:



Embaixo desse desenho, você observa as seguintes inscrições:

$$\mu = m/M$$

a_{resultante} é zero.

Vá para **25**.

- 5) Você não consegue manter o equilíbrio e acaba escorregando, caindo e batendo violentamente a cabeça no chão. Você acaba ficando inconsciente. Vá para **10**.
- 6) Você aciona sua super-habilidade, mas não consegue modificar o atrito, porque o coeficiente de atrito entre o bloco e o piso já está no seu limite (veja na ficha de personagem, no campo **Super-Habilidade**). Como efeito, você não consegue se equilibrar. Se você tiver comprado **Agilidade**, vá para **48**; se não, vá para **5**.
- 7) Você precisa explicar, em **Espaço para Anotações**, porque escolheu essa opção, anotando o número 7 em **Item** na ficha de personagem. Se você teve o auxílio do professor, escreva o que ocorreu. Depois disso, vá para **56**.
- 8) Você acompanha a mulher durante alguns minutos e chega de frente para um carro sedan de luxo, de cor preta. Antes que você tivesse alguma reação, você sente uma forte dor na nuca e acaba desmaiando. Vá para **49**.
- 9) Você fica alguns segundos sem enxergar nada. Após recobrar a visão, percebe que você voltou ao corredor que dá passagem para o mirante. Você terá uma segunda chance de tentar sair dali. Vá para **23**.
- 10) Você abre os olhos, esperando ter sido tudo aquilo um sonho, mas percebe que voltou aonde estavam os monitores. Você fica sem entender como isso era possível e percebe que a pulseira no seu braço esquerdo está emitindo uma luz tênue. Ao que parece, então, a causa de você ter voltado até ali é a pulseira. Ela o trouxe para lhe dar uma segunda chance. Vá para **29**.

11) Enquanto você se aproxima da fábrica, você ouve um barulho próximo dali. Se você quiser verificar o que é, vá para **53**; se preferir continuar seu trajeto, vá para **28**.

12) Você se lembra das informações contidas nos monitores e chega à conclusão de que você deve usar sua super-habilidade. Se você acha que deve aumentar o coeficiente de atrito estático entre o solado do seu tênis com o piso, sem modificar o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o piso, vá para **55**. Se você acha que deva aumentar o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o piso, sem modificar o coeficiente de atrito estático entre o solado do seu tênis com o piso, vá para **61**.

13) Você desce de forma suave, o que pode ser confirmado pela sequência de valores apresentados pelos visores no piso do elevador:

*100kg – 29,6m – 00min 01s 100kg – 28,6m – 00min 02s 100kg – 4,8m – 00min
06s.*

Você consegue chegar à porta. Vá para **19**.

14) Você caminha até o monitor, que está ligado, e percebe que há a imagem de uma sombra humana sentada. Ao se aproximar, o monitor começa a emitir sons, parecidos com uma voz de robô, saudando-o por ter aceitado o convite. Se você quer perguntar para a sombra a identidade dos ex-alunos que foram convidados, vá para **24**; se você quiser perguntar para a sombra quem era ela e por que estava se escondendo, vá para **37**; se você quiser perguntar sobre o que ela está tramando, vá para **44**; se você quiser perguntar sobre a pulseira, vá para **43**.

15) Você atravessa a porta e encontra seus amigos Alex e Ian. Vocês se abraçam calorosamente, ficando muito felizes de estarem reunidos e a salvo. Mas logo são interrompidos por um som de bater de palmas e, ao se virarem na direção do som, percebem que há ali um grande monitor, em um paredão em frente a vocês, onde a sombra reaparece para saudá-los. Vá para o último livro.

16) Você caminha até o local onde está o bloco. Você percebe que se trata de um bloco de rocha pequeno, que você estima ter 0,5m de largura por 1,0m de comprimento por 0,5m de altura. Nele, pintado em azul, você vê que está escrito **250kg**. Você chega à conclusão de que esse bloco está servindo de freio para o elevador. Você anda em volta do bloco e percebe que uma lateral está riscada. Se você quiser olhar mais de perto para ver o que é, vá para **4**; se não, vá para **2**.

17) Você se aproxima do primeiro monitor e o olha com curiosidade. Se você tiver comprado **Conhecimentos em Informática**, vá para **35**; se não, vá para **33**.

18) Você decide procurar por mais alguma pista para ajudá-lo e resolve entrar no elevador. Você repara que nada acontece. No piso do elevador, há três visores que estão marcando: **100kg – 30,0m – 00min 00s**. Você conclui que esses valores indicam, respectivamente, a massa do elevador (já com você), a altura em que ele se encontra e o tempo. De onde você está, você percebe que, lá embaixo, há uma porta com uma luz por cima dela. Se você quiser tentar descer, apoiando-se na encosta, vá para **63**. Se não, vá para **42**.

19) Ao abri-la, você avista um corredor, bem iluminado, onde há uma porta fechada e sobre ela um monitor. Ao se aproximar, o monitor acende, e a sombra novamente aparece. Ela começa a bater palmas e lhe dá os parabéns pelo seu progresso. Antes que você abra a boca, ela lhe interrompe e diz que atrás daquela porta estavam seus amigos e que vocês estavam a um passo do grande final do parque. Vá para **15**.

20) Você acaba desistindo após tentar tudo o que sabia para ligar os monitores. Você sai dali com muita raiva e torcendo para encontrar rápido do dono do parque para acertar as contas entre vocês. Vá para **50**.

21) Você sabe que, para sair dessa armadilha, o bloco deve deslizar e você deve conseguir andar sobre o piso sem escorregar. Agora resta saber como. Você pode escolher tornar o atrito entre os seus tênis e o piso maior, vá para **41**; ou você pode escolher tornar o atrito entre o bloco e o piso ainda menor, vá para **6**. Explique no campo **Espaço para Anotações** o porquê da escolha do item, anotando o número da opção no campo **Item** na ficha de personagem.

22) Você decide empurrar um dos blocos até uma dessas depressões. Você começa a empurrar um deles e acaba percebendo que é muito difícil empurrá-lo. Depois de se esforçar, você consegue colocá-lo em movimento e, nesse momento, você ouve alguns sons estranhos e, em seguida, os *sprinklers* são acionados, e uma chuva fina começa a cair, deixando o piso todo molhado. Vá para **51**.

23) Você caminha até o elevador, reparando que ele está preso por um cabo e este cabo passa por uma polia; vai até a parede onde se encontra a porta por onde você chegou, que está presa a um grande bloco. Se você quiser entrar no elevador, vá para **26**; se quiser ver o bloco, vá para **16**.

24) A sombra lhe responde que a identidade dos ex-alunos não era importante, mas, sim, o porquê de cada um ter sido escolhido. Você a questiona, então, por que você foi escolhido. Ela diz que você foi escolhido porque seus antecedentes mostravam uma pessoa impulsiva e que aceitava desafios com muita facilidade. Ela

continua dizendo que você era perfeito para testar a forma de entretenimento oferecida pela empresa. Vá para **34**.

25) Você tem em mente que o elevador está parado (e permanece parado, mesmo com você dentro) porque a força de atrito sobre o bloco é igual à soma do peso do elevador com o seu peso e, logo, para você sair dali, o elevador precisa se mover, mas não muito rápido por causa do impacto do fundo do elevador com o chão, na parte baixa. Você conclui que sua super-habilidade terá que ser usada novamente e precisa traçar uma estratégia. Se você olhou o que tinha rabiscado na lateral do bloco de rocha, vá para **46**; se não, vá para **3**.

26) Você decide entrar no elevador e repara que nada acontece. No piso do elevador, há três visores que estão marcando: **100kg – 30,0m – 00min 00s**. Você conclui que esses valores são, respectivamente: a massa do elevador (já com você), a altura em que ele se encontra e o tempo. De onde você está, você percebe, lá embaixo, uma porta com uma luz por cima dela. Seria interessante olhar, agora, o bloco. Vá para **16**.

27) Você se espanta com o resultado encontrado, pois sua super-habilidade não conseguirá alterar tanto assim o coeficiente de atrito. Parece que você errou algo. Chame seu professor e peça ajuda. Depois, vá para **7**.

28) Você fica aguardando até que você ouve passos se aproximando. Então, uma mulher branca, de média estatura, de cabelo loiro e preso em “coque”, usando óculos e trajando roupas executivas aparece. Ela se apresenta como Alice, uma representante das empresas AVI. Sua expressão apresenta-se amigável. Ela lhe chama pelo nome e pede para você acompanhá-la. Vá para **8**.

29) Você chega a um corredor longo e muito bem iluminado. Você caminha em prontidão, no caso de mais uma armadilha feita pelo dono do parque, até que você repara em quatro monitores apagados do seu lado direito. Se você quiser ignorá-los e continuar avançando até o final do corredor, vá para **50**; se você quiser parar e mexer nos monitores, vá para **17**.

30) Você acaba se lembrando de algumas coisas que sua ex-namorada (Scarlet) o ensinou sobre computadores e consegue ligar os monitores. Você precisa ler os tópicos 5 a 8 no **Livro dos Conceitos Físicos**. Anote o número **30** na ficha de personagem em **Espaço para Anotações** e escreva, de forma sucinta, o que você entendeu sobre as explicações. Depois disso, vá para **36**.

31) Você também se lembra das informações nos visores, dentro do elevador. Agora, você pode calcular o valor do coeficiente de atrito usando a fórmula encontrada na lateral do bloco: se você obtiver como resultado 2,5, vá para **27**; se obtiver como resultado 0,4, vá para **64**. Faça os cálculos no campo **Espaço para Anotações** e escreva o número 31 no campo **Item** na ficha de personagem.

32) Você procura por mais alguma coisa que possa ajudá-lo, mas não encontra nada. Parece que resta empurrar um bloco de vidro até uma depressão. Vá para **22**.

