



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Vitor Hudson Pessoa de Brito

**Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular
uniforme explorando jogo de entretenimento**

Blumenau
2020

Vitor Hudson Pessoa de Brito

**Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular
uniforme explorando jogo de entretenimento**

Dissertação submetida ao Programa de pós
graduação em Ensino de Física da Universidade
Federal de Santa Catarina para a obtenção do título
de mestre em Ensino de Física
Orientador: Prof. Dr. Fábio Rafael Segundo
Coorientador: Prof.Dr. Daniel Girardi

Blumenau

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Brito, Vitor Hudson Pessoa de
Uma proposta de sequência didática para o ensino do
movimento circular uniforme explorando jogo de
entretenimento / Vitor Hudson Pessoa de Brito ;
orientador, Fábio Rafael Segundo, coorientador, Daniel
Girardi, 2020.
97 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, Blumenau, 2020.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Engenharia Didática. 3. Jogo de
entretenimento. 4. Movimento Circular Uniforme. 5. Ensino
de Física. I. Segundo, Fábio Rafael. II. Girardi, Daniel.
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

Vitor Hudson Pessoa de Brito

Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular uniforme
explorando jogo de entretenimento

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Fábio Rafael Segundo
UFSC- Campus Blumenau

Prof. Dr. Lucas Natálio Chavero
UFSC – Campus Blumenau

Prof. Dr. Alexandre Zobot
UFSC – Joinville

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ensino de Física



Documento assinado digitalmente
Esley Scatena Goncales
Data: 05/05/2020 14:44:09-0300
CPF: 225.289.358-38

Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Documento assinado digitalmente
Fabio Rafael Segundo
Data: 05/05/2020 14:32:23-0300
CPF: 901.593.909-82

Prof. Dr. Fábio Rafael Segundo
Orientador

Blumenau, 2020

À Isaac, meu querido filho. A expectativa pela sua chegada foi a minha grande motivação para seguir em frente.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela minha vida.

À minha esposa Kênnia por seu companheirismo, sua paciência, compreensão e por sempre ter me dado forças para concluir esta etapa.

Aos meus pais, Rivaldo e Erivete pelos exemplos de caráter, honestidade, integridade e por sempre me incentivarem a estudar.

Aos meus irmãos Alex, Suelen, Christielen e Mateus, pelo carinho.

Aos demais familiares, por sempre acreditarem em mim e por se alegrarem comigo juntos, à cada conquista, em especial ao meu cunhado Patrick.

Ao meu orientador, prof. Dr. Fábio Rafael Segundo e ao coorientador prof. Dr. Daniel Girardi, pelos grandes ensinamentos, pelo apoio dado inclusive além das questões acadêmicas.

Aos colegas de curso da turma de 2017 do MNPEF pela convivência durante esta etapa de nossas vidas.

Aos diretores das escolas EEM Victor Meirelles e EEB Olívia Bastos, pela cooperação com este trabalho, em especial ao sr. José Augusto Garcia Vick pelas contribuições e encorajamento durante o processo seletivo para ingresso no MNPEF.

À todos os professores do MNPEF da UFSC campus Blumenau pela confiança e dedicação ao programa.

À todos os demais funcionários da Universidade, pela atenção e cordialidade.

RESUMO

Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular uniforme explorando jogo de entretenimento.

Vitor Hudson Pessoa de Brito

Orientador: Prof. Dr. Fábio Rafael Segundo

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Girardi

As escolas brasileiras têm uma realidade de pouca infraestrutura e métodos de ensino tradicionais. Enquanto isso, a geração atual está cada vez mais mergulhada em um mundo digital e não se sente motivada com a escola. Neste contexto, os jogos de videogame têm assumido muita importância na vida dos adolescentes e jovens sendo que educadores de várias áreas têm desenvolvido estudos sobre como aplicá-los dentro da sala de aula. Este trabalho teve como objetivo utilizar um jogo de entretenimento aplicado ao ensino de Física, levantando dados sobre as condições para que uma atividade com jogo de entretenimento seja aplicada na escola e se essa atividade seria capaz de levar o aluno a uma apropriação de conhecimentos científicos. Foi apresentada uma sequência didática para ensino do Movimento Circular Uniforme (MCU) baseada na engenharia didática. Foi empregada a metodologia de sala de aula invertida e o jogo para *smartphones* SBK16®, um simulador um de corridas de motocicletas. Ao final da sequência foi feita uma comparação entre conhecimentos adquiridos pelos alunos com aqueles levantados anteriormente através de um questionário e feita uma análise geral. Foram observados indícios de que houve um aprimoramento dos conhecimentos dos alunos acerca de elementos do MCU utilizando-se o jogo dentro da sequência didática.

Palavras-chave: Ensino de Física, Jogo de entretenimento, Engenharia Didática, Sequência didática, Movimento Circular Uniforme.

ABSTRACT

A didactic sequence proposal for teaching uniform circular movement exploring an entertainment game.

Vitor Hudson Pessoa de Brito

Advisor: Prof. Dr. Fábio Rafael Segundo

Co-supervisor: Prof. Dr. Daniel Girardi

Brazilian schools have a reality of little infrastructure and traditional teaching methods. Meanwhile, the current generation is increasingly immersed in a digital world and is not motivated by school. In this context, video games have assumed a lot of importance in the lives of adolescents and young people, and educators from various areas have developed studies on how to apply them within the classroom. This work aimed to use an entertainment game applied to the teaching of Physics, raising data on the conditions for an activity with an entertainment game to be applied at school and if this activity would be able to lead the student to an appropriation of scientific knowledge. A didactic sequence for teaching the Uniform Circular Movement (UCM) based on didactic engineering was presented. The inverted classroom methodology and the smartphone game SBK16 ©, a motorcycle racing simulator, were used. At the end of the sequence, a comparison was made between knowledge acquired by the students and those previously raised through a questionnaire, and a general analysis was made. There were signs that there was an improvement in the students' knowledge about elements of the UCM using the game within the didactic sequence.

Keywords: Physics teaching, entertainment game, didactic engineering, didactic sequence, uniform circular motion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Losango didático	25
Figura 2. Movimento Circular	32
Figura 3. Velocidade instantânea	33
Figura 4. Vetores velocidade e posição no movimento circular.....	34
Figura 5. Corrida no jogo SBK 16.....	38
Figura 6. Informações da pista de Phillip Island	39
Figura 7. Mapa do circuito de Phillip Island.....	39
Figura 8. Tela de seleção do piloto e da pista	44
Figura 9. Configurações do jogo	44
Figura 10. Assistências de pilotagem.....	45
Figura 11. Ajustes das assistências de pilotagem.....	45
Figura 12. Corrida em Phillip Island	46
Figura 13. Tempo após uma volta.....	47
Figura 14. Classificação ao final da corrida.....	47
Figura 15. Tempo quando o jogador não vence a corrida.....	48
Figura 16. Alteração da assistência de frenagem	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Raios das curvas na pista de Phillip Island	40
Tabela 2. Velocidades máximas nas curvas	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Respostas da questão a) antes da aplicação da sequência didática	57
Quadro 2. Respostas da questão a após a) aplicação da sequência didática	59
Quadro 3. Respostas da questão b) antes da aplicação da sequência didática	59
Quadro 4. Respostas da questão b) após a aplicação da sequência didática	60
Quadro 5. Respostas da questão c) antes da aplicação da sequência didática.....	61
Quadro 6. Respostas da questão c) após a aplicação da sequência didática	61
Quadro 7. Respostas da questão d) antes da aplicação da sequência didática	61
Quadro 8. Respostas da questão d) após a aplicação da sequência didática	62
Quadro 9. Respostas da questão e) antes da aplicação da sequência didática	63
Quadro 10. Respostas da questão e) após a aplicação da sequência.....	63

Sumário

1. Introdução	14
1.1 Objetivos gerais e específicos	18
2. Revisão Bibliográfica	19
2.1 Jogos digitais	19
2.1.1 Classificação dos jogos de entretenimento	21
2.2 Potencial dos jogos de entretenimento para o ensino de Física	23
2.3 Sequência didática	24
2.4 Engenharia didática	27
2.4.1. Análises prévias	28
2.4.2. Concepção e análise <i>a priori</i>	28
2.4.3 Experimentação	29
2.4.4 Análise <i>a posteriori</i> e validação	30
2.5 Sala de aula invertida	30
2.6 Conceitos de Física pertinentes ao trabalho	31
2.6.1 Movimento Circular Uniforme	32
2.6.2 Força centrípeta	35
2.6.3 Velocidade máxima em uma curva	36
3. Desenvolvimento do produto	37
3.1 Escolha do jogo e sua preparação para aplicar em aula	37
3.3 Preparação da sequência didática baseada na Engenharia Didática	42
3.4 Execução da sequência didática	44
4. Aplicação do produto didático	52
5. Resultados avaliados	56
6. Conclusão	66
6.1 Trabalhos futuros	67
Referências	69

APÊNDICE I - PRODUTO EDUCACIONAL	74
--	----

1.Introdução

A educação brasileira contemporânea está em dificuldades. O censo escolar de 2017, apresentado pelo Ministério da Educação (BRASIL, 2018) mostra que as escolas brasileiras ainda têm deficiências sérias de infraestrutura. Nas escolas de ensino fundamental, por exemplo, ainda existem aquelas que carecem de saneamento básico, água encanada e energia elétrica. Nas escolas de ensino médio, a estrutura é em média melhor, mas recursos como laboratório de ciências estão disponíveis apenas em 45% das instituições. Nas escolas que possuem laboratório de informática (79,9%), o número de computadores é reduzido e a velocidade da conexão com a internet é limitada.

Além da falta de estrutura presente nas instituições públicas de maneira geral, as metodologias de ensino utilizadas também não avançam. Mesmo com as ideias construtivistas presentes em nossa sociedade a algum tempo, o ensino tradicional continua presente na grande maioria das escolas do país (LEÃO, 1999). Na escola, qualquer que seja o nível de ensino, os professores tentam ensinar aos alunos conhecimentos supostamente importantes, que são copiados, memorizados, aplicados em provas e que se perdem facilmente. Isso ocorre porque estes conhecimentos por não são devidamente significativos para o aluno (MOREIRA, 2011). Esta metodologia é largamente criticada dentre os estudiosos de educação por partir da concepção de que o ensinar e aprender vai acontecer simplesmente pela transferência de conhecimento do professor para o aluno, sendo este considerado como uma “jarra vazia” que poderá ser preenchida (BELLUCCO; CARVALHO, 2013, p.32).

No ensino de Física, esta é estudada através da memorização mecanizada de conteúdos e fórmulas, onde o enfoque é ser aprovado em provas para prosseguir para as próximas etapas de ensino e conseguir aprovação no vestibular. Pietrocola (2006), diz que o aluno muitas vezes acaba pensando que a Física seria um complemento da Matemática, devido ao fato dos professores focarem muito em problemas numéricos e em cálculos. Devido à reduzida carga horária atual de Física nas escolas públicas, que atualmente são duas aulas semanais de 45 minutos (na rede estadual de Santa Catarina), grande parte da grade de conteúdos previstos no planejamento anual são deixados de lado (BALISCEI, 2016). Além disso, os conteúdos apresentados não são

expostos de forma significativa, em contextos distantes da realidade dos alunos e estes são logo esquecidos (BRASIL,2006).

Esse modelo de ensino afeta diretamente a motivação do aluno. A motivação, segundo Bernardino (2009), é “aquilo que impulsiona uma pessoa a fazer algo” e a coloca rumo aos seus objetivos. Ainda segundo Bernardino (2009), o professor muitas vezes deixa de explorar a força motivacional do aluno por entender que a motivação é um fator psicológico imutável, nada podendo ele fazer para que o aluno se sinta mais motivado. Muitos professores atribuem a falta de sucesso de sua disciplina aos alunos, negligenciando o fato de que têm papéis de facilitadores da motivação no processo de ensino-aprendizagem (BERNARDINO, 2009). Além da necessidade de uma mudança de mentalidade entre professores, aqueles que buscam alternativas pedagógicas diferenciadas muitas vezes acabam encontrando obstáculos como os já mencionados problemas de infraestrutura, que dificultam o desenvolvimento de aulas e atividades que possam ser atrativas aos alunos.

Essas dificuldades tornam-se mais notórias a partir do momento em que vivemos em um mundo mais tecnológico, onde a geração atual está cada vez mais mergulhada no mundo da tecnologia digital, vivendo cercada e usando computadores, videogames, câmeras de vídeo, smartphones e todos os brinquedos da era digital (PRENSKY, 2001).

Dentre este mundo tecnológico, os jogos de videogame e computadores têm assumido uma importância muito relevante na vida dos adolescentes e jovens. Um dado que pode mostrar como os jogos fazem parte da cultura contemporânea é o do faturamento do mercado de jogos no mundo em 2016, que foi de 99,6 bilhões de dólares, relatório apresentado pela empresa Newzoo Games, em 2016¹. Os jogos de videogame já assumiram um papel de destaque tão inegável que diversos pesquisadores se interessaram em desenvolver estudos para entender porque os jogos são tão atrativos, e como a vida das pessoas é afetada por eles (SAVI; ULBRICHT, 2008).