33) Você faz algumas tentativas para tentar ligar o monitor, mas parece que ele utiliza uma tecnologia que você ainda não domina. Jogue o dado: se obtiver um número de 1 a 3, vá para **30**; se obtiver um número de 4 a 6, vá para **20**; ou se já passou pelo item **10**, vá para **30**.

34) Você fica muito irritado com as respostas dadas pela sombra e avança em direção à porta a sua frente. Mas antes que seu corpo se mova para tal, você é surpreendido com a abertura do chão, onde você estava, e começa a descer numa espécie de escorregador. Vá para **29**.

35) Você utiliza seus conhecimentos adquiridos em curso de informática e consegue ligar os monitores. Você precisa ler os tópicos 5 a 8 no **Livro dos Conceitos Físicos**. Anote o número **35** na ficha de personagem em **Espaço para Anotações** e escreva, de forma sucinta, o que você entendeu sobre as explicações. Depois disso, vá para **36**.

36) Você adentra o salão e percebe que ele é bem grande, principalmente pela altura (que você estima ser de 8m). Você repara que, no teto, há alguns *sprinklers* e que o chão é todo feito de um vidro esverdeado, que não permite ver através dele. À sua frente há dois blocos, também do mesmo tipo de vidro, próximos um do outro. Vá para **58**.

37) A sombra lhe diz que ela era alguém muito inteligente e não estava se escondendo, mas estava apenas criando um suspense para tornar o evento mais divertido. Você pergunta como ela se chama e ela diz calmamente: “Me chame do que quiser”. Vá para **34**.

38) Você passa prudentemente pela porta, preparando-se para mais uma emboscada, mas se depara com uma espécie de mirante que dá de frente para um paredão. Perto dali, há uma espécie de elevador, utilizado em minas, que parece servir de meio para descer. Vá para **23**.

- 39)** Você percebe que sua super-habilidade não é capaz de alcançar tais valores. Parece que você errou algo. Chame seu professor e peça ajuda. Depois, vá para **41**.
- 40)** Você precisa explicar o porquê de escolher essa opção, em **Espaço para Anotações**, anotando o número 40 em **Item** na ficha de personagem. Depois disso, vá para **57**.
- 41)** Você aciona sua super-habilidade e consegue raciocinar corretamente: ao aumentar o coeficiente de atrito entre o solado do seu tênis com o piso, você acaba obtendo uma propulsão que é capaz de arrastar o bloco, uma vez que a aderência sobre você aumentou. Como efeito, você consegue caminhar sobre o piso e consegue empurrar o bloco até a depressão no piso. Vá para **60**.
- 42)** Você sai do elevador pensando que ele não se moveu, porque a força peso do elevador (incluindo você) não foi suficiente para superar a força de atrito entre o bloco e o solo. Então, você precisa calcular o valor do coeficiente de atrito atual entre bloco e solo, usando a fórmula encontrada na lateral do bloco: se você obtiver como resultado 2,5, vá para **27**; se obtiver como resultado 0,4, vá para **64**. Faça os cálculos no campo **Espaço para Anotações** e escreva o número 42 no campo **Item** na ficha de personagem.
- 43)** A sombra lhe responde que a pulseira é a chave para tornar as coisas mais interessantes no parque e que ela não poderia falar nada além disso, pois estragaria a surpresa. Ela completa dizendo que a única coisa de que você precisa é pensar nela como uma espécie de bônus e que você entenderia durante sua estadia no parque. Vá para **34**.
- 44)** A sombra lhe responde que ela é a dona de uma empresa de entretenimentos, que rende alguns lucros. Mas esses lucros irão aumentar muito após você e seus amigos se divertirem no parque. Você pergunta se isso, então, é uma espécie de teste. Ela responde de forma irônica: “Prefiro o termo avaliação”. Vá para **34**.
- 45)** Você volta ao local onde está o segundo bloco e faz a mesma coisa que fizera com o primeiro. Ao encaixar o bloco na outra depressão, você não ouve o mesmo som de click e nada acontece. Mas você percebe que à sua frente foi formada uma escada de blocos de vidro que o ajudará a sair dali. Você a escala e consegue alcançar a passagem, deixando o salão para trás. Vá para **54**.
- 46)** Você se lembra das inscrições no bloco e entende que, para o elevador não descer muito rápido (pouca aceleração), o coeficiente de atrito μ precisa ser menor do que já é. Portanto, você precisa calcular o atual coeficiente de atrito estático entre o

bloco e o chão. Se você entrou no elevador antes, vá para **31**; se não o fez, vá para **18**.

47) Ao passar pela porta, você se depara com um corredor, todo branco e bem iluminado, que dá para outra porta que está fechada. Em cima dela, há um monitor de TV. Vá para **14**.

48) Você consegue, com muito custo, equilibrar-se, mas percebe que raciocinou errado. Melhor tentar a outra forma. Vá para **41**.

49) Você acorda e percebe que está deitado no chão de uma sala vazia, de média capacidade, com paredes de metal, bem iluminada. Ao se levantar, a porta à sua frente se abre. Você percebe também que no seu braço esquerdo há uma pulseira metálica. Você tenta retirá-la do braço, mas ela é muito resistente. Sem opções, você caminha de modo prudente até a porta. Vá para **47**.

50) Você caminha até chegar ao fim do corredor e abre a porta. Você se depara com um grande salão, cujo chão é todo em uma espécie de vidro, e à sua frente há dois blocos também de vidro. Vá para **36**.

51) Você tenta novamente empurrar o bloco, mas não consegue, devido ao piso estar muito escorregadio. Você tenta, para cada movimento, manter o equilíbrio e acaba se escorando no bloco. Parece que você precisará usar sua super-habilidade: se você descobriu algo com os monitores que estavam no corredor, vá para **12**; se não, vá para **21**.

52) Você anda um pouco no local e percebe que, próximo à lateral onde se encontra a passagem, há duas depressões no chão, na forma de retângulos e uma na frente da outra, que parecem ter as mesmas dimensões dos blocos. Se você quiser empurrar um bloco de vidro até uma depressão, vá para **22**; se não, vá para **32**.

53) Você muda seu trajeto e começa a andar na direção do barulho. Após alguns segundos, você chega a um local onde é possível ver uma mulher, de média estatura, com o cabelo preso, trajando roupas executivas, e um homem alto, forte, trajando roupa executiva, colocando alguma coisa dentro de um carro preto, sedan e de luxo. Antes de você identificar o que estava sendo colocado dentro do carro, você sente uma forte dor na nuca e acaba desmaiando. Vá para **49**.

54) Você anda por um corredor bem iluminado até avistar um monitor em cima de uma porta que está fechada. Você se aproxima, e o monitor é ligado. Nele está a imagem da sombra que se identificou como a dona do parque. Ela diz que está muito satisfeita com seu progresso e que você está se saindo melhor do que ela havia

previsto. Antes que você falasse algo, a porta se abre e ela diz que você irá adorar o próximo desafio. Vá para **38**.

55) Para que sua tática funcione, você deve ter que a força de atrito sobre você seja minimamente maior que a força de atrito sobre o bloco. Dessa forma, a força que você exercerá sobre o bloco (que será a mesma que o bloco exercerá sobre você) será menor que a força de atrito do piso com o solado do seu tênis. Portanto, você deve primeiro calcular qual é a intensidade da força de atrito sobre o bloco. Para tal, você deve usar a fórmula contida no **Livro dos Conceitos Físicos**, os valores do coeficiente de atrito e da massa inscritos no bloco. Faça os cálculos em **Espaço para Anotações** e escreva o número 55 no campo **Item** na ficha de personagem. Feito isso, vá para **59**.

56) Você consegue usar sua super-habilidade sobre a superfície de contato sobre o bloco e o chão, diminuindo um pouco o atrito entre eles, e observa que o elevador continua parado. Você caminha até ele e entra no elevador. Ao fazer isso, você percebe que ele começa a descer lentamente. Parece que você agiu corretamente. Vá para **13**.

57) Você consegue usar sua super-habilidade sobre a superfície de contato sobre o bloco e o chão, diminuindo o atrito entre eles, e observa que o bloco começa a se mover junto com o elevador, que está descendo. Você corre até o local onde estava o elevador, mas é tarde demais: o elevador termina de cair e se fragmenta todo com a colisão. Nesse momento, uma luz forte emana da sua pulseira, no braço esquerdo, de modo que você fica ofuscado pelo brilho. Vá para **9**.

58) Você os rodeia e percebe que em ambos os blocos há as seguintes inscrições, em azul, nas laterais de cada bloco: **625kg** (você considera como a massa de cada bloco) e $\mu_e=0,02$ (você considera ser o coeficiente de atrito estático). Em uma das laterais do salão há uma passagem, do tamanho de uma porta comum, há uns 4m do chão. Vá para **52**.

59) Você deve, agora, calcular o valor do novo coeficiente de atrito estático entre seus tênis e o piso. Para isso, você deve usar a mesma fórmula contida no **Livro dos Conceitos Físicos**, o valor da sua massa (ficha de personagem) e a força de atrito que você calculou anteriormente. Se você obtiver como resultado aproximado 0,002 ou 1,8, vá para **39**; se você obtiver como resultado aproximado 0,18, vá para **41**. Faça os cálculos no campo **Espaço para Anotações** e escreva o número 59 no campo **Item** na ficha de personagem.

60) Você encaixa o bloco na depressão mais próxima da parede lateral e, após ouvir um click, você vê um outro bloco de vidro surgir do piso, erguendo o bloco que você empurrou até uma certa altura. Se você quiser fazer o mesmo com o outro bloco, vá para **45**; se você quiser analisar o outro bloco antes de qualquer coisa, vá para **62**.

61) Você percebe que essa sua tática seria desastrosa, pois aumentar o coeficiente de atrito sobre o bloco e o piso faria você, ao empurrá-lo, deslizar ainda mais para trás, desequilibrando-o com maior facilidade. Isso porque a força que você exercerá sobre o bloco (que será a mesma que o bloco exercerá sobre você) será maior que a força de atrito do piso com o solado do seu tênis. É melhor mudar de tática. Vá para **55**.

62) Você analisa o bloco, procurando algo que possa ser diferente do outro bloco, já que o dono desse parque parece ter um senso de humor maléfico. Você se cansa e prefere empurrar o bloco até a outra depressão. Vá para **45**.

63) Você pensa que esse elevador pode ser uma distração preparada pelo dono do parque. Você resolve descer, apoiando-se na encosta. Você mal começa a descer quando sua mão escorrega, fazendo-o cair. Você se prepara para o pior, enquanto percebe o chão se aproximando, mas é surpreendido por um clarão que o envolve. Vá para **9**.

64) Você precisa diminuir o atrito entre o bloco e o chão, mas não muito para não descer muito rápido. Sabendo disso, você pode escolher: que o atrito diminua em 0,01, vá para **7**; que o atrito diminua em 0,1, vá para **40**.

4. LIVRO FINAL

Introdução

A sombra diz que a cena do reencontro de vocês é digna de filmes de tragédia. Antes que vocês pensem em agir, ela diz que esse seria o último desafio de vocês e que seria necessário grande empenho. Ela termina dizendo que a saída estava exatamente na parte de cima do monitor. O monitor se apaga.

O local onde se encontram é uma laje grande, em rocha, e que entre ela e o paredão, onde se encontra o grande monitor, há uma depressão. Ligando a laje ao paredão, há um trilho de metal que vai desde a parede de onde vocês saíram, indo reto até a parte superior do monitor. Sobre o trilho, próximo da parede perto de vocês,

há um carrinho igual ao que é usado em montanhas-russas e uma mola grande, acoplada à parede e encostada no carrinho. Vocês percebem que há uma argola grossa de metal presa na parede, logo acima da mola, e também um cabo de aço que está preso na parte traseira do carrinho. Além disso, vocês percebem que o ambiente está muito quente.

1) Vocês se aproximam da beirada da laje e descobrem o motivo pelo qual o ambiente está quente: ali corre um rio de lava incandescente e ele está uns 6m abaixo da laje de rocha. Sua largura (a distância entre a laje e o paredão) é bem extensa, de modo que nem mesmo Ian conseguiria alcançá-la. Vão para **20**.

2) Vocês chegam à conclusão de que Alex devia ir primeiro. Ao iniciarem o plano, vocês percebem que a mola tem exatamente o tamanho de Ian. Vocês comprimem a mola, enquanto Ian também se comprime, amarrando o carrinho usando o cabo preso à argola de metal. Alex se concentra, diminuindo a aceleração da gravidade local. Ao colocar o plano em ação, ficam felizes de perceber que o carrinho consegue subir o suficiente e chega à parte de cima do monitor. Vão para **58**.

3) Vocês analisam sobre quem irá primeiro. Vocês concluem que Alex ou Vini deve ser escolhido, já que Ian precisa empurrar o carrinho, junto com a mola, todas as vezes que o carrinho for impulsionado. Se vocês escolherem a Alex para subir primeiro, vão para **2**; se vocês escolherem o Vini para subir primeiro, vão para **26**.

4) Vocês ficam muito debilitados devido à grande sensação térmica da lava, próximo a vocês. Logo, vocês não conseguem se mover e ficam parados esperando o fim de vocês. Vão para **31**.

5) Vini se lembra de que a força de atrito não depende somente da superfície de contato (coeficiente de atrito), mas também da ação da aceleração da gravidade no local. Logo, ele diz a Alex que ela também deve agir, de modo que Vini diminua ao máximo o coeficiente de atrito e Alex exerça uma aceleração para cima. Vão para **3**.

6) Ian lembra também que a fórmula na lateral do carrinho utilizava informações sobre força elástica. Analisando a expressão, Ian percebe que a aceleração do carrinho é proporcional à constante elástica k . Logo, vocês concluem que a mola deve ser usada em conjunto com Ian. Vão para **39**.

7) Jonas diz que ficou impressionado com tanto empenho de vocês, mas que infelizmente isso não seria o bastante. Você questiona o porquê, e ele diz que você

terá que escolher: ou ir atrás dele para prendê-lo, vá para **11**; ou deixá-lo fugir para salvar seus amigos, vá para **21**.

8) Em poucos minutos, vocês três estão juntos e passam pela porta onde estava Jonas. Vão para **54**.

9) Vini começa a discutir com Alex e Ian sobre como aquilo de procurar algo para ajudá-los era uma perda de tempo. Alex e Vini chegam a elevar o tom de voz um para o outro e Ian se coloca entre eles. É nesse momento que ele percebe que uma lateral do carrinho possui algumas inscrições. Ele chama a atenção dos outros dois para aquilo e vocês três se dirigem para lá. Na lateral está escrito:

10)

$$M = \frac{k_{eq} \cdot \Delta x}{a + g' \cdot \sin \alpha}$$

M: massa do carrinho (20kg) + massa da carga (m')

a: aceleração resultante $\approx 123\text{m/s}^2$

k_{eq}: constante elástica equivalente da associação das molas = 5000N/m

compressão das molas = 0,85m

g': aceleração da gravidade modificada

sen α = altura/deslocamento

Vão para **64**.

11) Vocês precisam calcular a quantidade de carga (a massa) que o carrinho consegue transportar até a saída, sem que ele pare no meio do caminho e volte, utilizando a fórmula indicada na lateral do carrinho: se vocês obtiveram como resultado o valor aproximado de 32, vão para **22**; se vocês obtiveram como resultado o valor aproximado de 100, vão para **18**. Façam os cálculos em **Espaço para Anotações** e anatem o número 10 em **Item** na Ficha de Personagem.

12) Você se lembra de tudo o que passou naquele local e age sem pensar. Você acredita que seus amigos irão conseguir sair dali e que aquele papo de escolher o que fazer era apenas para enganá-lo. Você parte na direção de Jonas, que está parado ao lado da porta e acaba passando, literalmente, por dentro dela. Vá para **55**.

13) Vini se lembra de que a força de atrito não depende somente do coeficiente de atrito entre a base do carrinho e os trilhos de metal, mas também do peso do objeto em contato com a superfície, ou seja, depende do peso do carrinho. Nesse momento, vocês estão cercados por uma grande quantidade de lava e não há mais nada a fazer.

Vão para **31**.

14) Um de vocês diz que, para o carrinho conseguir subir até acima do monitor, é preciso que cada um de vocês vá até seu limite, já que não conhecem os valores das forças que estão atrapalhando o movimento do carrinho. Isso significa que Vini terá que diminuir, o máximo que conseguir, o coeficiente de atrito entre a base do carrinho e os trilhos; que Alex terá que exercer uma aceleração para cima até onde conseguir; e que Ian terá que trabalhar junto com a mola que está ali, de maneira paralela. Vão para o para **24**.

15) Durante a discussão sobre quem será o primeiro, vocês percebem que em nenhum momento levou-se em consideração utilizar as super-habilidades de Alex e Vini. Logo, vocês precisam resolver esse problema: se vocês quiserem que Vini diminua o coeficiente de atrito, vão para **42**; se vocês quiserem que Vini e Alex trabalhem juntos para diminuir o atrito entre o carrinho e os trilhos, vão para **5**. Expliquem em **Espaço para Anotações** o motivo da escolha e anotem o número 14 em **Item** na Ficha de Personagem.

16) Vocês encontram umas inscrições na lateral do carrinho, que trazem as seguintes informações:

$$M = \frac{k_{eq} \cdot \Delta X}{a + g' \cdot \text{sen } \alpha}$$

M: massa do carrinho (20kg) + massa da carga (m')

a: aceleração resultante $\approx 123\text{m/s}^2$

k_{eq}: constante elástica equivalente da associação das molas = 5000N/m

compressão das molas = 0,85m

g': aceleração da gravidade modificada

sen α = altura/deslocamento

Vão para **64**.

17) Vini empurra o carrinho de volta para que Ian e Alex consigam escapar, mas é nesse momento que vocês ouvem uma sirene e percebem que o fluxo do rio de lava começa a aumentar. Além disso, Ian e Alex percebem que o monitor se acende e em sua tela começa a marcar uma contagem regressiva a partir de 1 minuto. Vão para **46**.

18) Vocês começam a discutir sobre quem será o primeiro a entrar no carrinho. Joguem um dado: se obtiverem um número entre 1 a 3, vão para **14**; se vocês obtiverem um número entre 4 a 6, vão para **28**.

19) Vocês se espantam com o resultado: quem elaborou aquela situação não queria que vocês três saíssem ao mesmo tempo, porque o valor de massa que vocês encontraram indica que somente um de vocês, de cada vez, poderá subir até a saída. Vão para **17**.

20) Vocês tentam o mais rápido que conseguem, devido à sensação causticante do ambiente, outra forma de fazer o carrinho subir o trilho. Nessa tentativa, vocês decidem que só um deve ir, e Vini se prontifica a ir primeiro. Vão para **30**.

21) Vocês apresentam ideias sobre como sair dali. Logo, vocês pensam em utilizar o carrinho de montanha-russa para subir pelo trilho até alcançarem a passagem sobre o monitor no paredão. Agora resta saber como irão fazer isso. Se vocês acham que devem procurar uma forma de empurrar o carrinho, vão para **23**; se vocês acham que devem olhar melhor o lugar, vão para **57**.