Gee (2010), descreve sua experiência de contato com jogos digitais, onde diz ter se espantado com o nível de complexidade e dificuldade do primeiro jogo com o qual teve contato. A dificuldade do jogo obrigou-o a recorrer a pesquisas na internet

¹ NEWZOO GAMES. 2016 Global Games Market Report. Amsterdam, 2016. 24 p

sobre como passar certas fases e níveis, concluindo que os métodos de aprendizagem de sua geração não funcionavam. Isso fez com que ele pensasse nas possibilidades dos videogames na aprendizagem. Impressiona o grau de atenção, concentração e quantidade de horas que um estudante se dedica aos jogos, horas essas que poderiam ser dedicadas à estudos e atividades escolares.

Segundo Lara (2004), os jogos estão ganhando espaço dentro das salas de aula em uma tentativa comum de associar a aprendizagem com o lúdico e apresenta uma proposta para a utilização de jogos no ensino de matemática. Para ela, o jogo atua como um agente cognitivo capaz de desenvolver no aluno, além de habilidades matemáticas, algumas outras como concentração, autoconfiança e autoestima. McGonigal (2010), percebeu que em países com uma forte cultura ligada a jogos eletrônicos, os alunos dedicam aos jogos o mesmo tempo que passam na escola. Embora jogos eletrônicos possam parecer meros passatempos, segundo Clua e Bittencourt (2004 apud OLIVEIRA; POZZEBON; FRIGO, 2017 p.241), todo jogo digital é educativo por desenvolver habilidades importantes para o processo de aprendizagem, seja este um jogo sério, que é elaborado para um fim educacional específico ou um jogo de entretenimento, um ambiente informal, que tem como objetivo principal promover diversão e prazer.

Isso não significa, obviamente que um Jogo de Entretenimento não possa ser utilizado para ensinar ou que um jogo sério não possa ser divertido. Neste trabalho, focou-se nos jogos de entretenimento, por haver interesse em observar e analisar se os alunos conseguiriam entender conceitos de Física por meio de jogos que eles utilizam para diversão.

Contudo, por mais que os jogos eletrônicos apresentem indícios de que são boas ferramentas de ensino, Barros e Chaves (2008) mencionam que apenas o jogar não irá contribuir para a aprendizagem. É necessário um planejamento onde seja aplicada uma metodologia que tenha objetivos claros a serem atingidos, respeitando a idiosincrasia das turmas. Marques, Silva e Marques (2011) reforçam essa afirmação ao realizarem uma investigação durante um ano letivo em que analisaram os hábitos de estudo e jogo dos alunos de uma escola básica. Foi verificado que não houve nenhuma relação de causa e consequência entre jogar de forma frequente e apresentar baixo rendimento escolar. No entanto alunos com melhor rendimento

escolar se saíram melhores nos jogos, reforçando a ideia de que a utilização de jogo de maneira isolada não traz resultados efetivos no rendimento escolar.

Partindo dessa ideia, o planejamento de aula e o uso de metodologias adequadas são indispensáveis para que haja um resultado efetivo na aprendizagem. Existem dúvidas quanto à utilização de uma ferramenta como jogos digitais dentro de um contexto da escola tradicional resultaria benefícios para o ensino, uma vez que dentro da epistemologia da escola tradicional, o papel do indivíduo no processo de aprendizagem é de passividade (LEÃO, 1999) e o próprio ato de jogar é algo ativo.

Diante da necessidade de se desenvolver novos materiais e métodos para o Ensino de Física que utilizem ferramentas, instrumentos e tecnologias baseados em metodologias ativas, a proposta deste trabalho é apresentar uma sequência didática utilizando um jogo de entretenimento para ensinar Física. Nesse trabalho, o elemento principal é o jogo, sendo que foi escolhido um conteúdo que pudesse ser explicado através dele. A sequência foi fundamentada na Engenharia Didática, onde é feito um levantamento dos conceitos prévios dos alunos, é construído um problema, são feitas experimentações controlando variáveis macrodidáticas e microdidáticas e por fim comparando os conhecimentos adquiridos pelos alunos com aqueles levantados anteriormente. Em momentos em que houve a necessidade de apresentar conhecimentos teóricos, a intervenção foi feita utilizando a metodologia da sala de aula invertida ou uma metodologia de aula expositiva.

Apesar dos jogos eletrônicos de entretenimento apresentarem bons gráficos, bom realismo da Física e trazerem neles diversas informações que podem ser exploradas pedagogicamente, estes jogos são produtos comerciais e portanto grande parte deles não possuem licenças gratuitas. Trabalhar com jogos para Computadores Pessoais ou consoles seria uma tarefa que envolveria um alto investimento em estrutura, o que já foi mencionado como não ser a realidade da Escola Pública.

Para realizar este trabalho, utilizou-se o jogo SBK 16^{©2}, um jogo para smartphones que simula o campeonato de corridas de motocicletas *superbike* do ano de 2016 e que possui licença gratuita. O jogo foi utilizado para fazer uma introdução

²Copyright © 2016 Digital Tales S.r.l. Todos os direitos reservados. A marca comercial "SBK" é propriedade da DORNA WSBK ORGANIZATION S.r.l. Todas as outras marcas e logotipos são de propriedade de seus respectivos proprietários.

ao Movimento Circular Uniforme (MRU), abordando os conceitos de aceleração, força centrípeta e a relação entre o raio de curvatura e a velocidade máxima em uma curva.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: na primeira parte será apresentada uma revisão bibliográfica e aspectos teóricos e metodológicos dos conceitos envolvidos. Em seguida será feita uma descrição do produto educacional, onde será apresentada a construção e a metodologia adotada. Depois serão discutidos os resultados da aplicação do produto didático. Finalmente, serão apresentadas as conclusões.

1.1 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de aplicação de um jogo de entretenimento baseado em metodologias de ensino para melhorar o ensino de um conteúdo de Física. Os objetivos específicos são:

- 1) Averiguar se uma atividade pedagógica utilizando jogos de entretenimento é capaz de levar o aluno a uma apropriação de conhecimentos científicos específicos.
- 2) Apresentar uma sequência didática baseada na engenharia didática para ensino do MCU utilizando sala de aula invertida.
- 3) Levantar informações sobre as condições necessárias para que uma atividade com jogos de entretenimento seja aplicada no ambiente escolar.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, será apresentada uma revisão do conceito de jogos digitais, sequência didática, Engenharia Didática, sala de aula invertida e sobre o conteúdo que se pretende ensinar, que abrange o Movimento Circular Uniforme.