22) Você respira fundo e percebe que Jonas não havia mudado nada. Mas isso deveria ser posto de lado para salvar seus amigos que, naquele momento, estavam contando com você. Você corre na direção da alavanca, pensando que ela era a única coisa que pode ajudar seus amigos, e a abaixa. Ao se virar na direção de Jonas, percebe que o rapaz não estava mais ali. Vá para **8**.

23) Vocês discutem o resultado e percebem que, mesmo desprezando a massa do carrinho, nenhum de vocês pode ser transportado, já que a massa de cada um de vocês é maior que o resultado encontrado. Vocês precisam refazer os cálculos. Chame o professor e peça que os ajude. Depois disso, vão para **17**.

24) Vocês argumentam sobre como o carrinho pode ser empurrado, de tal forma que os três dentro dele consigam subir por todo o trilho. Vocês concluem que, para isso, irão usar a mola, de forma que irão comprimi-la e colocá-la entre a parede e o carrinho. Para manter a mola comprimida, até o momento de dar o impulso, vocês irão usar o cabo preso à argola, amarrando a outra ponta na estrutura do carrinho. Se

vocês quiserem pôr esse plano em ação, vão para **47**; se vocês quiserem procurar por mais alguma coisa que possa ajudá-los, vão para **40**.

25) Ao colocarem o plano em ação, vocês percebem que a mola tem exatamente o mesmo tamanho de Ian. Percebem também que, ao colocar o carrinho em movimento, ele não consegue chegar até a parte de cima, parando antes e voltando. Parece que alguma coisa passou despercebida por vocês. Para piorar, o ambiente está muito quente, dificultando o raciocínio de vocês, pois a lava já está avançando pela laje de rocha, cercando vocês. Joguem um dado: se obtiverem um número de 1 a 3, vão para **19**; se obtiverem um número de 4 a 6, vão para **4**; se vocês passaram pelo item **31**, vão para **19**.

26) Vocês três saem do parque e, nesse momento, a pulseira de vocês se abre e cai no chão. Ian pega uma delas e repara que ela estava em curto-circuito, totalmente danificada. Além disso, vocês reparam que esse tempo todo vocês estavam em uma ilha no meio do oceano. Ali perto, na praia, há um barquinho que poderá levar vocês três para longe dali. Fim.

27) Vocês chegam à conclusão de que Vini deve ir primeiro. Ao iniciarem o plano, vocês percebem que a mola tem exatamente o mesmo tamanho de Ian. Vocês comprimem a mola, enquanto Ian também se comprime, amarrando o carrinho usando o cabo preso à argola de metal. Ao colocar o plano em ação, ficam felizes de perceber que o carrinho consegue subir o suficiente e chega à parte de cima do monitor. Vão para **16**.

28) Vocês desamarram o cabo e colocam o carrinho em movimento, mas mal conseguem subir o trilho, voltando em certo ponto. Parece que a força exercida sobre o carrinho não foi o suficiente para superar outras forças que estão sobre ele e que vocês esqueceram. Para piorar, uma sirene é tocada no momento em que o carrinho volta e para. Vão para **29**.

29) Vocês chegam à conclusão de que Alex deve ir primeiro. Vocês comprimem a mola, enquanto Ian também se comprime, amarrando o carrinho usando o cabo preso à argola de metal. Ao colocar o plano em ação, ficam surpresos de perceber que o carrinho não consegue subir o suficiente e volta à laje. Nesse momento, vocês também ouvem uma sirene. Vão para **33**.

30) Nesse momento, o monitor acende e aparece em sua tela uma contagem regressiva a partir de 1 minuto, e vocês sentem um tremor na laje. Vocês, então,

percebem que o fluxo de lava começa a aumentar. Vocês terão que agir rápido agora. Vão para **53**.

31) Vocês ficam felizes de ver o carrinho subindo com Vini até a saída sobre o monitor. Mas a lava está muito perto de vocês e, por conseguinte, a sensação térmica está muito elevada. Vão para **31**.

32) Um brilho muito forte emana da pulseira de vocês três, ofuscando-os por um breve intervalo de tempo. Ao abrirem os olhos, vocês estão de volta à laje de rocha, sem a lava estar subindo e com o monitor desligado, exatamente como no momento em que acabaram de falar com a sombra. Voltem para **20**.

33) Alex ouve um som de bater de palmas e se vira na direção do som. Seus olhos encontram um olhar conhecido, de muitos anos atrás, e que nunca mais esperava ver: Jonas. Ao lado dele, há uma alavanca. Vá para **7**.

34) Nesse momento o monitor acende e aparece em sua tela uma contagem regressiva a partir de 1 minuto, e vocês sentem um tremor na laje. Vocês, então, percebem que o fluxo de lava começa a aumentar. Vocês terão que agir rápido agora. Vão para **43**.

35) Vini se lembra de que a força de atrito não depende somente do coeficiente de atrito entre a base do carrinho e os trilhos de metal. Ele diz que isso não seria o suficiente para o atrito ser desprezível, porque a força de atrito depende também do peso do objeto em contato com a superfície, ou seja, depende do peso do carrinho. Parece que Alex terá que ajudar também. Vão para **59**.

36) Vini se lembra de que a força de atrito não depende somente da superfície de contato (coeficiente de atrito), mas também da ação da aceleração da gravidade no local. Logo, Vini diz a Alex que ela também deverá agir, de forma que Vini diminua ao máximo que conseguir o coeficiente de atrito e Alex exerça uma aceleração para cima. Vão para **6**.

37) Vocês colocam o plano em ação, mas percebem que o carrinho não consegue subir muito no trilho, voltando de novo para a laje, que agora está cercada por lava. Vão para **4**.

38) Vini diz que a força de atrito não depende somente da superfície de contato (coeficiente de atrito), mas também da ação da aceleração da gravidade no local. Logo, ele diz a Alex que ela precisará agir, de maneira que Vini diminua o coeficiente de atrito e Alex exerça uma aceleração para cima. Vão para **60**.

- 39)** Vocês se espantam com o resultado: quem elaborou aquela situação não queria que vocês três saíssem ao mesmo tempo, porque o valor de massa que vocês encontraram indica que somente um de vocês, de cada vez, poderá subir até a saída. Vão para **3**.
- 40)** Agora vocês precisam saber como irão associar a mola junto com Ian: se vocês acham que eles devem ser associados em série, vão para **62**; se vocês acham que eles devem ser associados em paralelo, vão para **63**.
- 41)** Vocês decidem que procurar algo para ajudar vocês a elaborarem um plano de fuga seja melhor que agirem impulsivamente. Vão para **57**.
- 42)** Vocês analisam bem as informações obtidas e concluem que elas servem para determinar a quantidade de carga (a massa) que o carrinho pode transportar para chegar à saída. Portanto, vocês terão que calculá-la. Se um de vocês comprou **Mecânica**, vão para **51**; se não, vão para **10**.
- 43)** Vini se lembra de que a força de atrito não depende somente do coeficiente de atrito entre a base do carrinho e os trilhos de metal. Ele diz que isso não seria o suficiente para o atrito ser desprezível, porque a força de atrito depende também do peso do objeto em contato com a superfície, ou seja, depende do peso do carrinho. Parece que Alex terá que ajudar também. Vão para **5**.
- 44)** Vocês percebem que se esqueceram de levar em consideração o atrito entre a base do carrinho e o trilho. Vocês precisam decidir o que fazer agora: se vocês quiserem que Vini diminua o coeficiente de atrito entre a base e os trilhos, vão para **12**; se vocês quiserem que Vini e Alex trabalhem juntos para diminuir o atrito, vão para **35**. Expliquem em **Espaço para Anotações** o motivo da escolha e anotem o número 43 em **Item** na Ficha de Personagem.
- 45)** Por último, vocês descobrem um mapa do parque, para poderem sair dali, e descobrem que o parque fica sobre uma ilha no oceano Atlântico. E para a surpresa dos três, há uma lancha atracada na praia da ilha com uma faixa grande, escrito com letras grandes, em vermelho, Parabéns! Ao chegarem à lancha, vocês observam espantados fotos de outras pessoas que se envolveram na explosão do armazém, há dez anos, e que vocês conheciam. Dentro da lancha, vocês conseguem ler a seguinte mensagem escrita em um espelho: Mas ainda não acabou!
- 46)** Vocês começam a discutir e concluem que aquela procura por algo que pudesse ajudá-los estava sendo uma grande perda de tempo. É melhor agir rápido. Vão para **50**.

47) Vini ouve um som de bater de palmas e se vira na direção do som. Seus olhos encontram um olhar conhecido, de muitos anos atrás, e que fizera um favor de esquecer: Jonas. Ao lado dele, há uma alavanca. Vá para **7**.

48) Ao iniciarem o plano, vocês percebem que a mola tem exatamente o mesmo tamanho de lan. Vocês, então, conseguem comprimi-la e colocá-la entre o carrinho e a parede e conseguem mantê-la comprimida, do modo como haviam pensado. Então, vocês três sobem no carrinho e se preparam para colocá-lo em movimento. Vão para **27**.

49) Vocês precisam definir o que cada um irá fazer agora: se vocês quiserem que lan, junto com a mola, se comprima ao máximo, Vini diminua ao máximo o coeficiente de atrito entre a base e os trilhos e Alex exerça uma aceleração para cima até seu limite, vão para **24**; se vocês quiserem que lan, junto com a mola, se comprima ao máximo, Vini diminua o coeficiente de atrito entre a base do carrinho e os trilhos ao máximo e Alex exerça uma aceleração para baixo até seu limite, vão para **36**. Expliquem em **Espaço para Anotações** o motivo da escolha e anotem o número 48 em **Item** na Ficha de Personagem.

50) Ao chegar à parte de cima do monitor, Vini é recepcionado por Jonas (um antigo conhecido de vocês) e diz que ficou impressionado com o empenho de vocês, mas que, infelizmente, isso não seria o bastante. Você questiona o porquê, e ele diz que você terá que escolher: ou ir atrás dele para prendê-lo ou deixá-lo fugir para salvar seus amigos. Ele completa que a lava só irá parar de subir se ele abaixar a alavanca (que, nesse momento, ele indica ao seu lado). Vá para **11**.

51) Cada um de vocês apresenta argumentos e vocês acabam concluindo que os três devem entrar no carrinho e usar a mola, de forma a comprimi-la e colocá-la entre a parede e o carrinho. Para manter a mola comprimida, até o momento de dar o impulso, vocês irão usar o cabo preso à argola, amarrando a outra ponta na estrutura do carrinho. Vão para **47**.

52) Um de vocês se lembra de que na fórmula contida na lateral do carrinho não havia a informação da força de atrito. Isso significa que a pessoa que preparou isso imaginou que o atrito seria desprezível (muito pequeno). Logo, antes que vocês calculem a massa que o carrinho deve transportar, precisam pensar em como diminuir tanto o atrito: se vocês acham que Vini deve diminuir o coeficiente de atrito entre a base do carrinho e os trilhos, vão **34**; se vocês acham que Vini e Alex devem trabalhar

juntos, vão para **37**. Expliquem em **Espaço para Anotações** o motivo da escolha e anotem o número 51 em **Item** na Ficha de Personagem.

53) Vocês procuram, por alguns minutos, por informações que possam ajudá-los, mas não encontram nada. Joguem um dado: se obtiverem um número de 1 a 3, vão para **9**; se obtiverem um número entre 4 e 6, vão para **45**; se vocês já passaram pelo item **31**, vão para **9**.

54) Vocês concluem que o carrinho só conseguirá subir os trilhos se vocês três trabalharem juntos, usando suas super-habilidades. Se um de vocês comprou **Mecânica**, vão para **13**; se não, vão para **48**.

55) Vocês chegam a uma sala cheia de monitores que indicam câmeras que estavam filmando o progresso de cada um naquele parque. Em uma parede, há recortes de jornais sobre manchetes que envolviam cada um de vocês, desde o momento em que vocês agiram pela primeira vez (no parque de diversões) e descobriram que Jonas era a pessoa por trás de todos os acidentes até os últimos dias daquela semana. Nesse momento, as pulseiras de vocês, que estavam no braço esquerdo, abrem-se e caem no chão. Ian pega uma delas e verifica que elas estão totalmente danificadas, em curto-circuito. Vão para **44**.

56) Você corre o mais rápido que pode para baixar a alavanca. Nesse momento, a porta onde estava o suposto Jonas (provavelmente um holograma) se fecha e uma passagem ao lado se revela. Em alguns minutos, seus amigos e você estão reunidos em frente à passagem e decidem atravessá-la. Vão para **25**.

57) Vocês discutem o resultado e percebem que, mesmo desprezando a massa do carrinho, nenhum de vocês pode ser transportado, já que a massa de cada um de vocês é maior que o resultado encontrado. Vocês precisam refazer os cálculos. Chame o professor e peça que os ajude. Depois disso, vão para **3**.

58) Vocês começam a olhar o local à procura de algo que possa ajudá-los a sair dali. Se um de vocês tiver comprado a habilidade **Procura**, vão para **15**; se não, vão para **52**.

59) Alex empurra o carrinho de volta para que Ian e Vini consigam escapar, mas é nesse momento que vocês ouvem uma sirene e percebem que o fluxo do rio de lava começa a aumentar. Além disso, Ian e Vini percebem que o monitor se acende e em sua tela começa a marcar uma contagem regressiva a partir de 1 minuto. Vão para **32**.

60) Vini e Alex usam suas super-habilidades, de modo conjunto, até o seu limite: Vini diminuindo o máximo que consegue o coeficiente de atrito e Alex exercendo uma aceleração para cima sobre o carrinho. Vão para **39**.

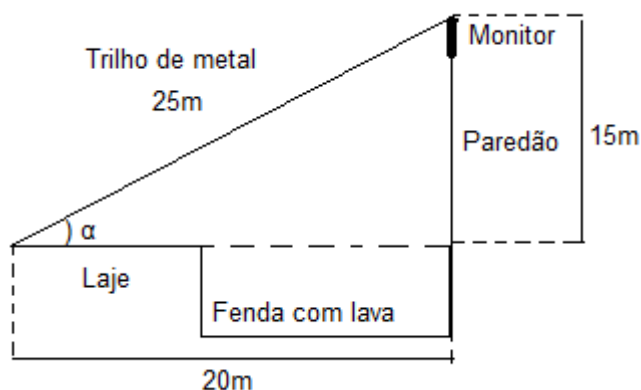
61) Ian lembra também que a fórmula na lateral do carrinho utilizava informações sobre força elástica. Analisando a expressão, Ian percebe que a aceleração do carrinho é proporcional à constante elástica k . Logo, vocês concluem que a mola deve ser usada junto com Ian para empurrar o carrinho, com a maior aceleração possível. Vão para **39**.

62) Vini acaba tomando a iniciativa e entra no carrinho. Vocês comprimem a mola, enquanto Ian também se comprime, amarrando o carrinho, usando o cabo preso à argola de metal. Ao colocar o plano em ação, ficam felizes de perceber que o carrinho consegue subir o suficiente e chega à parte de cima do monitor. Vão para **49**.

63) Ian se lembra do problema recente que enfrentou (Livro Jogando com Ian), em que ele devia escolher uma forma de associar molas para descer um cubo. Nessa situação, ele pode perceber que, associando em série, a associação fica muito flexível (deforma demais). Porém, nessa situação, deformar demais a associação não será útil, pois é necessária uma associação mais rígida, para dar maior propulsão. Parece que a saída, então, é associar Ian à mola em paralelo. Vão para **63**.

64) Agora que conseguiram diminuir ao máximo o coeficiente de atrito, vocês precisam calcular a quantidade de carga (a massa) que o carrinho consegue transportar até a saída, sem que ele pare no meio do caminho e volte, utilizando a fórmula indicada na lateral do carrinho. Se vocês obtiveram como resultado o valor aproximado de 32, vão para **56**; se vocês obtiveram como resultado o valor de 100, vão para **38**. Façam os cálculos em **Espaço para Anotações** e anotem o número 63 em **Item** na Ficha de Personagem.

65) Vocês também encontram, perto da borda da laje, o desenho abaixo:



Parece que as informações que vocês encontraram irão ajudá-los a sair desse local. Vão para **41**.

5. LIVRO DOS CONCEITOS

1) Você percebe que na tela do primeiro monitor está escrito “Aceleração”. E, logo abaixo, a seguinte frase:

“Podemos alterar a velocidade de alguma coisa mudando a rapidez de seu movimento, ou a sua orientação ou mudando ambos, rapidez e orientação. O quão rapidamente muda a velocidade chama-se aceleração.” (HEWITT, 2002, p. 62)

$$\text{Aceleração} = \frac{\text{variação de velocidade}}{\text{variação de tempo}}$$

2) Você se aproxima do próximo monitor e, em sua tela, aparece a expressão “Massa e Peso” e, abaixo o seguinte texto:

“Massa: a quantidade de matéria num objeto. É também a medida da Inércia ou lerdeza que um objeto apresenta em resposta a qualquer esforço feito para movê-lo, pará-lo ou alterar de algum modo o seu estado de movimento.

Peso: a força sobre um objeto devido à gravidade. Pode ser expresso por:” (HEWITT, 2002, p. 75)

$$\text{Peso} = \text{massa} \cdot \text{aceleração da gravidade}$$

$$P = m \cdot g$$

$$\text{Onde } g = 10\text{m/s}^2$$

3) Você se aproxima do próximo monitor e vê que, em sua tela, está escrito “Força Resultante” e segue o parágrafo abaixo:

“Com frequência mais de uma única força atua sobre um objeto. Lembre-se de que a combinação de forças que atuam sobre um objeto é a força resultante. A aceleração depende da força resultante. Por exemplo, se você empurrar um objeto com duas vezes mais força e a força resultante duplica, o objeto ganhará rapidez a uma taxa duas vezes maior. A aceleração, então, dobrará o valor quando a força resultante dobrar. Triplicar a força resultante produz três vezes mais aceleração. Dizemos que a aceleração produzida é diretamente proporcional a força resultante.” (HEWITT, 2002, p. 73)

4) Você se aproxima do próximo monitor e, em sua tela, estão escritas as seguintes fórmulas:

$$F_{\text{resultante}} = T - P$$

$$m \cdot a_{\text{resultante}} = m \cdot a - m \cdot g$$

$$a_{\text{resultante}} = a - g$$

$$\text{Movimento com velocidade constante: } a_{\text{resultante}} = 0$$

Onde:

$F_{\text{resultante}}$ significa o resultado da ação de mais de uma força sobre um mesmo corpo;

T significa força de tração (força sobre cabos e cordas de modo a deixá-los esticados);

P representa a força peso (atração exercida pelo planeta sobre sua massa);

m simboliza a massa de um corpo, nesse caso, do conjunto elevador e pessoas dentro dele;

$a_{\text{resultante}}$ representa o resultado das acelerações causadas no sistema. É a aceleração que ele aparenta ter;

a representa a aceleração que o elevador está sofrendo devido ao motor, que o puxa para cima;

g simboliza a aceleração da gravidade.

5) Você percebe que na tela do primeiro monitor está escrito “Atrito”, sendo seguido por este texto:

“Quando duas superfícies deslizam ou tendem a deslizar uma sobre a outra, atua uma força de atrito. Quando se aplica uma força a um objeto, geralmente uma força de atrito reduz a resultante e a consequente aceleração. O sentido da força de atrito é sempre oposto ao movimento de deslizamento entre as superfícies. Assim, se um objeto deve se movimentar com velocidade constante, então deve se aplicar sobre ele uma força igual e oposta ao atrito para que as duas se anulem.