2.1 Jogos digitais

Inicialmente, é importante compreender o significado de jogo. Ao analisar as correspondentes em latim da palavra jogo, *jocus* (em português, jogo) e *ludus* (em português, lúdico), verifica-se que o primeiro termo era aplicado no sentido de divertimento enquanto que o segundo era aplicado no sentido de “encenações em honra aos deuses” e por fim para designar lugar de aprendizado, instrução e treinamento. Segundo Huizinga (1980, p.9),

[...] o jogo é uma função da vida, mas não é passível de definição exata em termos lógicos, biológicos ou estéticos. O conceito de jogo deve permanecer distinto de todas as outras formas de pensamento através das quais exprimimos a estrutura da vida espiritual e social. Teremos, portanto, de limitar-nos a descrever suas principais características.

Huizinga (1980) elenca algumas características que são comuns a todas as atividades consideradas como jogo, como a participação voluntária, meta, regras e um sistema de feedback. Em princípio, o jogo também não pode ser considerado uma tarefa, pois jogar não pode ser definido como uma obrigatoriedade.

Segundo Navarro (2013, p.11), pode-se pensar na origem do jogo como sendo “um conceito e atividade inseridos na dimensão macro da vida, que ultrapassa as noções de sociedade, civilização e cultura”. Todos os que jogam têm como objetivo principal e comum buscar o prazer que o entretenimento traz. Outros fatores também atuam como elementos motivacionais, como o desafio (físico e/ou mental), a interação social e o desejo de superação. Ainda segundo Navarro (2013), o uso do jogo como uma atividade meramente lúdica e distrativa tem sido repensado, uma vez que vão surgindo indícios cada vez mais sólidos quanto à importância dos jogos no desenvolvimento sensorial, psicomotor e cognitivo do indivíduo.

Quando se fala de jogos digitais na educação é importante buscar na bibliografia definições de alguns conceitos que sempre aparecem juntos ou

associados. Neste cenário é importante definir primeiramente o conceito *Edutainment* e *Gamificação* e posteriormente definir jogos educativos, jogos sérios e jogos de entretenimento.

O primeiro uso da palavra *Edutainment*, foi para jogos de CD-ROM educacionalmente utilizados para ensinar crianças de uma forma divertida (WHITE, 2003). O termo *Edutainment* é a junção das palavras *education* com *entertainment*, podendo ser traduzido como “edutenimento” (MOLINA, 2013). White (2003), define o termo como “eventos, programas e atrações em que as qualidades de entretenimento são a atração principal. Sendo o aprendizado ou a educação um subproduto”. Este conceito está associado ao uso de ferramentas concebidas tanto para divertir como para educar, que podem ser tanto jogos de tabuleiro, brincadeiras, como jogos digitais, vídeos, programas de televisão, internet e demais ferramentas multimídia (MARQUES; SILVA; MARQUES, 2011). Segundo Squire (2003), o *Edutainment* aplicado através de jogos permite que os alunos manipulem variáveis, possibilita que vejam fenômenos diversos através de outras perspectivas, visualize sistemas em três dimensões e em casos de simulação, faz com que os alunos possam compará-las com a realidade. White (2003), identifica duas categorias de *Edutainment*: uma interativa e participativa e outra não interativa e espectadora.

Já o termo *Gamificação*, segundo ZICHERMANN (2011), é “o processo de pensar como num jogo e as mecânicas de um jogo para engajar pessoas a resolverem problemas” (apud PAGANINI; BOLSAN, 2016, p.16). De outra forma, a *Gamificação* pode ser feita mesmo sem que seja utilizado um jogo, mas os elementos de um jogo, como acúmulo de pontos de experiência para subir de nível, montar e organizar equipes e sistemas de recompensas e progressões conforme tarefas vão sendo cumpridas. A *Gamificação* tem sido uma tendência em vários setores comerciais e *marketing* (como cartões de pontos de recompensas e produtividade dentro do local de trabalho), como também em diversas outras áreas (SEABORN; FELS, 2015). Na área de educação, Fardo (2013), menciona a necessidade de novas estratégias para que os indivíduos cada vez mais inseridos no contexto das tecnologias e mídias sociais possam ser motivados a partir de métodos não passivos e menciona a *Gamificação* como uma opção.

Como citado anteriormente, para Clua e Bittencourt (2004 apud OLIVEIRA; POZZEBON; FRIGO, 2017 p.241), todo jogo é educativo. Independentemente se ele

tiver sido desenvolvido para atingir objetivos pedagógicos explícitos, os jogos podem ser considerados educativos por desenvolverem habilidades importantes para o processo de aprendizagem. Quanto à função principal para a qual o jogo foi desenvolvido, ele pode ser classificado como jogo sério ou um jogo de entretenimento.

Jogos Sérios, como definem Herpich *et al.* (2013) são “ambientes simulados que possibilitam testar, acertar e errar diversas vezes, respeitando o tempo cognitivo do educando, auxiliando para seu aprendizado e aplicação prática”. Jogos sérios são uma atividade prazerosa realizada em uma simulação na qual os participantes tentam alcançar metas de acordo com as regras, sendo vistos como uma ferramenta educacional de grande potencial a ser explorado quando aplicada em sala de aula (ADAMS, 2010 apud HERPICH *et al.* 2013, p 618).

2.1.1 Classificação dos jogos de entretenimento

Sato e Cardoso (2008) abordam as diferenças existentes na classificação dos gêneros de jogos de entretenimento feita pelos diferentes mercados (norte-americano e brasileiro), os designers de jogos e os usuários dos games. Após apresentar diversas divergências entre elas, apresentam uma proposta para uma classificação baseada nas variáveis: “características dos desafios (para o jogador realizar a ação), liberdade/variedade de escolhas ao longo do jogo para se realizar os objetivos, jogabilidade, e a relação ação-reação entre jogo e jogador”. A classificação proposta por Sato e Cardoso (2008) utiliza o termo categoria, fazendo distinção dos grupos de jogos. São elas:

- RPG (Role-Playing Game): No RPG, cada jogador escolhe e/ou cria um personagem com características e habilidades específicas e conforme vão cumprindo tarefas e missões (que envolvem pedir informações, subornar, comprar itens ou simplesmente entrar em combate) vão recebendo recompensas e melhorando suas habilidades. O jogador pode interagir com outros jogadores e formar grupos. Os rumos da história são alterados de acordo com as decisões tomadas pelo grupo. Os RPGs podem combinar diversos aspectos, como estratégia, aventura e ação e puzzle (quebra-cabeças). Como exemplos de jogos desta categoria os autores citam EVE-Online e Word of

Warcraft.

- **Ação:** São jogos que exigem do jogador destreza nos comandos. São jogos que não apresentam grandes opções de escolha, sendo focada nas ações rápidas do jogador, como God of War II. Jogos de plataforma, tiro e luta estão incluídos neste grupo pelos autores como subcategorias. Alguns exemplos são, Tekken 5 (Luta), Counter Strike (Tiro) e Sonic (Plataforma).
- **Aventura:** São jogos que possuem uma narrativa mais flexível que os jogos de ação e menos flexível que jogos de RPG. São jogos em que não é necessário concluir todas as tarefas para chegar a um final e podem ser realizadas em um ritmo mais lento. Exemplo de jogo citado pelos autores nesta categoria: The Legend of Zelda.
- **Estratégia:** Nesta categoria, o jogador precisa desenvolver e aperfeiçoar táticas para realizar conquistas e a manutenção de territórios. Não há um final específico, sendo que muitas vezes vence aquele que atingir primeiro certos objetivos. O jogador pode interagir com outros jogadores formando alianças e disputando uns contra os outros. Dentro desta categoria temos jogos por exemplo, como Age of Empires.
- **Emulação:** São jogos que permitem ao jogador reproduzir aspectos mais próximos à vida real dando liberdade a elementos de fantasia ou uma não fidelidade completa às leis da física, como alguns jogos de corrida como por exemplo Assaut 8 (para smartphones). Um jogo muito famoso e jogado no mundo todo que também se enquadra nesta categoria é The Sims que permite que o jogador crie personagens e viva suas experiências diárias como trabalhar, estudar, etc.
- **Simulação:** A simulação difere da emulação, segundo Sato e Cardoso (2008), por “reproduzir de maneira idêntica todas ou quase todas as características, reações, variáveis ou situações encontradas na realidade”. Jogos de corrida com uma proposta mais realista enquadram-se nessa categoria. O jogo utilizado neste trabalho, SBK16, tem como proposta ser um simulador,

buscando reproduzir ao máximo as características de uma corrida de motocicletas dentro de limitações impostas pelo hardware, software e orçamento.

- Quebra-cabeças (puzzles): São jogos caracterizados pela observação e pelo raciocínio lógico na solução de problemas. Um dos exemplos citados pelos autores é o jogo Echochrome.

Sato e Cardoso (2008) observam que a maior parte dos jogos que são produzidos atualmente podem ser considerados híbridos, uma vez que os desenvolvedores procuram unir diversas das características discutidas no mesmo jogo. Deste modo, eles tornam-se mais atrativos e conseqüentemente aumentam suas vendas, à medida que ampliam-se os simpatizantes de diferentes categorias. Ressalvam também que a classificação dos jogos apresentada não é definitiva e que tem por objetivo contribuir para que no futuro possa haver mais clareza do que é determinado de gênero ou categoria de um jogo.

2.2 Potencial dos jogos de entretenimento para o ensino de Física

Para o ensino de Física, os jogos de entretenimento apresentam um grande potencial. Diversos conceitos de Física estão frequentemente embutidos nestes jogos. Todos os jogos de esportes como FIFA ou PES (*Pro Evolution Soccer*) reproduzem com grande realismo a Física destes esportes (nos exemplos citados, futebol). Um exemplo de elemento deste tipo de jogo que poderia ser utilizado para o ensino de Física seria analisar um chute a gol. As dimensões dos campos de Futebol são padronizadas pela FIFA. Desta forma, determinar a posição do jogador bem como a distância até o gol pode ser feito. Uma questão que poderia ser estudada em sala de aula com os alunos seria: qual o módulo, direção e sentido da velocidade do chute para que a bola entre no gol no ângulo entre a trave superior e trave à esquerda do goleiro para uma determinada distância? Nos jogos de futebol existe a opção de jogar a partida em determinadas situações climáticas, como dia quente, tempo nublado, sob chuva e sob neve. Poderia ser feita uma análise sobre o efeito da água no gramado e

se o jogo simula como a baixa temperatura interfere no desempenho do jogador, fazendo um trabalho interdisciplinar com a área de biologia, por exemplo.

Dentro do Ensino de Física, não foram encontrados muitos trabalhos que utilizam jogos de entretenimento como instrumentos pedagógicos. Studart (2015), descreve resumidamente o trabalho feito por Aguiar (2013), que implementou o jogo *Angry Birds* para ensinar Gravitação, onde ele fazia um questionário com algumas perguntas sobre o jogo, como a descrição do diagrama de forças, as interações entre os pássaros e planetas e o vetor velocidade. Os resultados deste trabalho foram positivos, evidenciando a compreensão dos conceitos envolvidos. A avaliação foi feita durante as atividades do jogo. Riboldi (2015), utilizou o game *A slower speed of light*, produzido pelo MIT Game Lab para ensinar relatividade restrita no Ensino Médio dentro da perspectiva da teoria das unidades de Ensino Potencialmente Significativas proposta por Moreira (2011), abordando “a dilatação temporal, a contração do comprimento, a invariância da luz a simultaneidade de eventos relativísticos, o efeito holofote e o efeito Terrell”, também demonstrando que houve um aprendizado satisfatório acerca do que se quis ensinar.

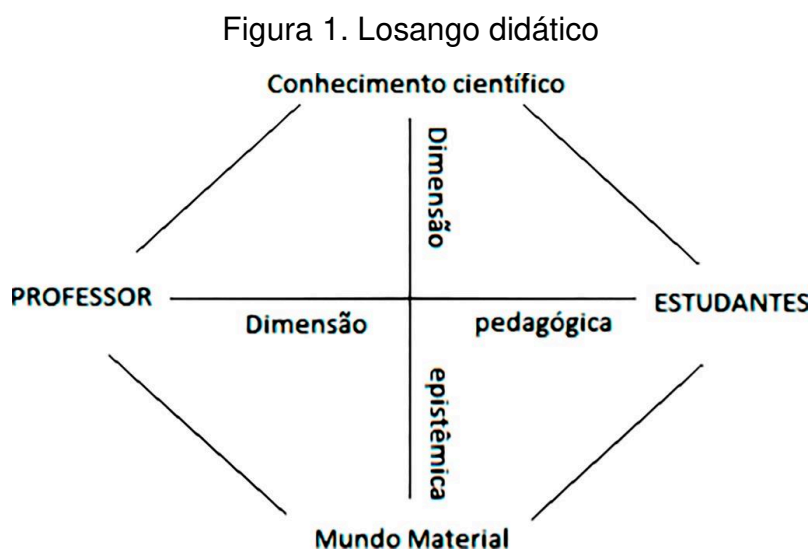
2.3 Sequência didática

Desde o final dos anos 70, pesquisadores vêm desenvolvendo vários tipos de atividades instrucionais inspiradas na pesquisa de abordagens que possam melhorar a compreensão dos alunos sobre o conhecimento científico. Essas abordagens envolvem a concepção e implementação não de currículos de longo prazo, mas de sequências de ensino de ciências orientadas em áreas específicas (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). Em 1988, Artigue sugeriu um quadro teórico para o desenvolvimento de sequências de ensino voltada para a educação matemática chamando a atenção para uma análise epistemológica a priori do tópico a ser ensinado (apud MÉHEUT; PSILLOS, 2004 p.516), uma abordagem que também é proveitosa para o ensino de Ciências.