O atrito durante o deslizamento é um pouco menor do que o atrito que mantém junto os corpos antes de iniciar o movimento.” (HEWITT, 2002, p. 74)

6) Você lê na tela do próximo monitor “Força de atrito estático”. Abaixo disso, há o seguinte texto:

“Essa experiência mostra fatos que observamos na prática. A força de atrito depende das superfícies que estão em contato. Em geral, o papel em contato com a madeira da mesa provoca mais atrito do que um pano, mas por outro lado resulta em menos atrito do que a borracha. Para expressar esse fato, inventou-se um valor chamado coeficiente de atrito, indicado geralmente pela letra grega μ (mi). E quanto maior o peso sobre o objeto, maior a força necessária para arrastá-lo. Isso ocorre porque quanto mais forte o contato (força normal) entre as duas superfícies, também maior o atrito.” (GREF, 1998, p. 61)

Força de atrito = coeficiente de atrito . força de apoio

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

No caso de um plano horizontal, onde o peso ($P = m \cdot g$) é igual a força de apoio ($P = N$), temos:

$F_{at} = \mu \cdot m \cdot g$ (plano horizontal), onde m é a massa e g é a aceleração da gravidade, nesse caso $g = 10 \text{ m/s}^2$

7) Você percebe que na tela do próximo monitor aparece escrito “Inércia” e, abaixo, o seguinte texto:

“A Inércia de um corpo depende da quantidade de matéria que ele tem – quanto mais matéria, mais inércia. Para especificar o quanto de inércia um corpo possui, usamos o termo massa. Quanto mais massa, maior será a sua inércia e, logo, será maior o esforço para movê-lo, pará-lo ou alterar de alguma forma o seu estado de movimento.” (HEWITT, 2002, p. 75)

8) Você se aproxima do próximo monitor e percebe que em sua tela aparecem escritos “Ação e Reação” e o seguinte texto:

“Sempre que um objeto exerce uma força sobre um outro objeto, este exerce uma força igual e oposta sobre o primeiro. Uma certa força dividida por uma pequena massa, produz uma grande aceleração, enquanto a mesma força dividida por uma grande massa produz uma pequena aceleração.” (HEWITT, 2002, p. 91)

9) Você se aproxima do próximo monitor e faz o mesmo que fizera no primeiro. Ele também acende e, em sua tela, aparece a expressão “lei de Hooke” e, abaixo o seguinte texto:

*“A **elasticidade** é a propriedade pela qual a forma se altera quando uma força deformante atua sobre o objeto, que retorna à forma original quando a força deformante é retirada. Nem todos os materiais retornam à forma original quando a força deformante que foi aplicada for retirada. Os materiais que não reassumem sua forma original após terem sido deformados são chamados de inelásticos. Quando um peso é pendurado a uma mola, uma força (a gravidade) atua sobre ele. A distensão sofrida é diretamente proporcional à força aplicada. Se um material elástico for distendido ou comprimido além de um certo valor, ele não mais retornará ao seu estado original e ficará distendido. A distância além da qual se produzem deformações permanentes é chamada de limite elástico. A lei de Hooke é válida somente enquanto a força aplicada não distender ou comprimir o material além de seu limite elástico.” (HEWITT, 2002)*

Força elástica = força peso

Constante . deformação = massa . aceleração da gravidade

$$K \cdot \Delta x = m \cdot g$$

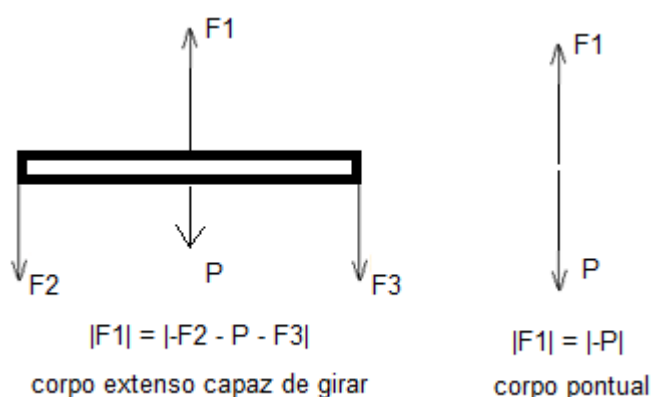
$$\text{Onde } g = 10\text{m/s}^2$$

10) Você se aproxima do terceiro monitor e procede da mesma forma que nos anteriores. Ao acender, em sua tela aparece escrito “Força Resultante”. Abaixo disso, há o seguinte texto:

“Com frequência mais de uma única força atua sobre um objeto. Lembre-se de que a combinação de forças que atuam sobre um objeto é a força resultante. A aceleração depende da força resultante. Por exemplo, se você empurrar um objeto com duas vezes mais força e a força resultante duplica, o objeto ganhará rapidez a uma taxa duas vezes maior. A aceleração, então, dobrará o valor quando a força resultante dobrar. Triplicar a força resultante produz três vezes mais aceleração. Dizemos que a aceleração produzida é diretamente proporcional à força resultante.” (HEWITT, 2002, p. 73)

11) Você se aproxima do último monitor e, após tocá-lo, sua tela acende e aparece “Condição de Equilíbrio”, com as seguintes informações:

“Quando a força resultante sobre alguma coisa é nula, dizemos que ela está em equilíbrio mecânico. Usando notação matemática, a condição de equilíbrio é dada por $\Sigma F = 0$, onde o símbolo Σ significa ‘a soma vetorial de’ e F significa ‘forças’, as quais são grandezas vetoriais. As leis dizem que as forças agindo para cima sobre um objeto devem ser compensadas pelas outras que agem para baixo – para que a soma vetorial seja nula. (Quantidades vetoriais levam em conta o sentido; assim, se atuam para cima, as forças são +, se para baixo são – e quando adicionadas de fato acabam subtraindo-se).” (HEWITT, 2002, p. 52)



Para que o corpo não gire: $F_2 = F_3$

12) Você lê na primeira pedra os seguintes dizeres:

“Se suspendermos uma pedra na extremidade de um barbante, obteremos um pêndulo simples. Foi Galileu quem descobriu que o tempo que um pêndulo leva para balançar para lá e para cá, através de uma mesma distância, depende apenas do comprimento do pêndulo. Surpreendentemente, o tempo de uma oscilação completa, para frente e para trás, chamado de período, não depende da massa do pêndulo e nem da extensão do arco descrito na oscilação.” (HEWITT, 2002, p. 330)

13) Você vê as seguintes inscrições na segunda pedra:

“Além do comprimento, o período de um pêndulo depende da aceleração da gravidade. Desse modo, para pequenos arcos de oscilação, temos:

Período de oscilação aumenta se o comprimento do pêndulo aumentar e diminui se a aceleração da gravidade aumentar.” (HEWITT, 2002)

14) Você volta seu olhar para a terceira pedra e analisa a seguinte fórmula:

$$g = \frac{T}{m} - \frac{v^2}{L}$$

Onde:

g: aceleração da gravidade;

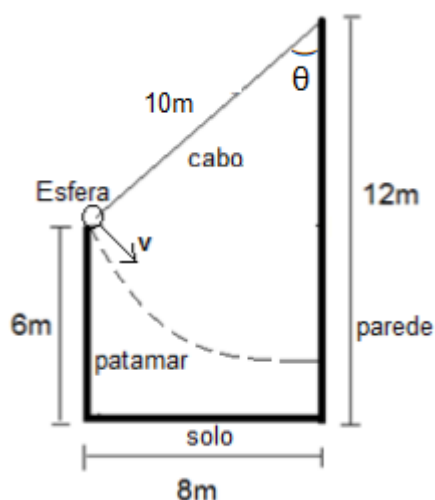
T: força sobre o cabo que o mantém esticado;

m: massa da esfera;

v: velocidade final;

L: comprimento do cabo.

15) Você olha para a última pedra e vê que nela não há inscrições e, sim, um desenho, conforme abaixo:



“A **associação de molas** resulta em uma mola equivalente (com uma constante elástica equivalente).

Associação em Série de molas: Identificamos um conjunto de molas em série se duas, ou mais, molas estiverem conectadas uma na outra. A força é então distribuída por igual no conjunto. Ou seja, ao associarmos duas molas em série, obtemos uma mola equivalente mais deformável.

Associação em Paralelo de molas: Identificamos um conjunto de mola em paralelo se duas, ou mais, molas estiverem conectadas em dois pontos comuns. Com a variação da distância entre dois pontos comuns as deformações em todas as molas serão iguais. Ou seja, ao associamos duas molas em paralelo, obtemos a mola equivalente mais rígida.”

6. GUIA DE REGRAS DO JOGO

➤ **Nome dos jogadores:** Escrevam o nome de cada um no campo **Jogador 1 e Jogador 2** na ficha de personagem.

➤ **Escolha das habilidades:** Vocês possuem 9 pontos para gastar com habilidades. Anotem-nas no campo **Habilidades** na ficha do personagem. São elas:

| HABILIDADE | PONTOS | DESCRIÇÃO RESUMIDA |
|-------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agilidade | 2 | Capacidade de mover seu corpo de maneira coordenada e precisa. |
| Conhecimentos de Informática | 3 | Conhecimento sobre programação, manuseio e processamento de dados. |
| Mecânica | 3 | Conhecimento sobre o funcionamento de motores e relações existentes ao movimento de automóveis. |
| Memória Fotográfica | 1 | Capacidade de lembrar-se exatamente de um fato, explicação ou cenário em que o personagem se fez presente. |
| Procura | 3 | Capacidade de localizar ou encontrar informações ou objetos em um cenário. |

➤ **Leitura do livro:** Iniciem a leitura do livro do personagem, lendo a história introdutória (Prelúdio) e depois o primeiro item do jogo.