Méheut e Psillos (2004) dizem que uma sequência de ensino-aprendizagem é “tanto uma atividade de pesquisa intervencionista e um produto, como uma unidade curricular tradicional, que inclui atividades de ensino-aprendizagem bem pesquisadas empiricamente adaptado ao raciocínio do aluno.” O termo sequência de ensino-

aprendizagem é amplamente utilizado para denotar a estreita ligação entre o ensino proposto e o que se espera que os alunos aprendam como uma característica distintiva de uma sequência orientada a tópicos inspirada em pesquisa (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

Uma das características de uma sequência de ensino-aprendizagem é sua inclusão em uma pesquisa gradual baseada no processo evolutivo, com o objetivo e entrelaçar o conhecimento científico e a perspectiva do estudante (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). Para ilustrar este conceito, as diversas considerações acerca de uma sequência didática foram organizadas usando um “losango didático”, como mostra a Figura 1.



Fonte: Adaptado de Méheut e Psillos (2004)

O eixo vertical representa a dimensão epistêmica (ou seja, como o conhecimento funciona em relação ao mundo material) e o eixo horizontal a dimensão pedagógica (isto é, as escolhas sobre as respectivas partes a serem tratadas pelo professor e pela turma). Ao longo do eixo epistêmico encontra-se suposições sobre métodos e validação do conhecimento científico que antecede a sequência didática. Ao longo do eixo pedagógico, estão o papel e os tipos de interação entre professor e aluno e perto do vértice dos alunos, interações entre os alunos. As concepções dos estudantes acerca de fenômenos físicos estariam ao longo do eixo estudantes – mundo material. As atitudes dos alunos em relação ao conhecimento científico estão ao longo do eixo conhecimento científico.

Segundo Driver e Oldham (1986), durante os anos 1970 e início dos anos 80, as abordagens de ensino estavam centradas no aluno, enfatizando em seus modos de raciocínio para resolver problemas com dados obtidos por ele no mundo material. Estas abordagens (as chamadas psico-cognitivas), poderiam estar situadas nas proximidades do lado estudante –mundo material. A atenção dada ao papel do professor é limitado e pouco desenvolvido. Ele teria o papel de estabelecer um clima favorável para as atividades dos estudantes, sendo estes os responsáveis pela formulação e resolução dos problemas.

Em uma abordagem inclinada em direção ao ponto de vista epistemológico, são discutidos o conteúdo a ser desenvolvido e não a relação entre alunos e professores. Nessa abordagem, segundo Méheut e Psillos (2004), espera-se que os alunos desenvolvam ou apropriem-se de novos conhecimentos resolvendo problemas que resolverão contradições e desenvolver modelos “tão simples e poderosos quanto possível”, a fim de explicar fenômenos de maneira unificadora.

Nas duas abordagens, psico-cognitiva e epistemológica, a escolha de experimentos e perguntas é baseado na análise preliminar dos conhecimentos dos alunos (MÉHEUT; PSILLOS 2004). Essa relação entre os conhecimentos prévios dos alunos e o conhecimento científico permite ao professor propor os passos da sequência de ensino-aprendizagem que facilitará ou que melhor contribuirá com a conceitualização real dos fenômenos. Para verificação da eficácia de uma estratégia de ensino, uma das abordagens que pode ser feita consiste em aplicar testes após realização da sequência didática, comparando os resultados com o de exames feitos antes de se aplicar a sequência (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

A construção de uma sequência de ensino-aprendizagem não é algo simples de se fazer, pois depende de um longo período de planejamento e vários fatores devem ser levados em consideração no projeto, como por exemplo o caso de restrições educacionais, que raramente são explicitamente gerenciadas ou mesmo relatadas (TIBERGHIEEN, 1996). Os processos e recursos que um professor utiliza pode variar de acordo com as suas próprias preferências ou também nos diferentes contextos, como disponibilidade de tempo e infraestrutura (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

Quanto ao conhecimento a ser ensinado, segundo Tiberghien (1996), quando nos referimos à análise física, ele pode ser apresentado a partir de uma teoria/modelo

da física, das relações já estabelecidas entre a teoria e um modelo ou a partir de experimentos. A iniciativa do desenvolvimento do conhecimento pode ser tomada tanto pelo professor quanto pelos alunos. Neste trabalho, a introdução da teoria e do modelo foi feita por iniciativa do professor para que os alunos construam relações entre teoria e modelo, levantando hipóteses e fazendo experimentações.

Segundo Tiberghien (1996), para fazer esta abordagem, a teoria/modelo deve ser “razoavelmente compreensível pelos alunos e deve ser suficientemente compatível em termos de integralidade e coerência com o campo experimental para permitir um processo de modelagem”. Ainda de acordo com Tiberghien (1996), este produto precisa ser validado e ele propõe dois tipos de validação: a viabilidade das situações de ensino em sala de aula e a eficácia da devolução. O primeiro está relacionado ao sistema educacional e suas restrições; o segundo está associado em investigar se a relação de ensino-aprendizagem foi produtiva.

2.4 Engenharia didática

A Engenharia Didática surgiu no transcorrer das discussões desenvolvidas no IREM (Instituto de Investigação do Ensino de Matemática), na França, ao final da década de 1960. Em seus primórdios, o IREM desenvolvia uma complementação na formação de professores de matemática e na produção de materiais de apoio para a sala de aula, destacando-se o desenvolvimento de jogos, brinquedos, problemas, exercícios e experimentos.

A noção de Engenharia Didática surgiu em 1982 com Yves Chevallard e Guy Brosseau e depois, em 1988 com Michèle Artigue (ALMOULOU; SILVA, 2012). Foi apresentada como uma metodologia de pesquisa capaz de fazer surgir fenômenos didáticos em condições mais próximas possíveis do funcionamento de uma sala de aula tradicional. Em 1988 Artigue compara o trabalho pedagógico ao trabalho de um engenheiro que se apoia em conhecimentos científicos, define variáveis, organiza um esquema experimental baseado nas realizações didáticas em sala de aula através de sequências de ensino e ao final faz uma análise dos resultados obtidos permitindo uma validação interna a partir da confrontação das análises a priori e a posteriori (apud ALMOULOU; SILVA, 2012 p.26). Uma pesquisa que seja feita de acordo com

princípios da Engenharia didática passa por quatro etapas: as análises prévias, análise a *priori*, experimentação e análise a *posteriori*.

2.4.1. Análises prévias

São considerações sobre o quadro teórico didático mais geral. Incluem ainda a análise epistemológica dos conteúdos visados, os obstáculos dos alunos que marcam sua evolução, as restrições existentes e os objetivos específicos da pesquisa. Portanto, nesta análise preliminar, como é explicado por Pommer (2013), é feita uma revisão teórica que se relaciona com as condições e contextos presentes em todas as fases da didática e no ambiente onde ocorrerá a pesquisa. Da mesma forma, também é necessário realizar uma análise geral dos assuntos dos conteúdos a serem trabalhados e dos efeitos por ele provocados.

De acordo com Artigue (1996), um ponto de apoio das análises prévias reside em um levantamento aprofundado das concepções dos alunos, nas suas dificuldades e dos erros tenazes, tendo a engenharia didática sido concebida para propiciar de maneira controlada uma evolução das concepções. Por consequência, segundo Pommer (2013), este levantamento permitirá a análise dos fatores que permitirão superar os problemas observados na aprendizagem conforme os objetivos da pesquisa.

2.4.2. Concepção e análise a *priori*

Após as análises prévias, o pesquisador pode orientar-se e define um determinado número de variáveis pertinentes à situação que pretende atuar, chamadas de variáveis de comando que podem ser macrodidáticas (relativas à organização global de engenharia) ou microdidáticas (relativas à organização local de engenharia e dependem do conteúdo didático para o qual o ensino se destina). Almouloud e Silva (2012), lista alguns pontos que devem ser considerados na análise a priori:

- i) Algumas escolhas devem ser feitas a nível local. Da mesma maneira, devem ser observadas as características da situação adidática desenvolvida³
- ii) Deve-se analisar o que o aluno poderia aprender com a metodologia, em função das possibilidades de ação, seleção, decisão, controle e validação que o aluno terá durante a experimentação.
- iii) Tentar prever alguns comportamentos esperados e tentar verificar se ocorreram por consequência do desenvolvimento visado pela atividade pedagógica.

2.4.3 Experimentação

Consiste na aplicação da sequência didática, objetivando verificar as ponderações levantadas na análise *a priori*. Assim, a experimentação, segundo Machado (2002), pressupõe:

- i) A explicitação dos objetivos e condições de realização da pesquisa e a população de alunos que participará da experimentação;
- ii) O estabelecimento do contrato didático⁴;
- iii) A aplicação dos instrumentos de pesquisa;
- iv) O registro das observações feitas durante a experimentação.

Segundo Brousseau (1996), no contrato didático é essencial a consciência da não-interferência direta de conhecimentos do professor, evitando que este dê dicas que facilitem as resoluções dos alunos para que eles assim possam enfrentar e resolver o problema (apud POMMER 2013, p.25).

De acordo com Machado (2002), em alguns casos é necessário obter dados durante a fase de experimentação, individuais ou em grupo. Estes dados permitem um melhor entendimento quanto ao comportamento dos sujeitos, bem como fazer correções nas atividades que serão executadas posteriormente.

³ A situação adidática é aquela em que o professor não apresenta as respostas das questões propostas imediatamente, para que o aluno possa validar os argumentos usados para sustentar as suas respostas (BROUSSEAU, 1996)

⁴ Segundo Gascón, Bosch e Chevallard (2001), o contrato didático é um conjunto de regras que estabelecem as obrigações do professor e dos alunos, quanto ao projeto de estudo de ambas as partes.

2.4.4 Análise *a posteriori* e validação

Consiste na fase em que será feita toda a análise dos dados colhidos durante a experimentação, como atividades desenvolvidas pelos alunos (relatórios, vídeos) e então a confrontação com a análise *a priori* para verificação de hipóteses formuladas naquela fase.

Para projetar e validar uma sequência didática, Artigue sugeriu três dimensões principais que devem ser consideradas ao realizar as análises *a priori*:

- i) Uma dimensão "epistemológica": analisando o conteúdo a ser ensinado, os problemas que eles respondem, sua gênese histórica;
- ii) Uma dimensão "psico-cognitiva": analisar as características cognitivas dos alunos;
- iii) Uma dimensão "didática": analisar o funcionamento do ensino na instituição.

Méheut e Psillos (2004) observam que esta estrutura baseia-se em um forte modelo de aprendizado através da solução de problemas. Assim, segundo este princípio, diz que as análises *a priori* são entrelaçadas para definir com precisão problemas que serão geridos pelos alunos e também antecipar a elaboração de conhecimentos pelos alunos através desses problemas. Desse modo, poderia-se comparar as hipóteses envolvidas na construção das situações de aprendizagem com o que foi observado.

Quanto à elaboração de problemas a serem tratados, Artigue sugere que são de responsabilidade do professor e que isto está fortemente ligada à análise de conteúdo e se concentra em análises *a priori* e pouco nos aspectos psicoafetivos e sociais dos processos de ensino-aprendizagem (apud MÉHEUT; PSILLOS 2004 p.527).

2.5 Sala de aula invertida

A sala de aula invertida foi desenvolvida por Jonatham Bergmann e Aron Sams, em 2007 com o objetivo de disponibilizar o conteúdo das aulas para alunos que faltavam às mesmas (BERGMANN; SAMS, 2012). Neste modelo, o aluno recebe do professor as instruções necessárias fora da sala de aula através de vídeos, textos ou

outras mídias e realiza atividades ativas no período da aula, sempre orientado e acompanhado pelo professor (DATIG; RUSNICK, 2013).

Um conceito mais detalhado é apresentado por Bergmann e Sams (2012). Segundo os autores, a sala de aula invertida não se trata em fazer o aluno estudar em casa, mas sim em otimizar o tempo em que ele está em sala de aula. Desta forma, o objetivo seria fazer com que o momento em que o aluno estivesse trabalhando individualmente, pondo em prática o que ele aprendeu na teoria fosse feito com a orientação e o mentoreamento do professor. Assim, ao invés do professor ministrar um conteúdo em sala e o aluno fazer a “lição de casa” para praticar o que aprendeu, ele teria o contato com o conteúdo em casa e na sala de aula o professor pode ministrar instrução específica aos alunos individualmente ou em pequenos grupos, ajudando aqueles que têm dificuldades e desafiando aqueles que dominam o conteúdo.

Não existe um modelo para se inverter uma classe, sendo necessário adaptar a sala de aula conforme a realidade. O professor continua sendo o principal responsável para conduzir os alunos no processo de aprendizagem, assim será aquele que irá avaliar o contexto da situação geral, como limitações tecnológicas e conhecimento prévio dos alunos para então construir um modelo de sala invertida que utilize uma abordagem de interação diferente daquela do ensino tradicional (WILSON, 2013).

Dentre os aspectos desafiadores da estratégia estão a necessidade de um tempo maior para preparação da aula, a resistência dos alunos ao método (tendo como consequência o fato de que eles não estudem o material enviado), a disponibilização dos materiais, sendo preciso verificar as condições que o aluno tem para acessar este material (WILSON, 2013).