➤ **Anotar o caminho:** Nos quadrados existentes na ficha de personagem, no campo **Caminho Realizado pelo Personagem**, anotem os números dos itens lidos por vocês na sequência em que ocorreram.

➤ **Livro dos conceitos:** A leitura desse livro será necessária em alguns itens durante o jogo. Anotem o número do item do livro do personagem que pede para ler esse livro; leiam os trechos exigidos no Livro dos Conceitos e vão para o item, no

livro do personagem, que dará continuação à história do jogo (anotem esse número também na ficha de personagem).

➤ **Fazendo anotações:** Em certos momentos do jogo, em itens específicos, será pedido a vocês que escrevam uma explicação ou um cálculo, no campo **Espaço para Anotações**, para resolverem determinada situação. Escrevam o número do item do livro do personagem no quadrado e no campo **Item** na ficha de personagem que pede essa situação.

Espaço para Anotações:

| |
|-----------|
| Item_____ |
| Item_____ |
| Item_____ |
| Item_____ |

Espaço para Anotações:

Item_____

Item_____

Item_____

Item_____

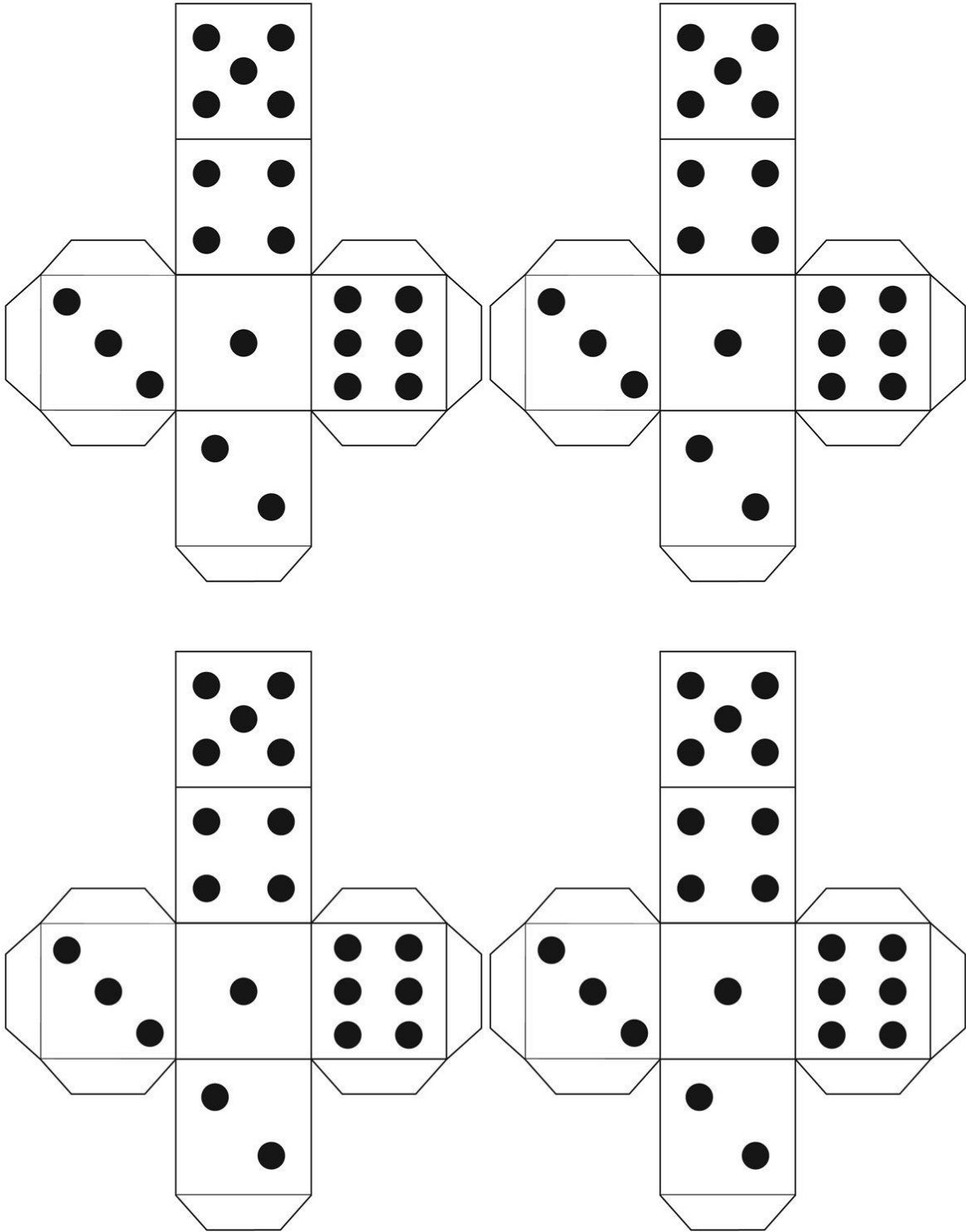
Espaço para Anotações:

| |
|-----------|
| Item_____ |
| Item_____ |
| Item_____ |
| Item_____ |

Espaço para Anotações:

| |
|-----------|
| Item_____ |
| Item_____ |
| Item_____ |
| Item_____ |

8. MOLDES DE DADOS



APÊNDICE B

Questionário aplicado nas turmas de ensino superior

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE:

As questões abaixo servem como avaliação da atividade aplicada sobre Jogos de Tomada de Decisão como ferramenta no ensino das concepções de força. Nas questões de 01 a 04, marque a alternativa que melhor representa o seu nível de satisfação com a atividade.

1. O objetivo da atividade é ajudar os alunos a compreenderem melhor sobre o que é força e como ela aparece no dia a dia deles. Comparando isso com o que você experimentou jogando a atividade, qual seria o nível de satisfação que você classificaria a atividade?

a) Muito Bom b) Bom c) Regular d) Ruim e) Muito Ruim

2. Sobre as aplicações do conceito de força, como você classificaria a atividade?

a) Muito Bom b) Bom c) Regular d) Ruim e) Muito Ruim

3. Sobre a dinâmica do jogo, como você classificaria a atividade?

a) Muito Bom b) Bom c) Regular d) Ruim e) Muito Ruim

4. Sobre a linguagem utilizada nos textos e a forma de expor os acontecimentos, como você classificaria a atividade?

a) Muito Bom b) Bom c) Regular d) Ruim e) Muito Ruim

Responda às questões abaixo, de forma crítica e objetiva, para que a atividade possa ser aprimorada, visando melhorar sua eficiência em uma futura aplicação.

Na sua opinião, quais mudanças poderiam ser realizadas na atividade para torná-la mais interessante e divertida?

Você aplicaria esse material em suas aulas? () Sim () Não
No caso de ter marcado “Não”, justifique aqui:

ANEXO A

Arte do produto

1. Personagens

Ilustração 1 - Personagem Alex



Fonte: Barci (2019).

Ilustração 2 - Personagem Ian



Fonte: Barci (2019).

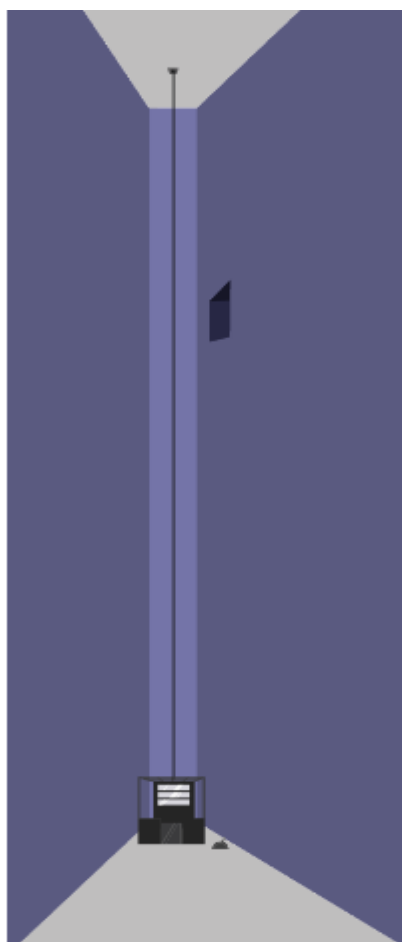
Ilustração 3 - Personagem Vini



Fonte: Barci (2019).

2. Cenários

Ilustração 4 - Cenário 1 do Livro Jogando com a Alex



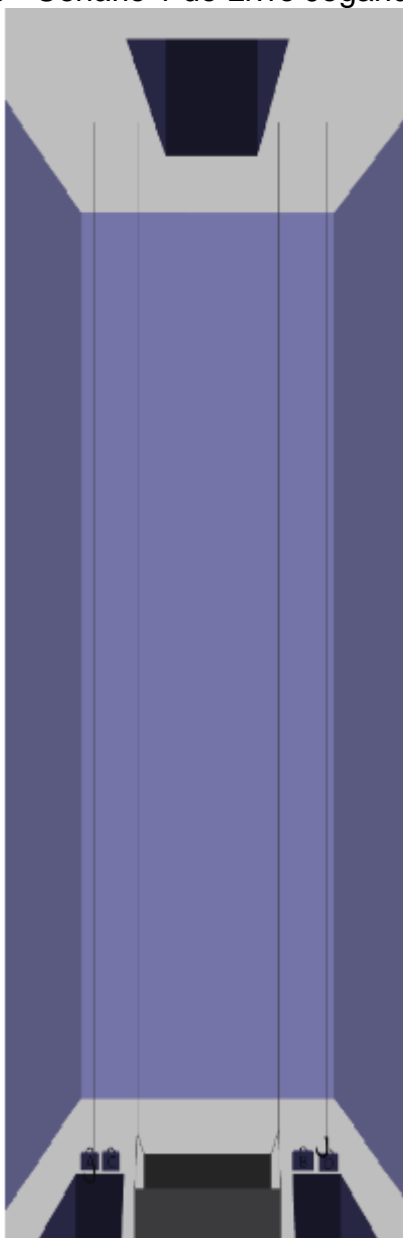
Fonte: Barci (2019).

Ilustração 5 - Cenário 2 do Livro Jogando com a Alex



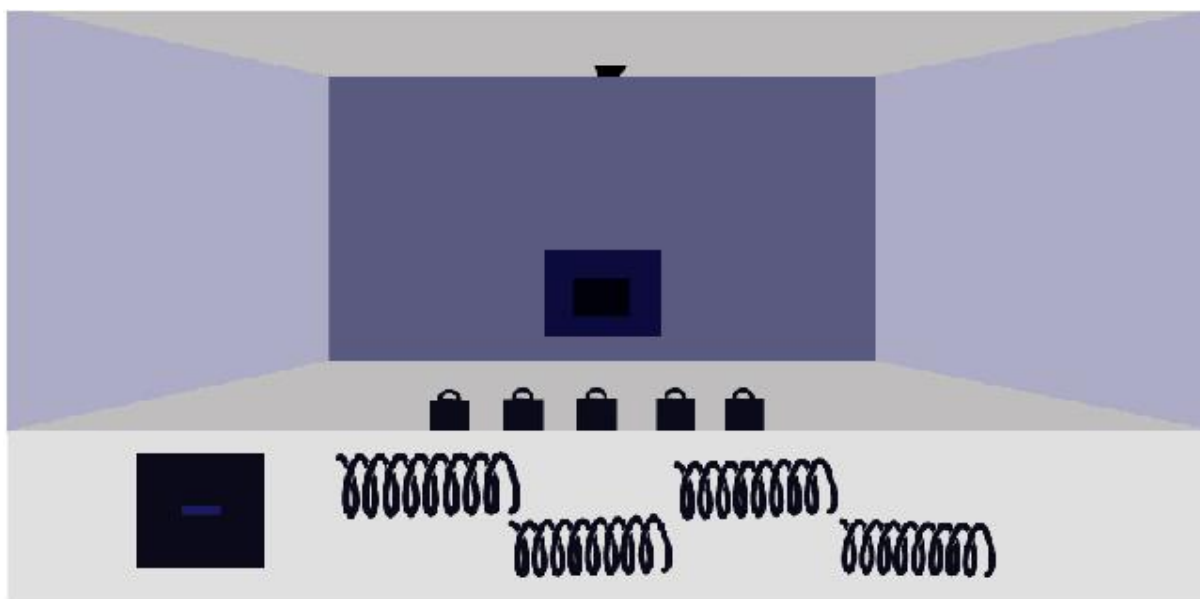
Fonte: Barci (2019).

Ilustração 6 - Cenário 1 do Livro Jogando com o lan



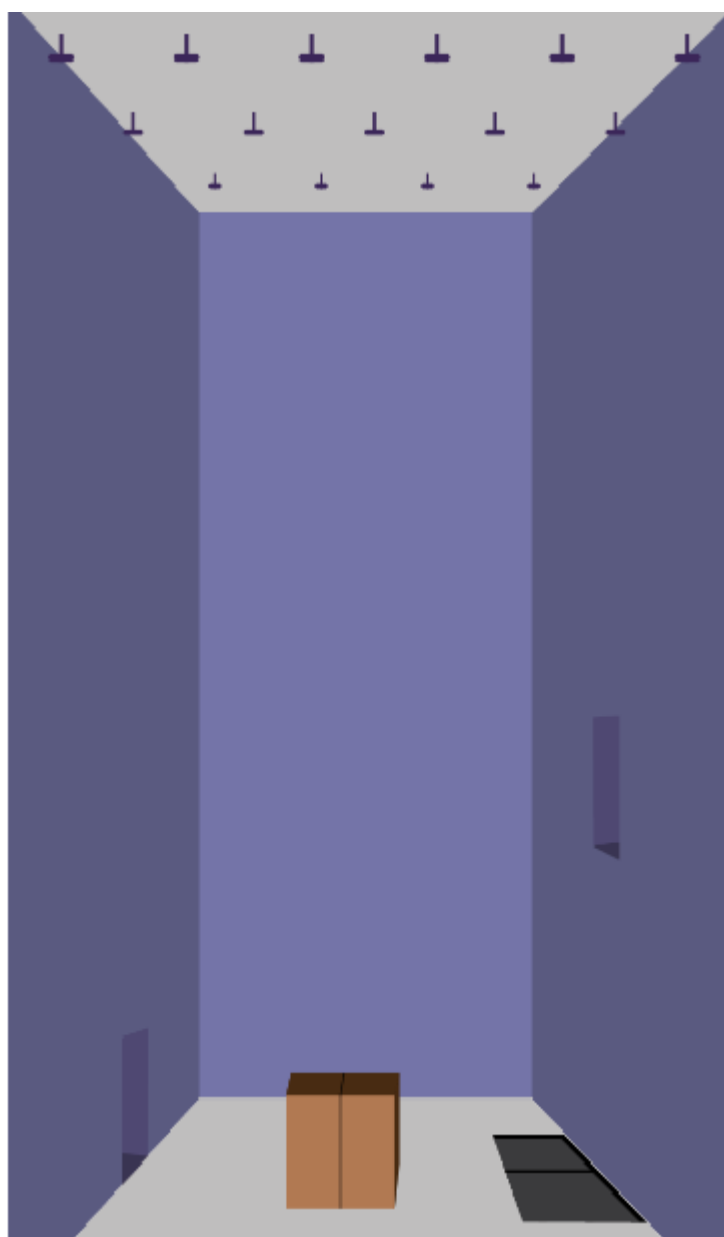
Fonte: Barci (2019).

Ilustração 7 - Cenário 2 do Livro Jogando com o Ian



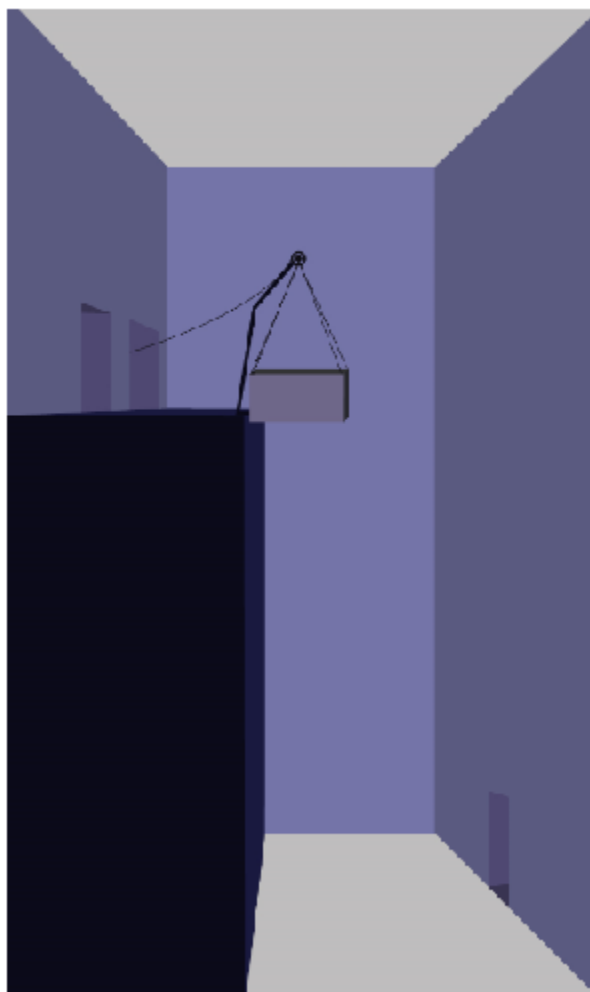
Fonte: Barci (2019).

Ilustração 8 - Cenário 1 do Livro Jogando com o Vini



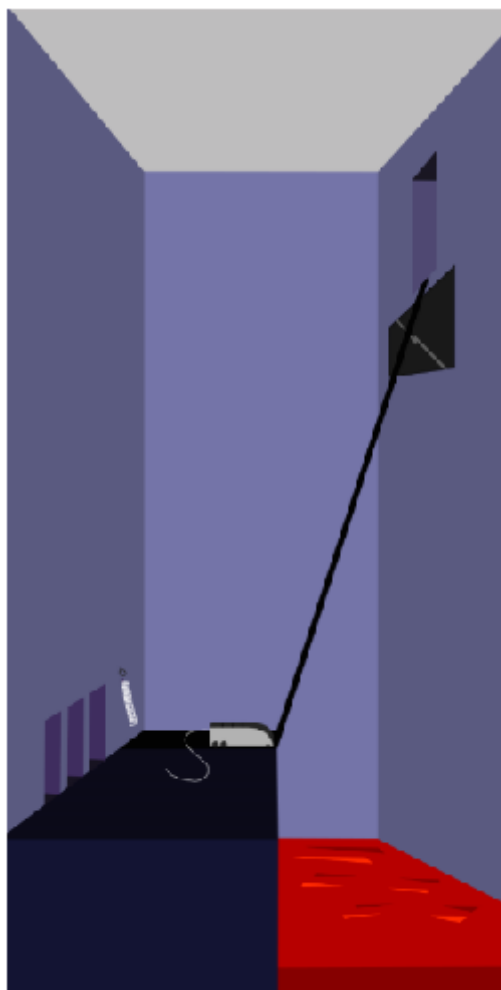
Fonte: Barci (2019).

Ilustração 9 - Cenário 2 do Livro Jogando com o Vini



Fonte: Barci (2019).

Ilustração 10 - Cenário do Livro Final



Fonte: Barci (2019).