2.6 Conceitos de Física pertinentes ao trabalho

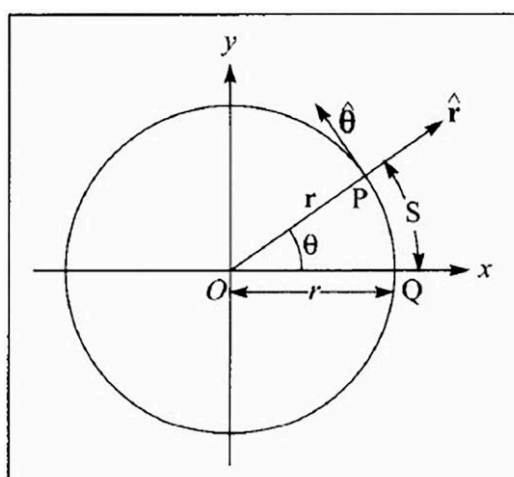
Nesta seção serão apresentados os conceitos de Física que serão trabalhados com os alunos no produto educacional. O modelo proposto é o movimento de uma partícula, desprezando as dimensões dos corpos.

2.6.1 Movimento Circular Uniforme

Movimento Circular Uniforme (MCU) é o movimento em que a trajetória é um círculo e o módulo da velocidade instantânea é constante, de modo que a partícula descreve arcos de círculos iguais em tempos iguais. Portanto é um movimento periódico, em que o período corresponde ao tempo levado para descrever uma volta completa.

Seja r o raio da trajetória circular, a posição instantânea P da partícula fica definida pelo ângulo θ entre o vetor posição $\mathbf{r} = \mathbf{OP}$ e o eixo Ox , com origem no centro do sistema cartesiano, sendo θ positivo no sentido anti-horário (Figura 2).

Figura 2. Movimento Circular



Fonte: (Nussenzveig, 2012)

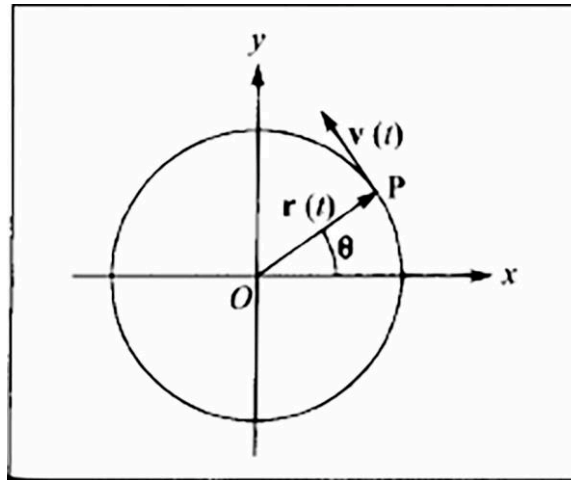
O arco s é dado por

$$s = r\theta \quad (\text{Eq. 1})$$

com θ em radianos. Seja \hat{r} , o versor na direção de \mathbf{r} , que aponta radialmente para fora, e $\hat{\theta}$, o versor tangente ao círculo em P, orientado no sentido de θ crescente. As direções de \hat{r} e $\hat{\theta}$ variam com a posição P ocupada pela partícula ao longo do círculo.

Seja $s = s_0 + v(t - t_0)$ onde s_0 é o valor do arco no instante inicial t_0 e v é a velocidade linear com que o arco s é descrito. Quando $\Delta t \rightarrow 0$, $|\Delta \mathbf{r}|$ se confunde com Δs (corda e arco se confundem) e $|v|$ dá o módulo da velocidade instantânea $v(t)$, que é tangente ao círculo em P (Figura 3).

Figura 3. Velocidade instantânea



Fonte: Nussenzveig (2012)

A velocidade instantânea $v(t)$ é dada por

$$v = v\hat{\theta} \quad (\text{Eq.2})$$

Temos ainda que

$$v = \frac{ds}{dt}. \quad (\text{Eq.3})$$

O período T do movimento é o tempo para dar uma volta completa, ou seja,

$$T = \frac{2\pi r}{|v|} \quad (\text{Eq.4})$$

Chama-se frequência f o inverso do período:

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{Eq.5})$$

Pode-se utilizar (Eq.1) para exprimir a lei horária em termos do ângulo θ em função do tempo:

$$\theta = \theta_0 + \omega(t - t_0) \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (\text{Eq.7})$$

E ω é chamada de velocidade angular. Temos ainda que

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{Eq.8})$$

e as equações (Eq.4) e (Eq.7), mostram que

$$|\omega| = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (\text{Eq.9})$$

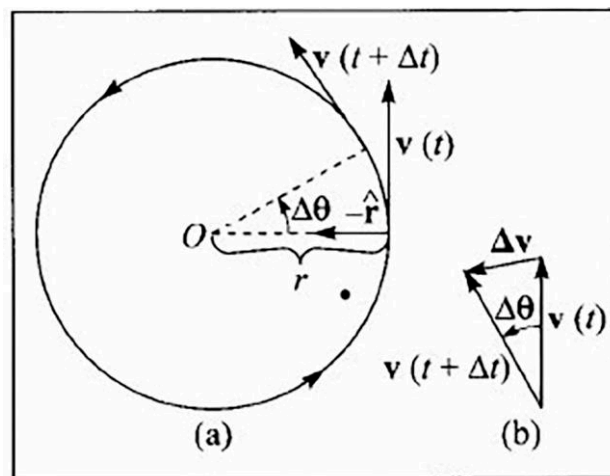
e pelas equações (Eq.2) e (Eq.7) temos

$$\mathbf{v} = \omega r \hat{\theta} \quad (\text{Eq.10})$$

que mostra que a velocidade linear cresce linearmente com a distância ao centro para uma mesma velocidade angular, sendo nula no centro e máxima na região mais afastada.

Embora no movimento circular uniforme o módulo da velocidade seja constante, a direção de \mathbf{v} varia ponto a ponto. A figura 4(a) mostra $\mathbf{r}(t)$ e $\mathbf{r}(t + \Delta t)$. A velocidade é sempre tangente à trajetória e tem módulo constante. Seja θ o ângulo formado entre $\mathbf{r}(t)$ e $\mathbf{r}(t + \Delta t)$. Como a velocidade é sempre tangente à trajetória e ao raio, o ângulo entre $\mathbf{v}(t)$ e $\mathbf{v}(t + \Delta t)$ também é θ (b).

Figura 4. Vetores velocidade e posição no movimento circular



Fonte: Nussenzveig (2012)

Por semelhança de triângulos, temos que

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta v}{v}$$

$$\Delta v = \frac{v}{r} \Delta r$$

Dividindo por Δt :

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \Delta r}{r \Delta t}$$

Tomando o limite quando $\Delta t \rightarrow 0$,

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{r} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v}{r} \frac{dr}{dt}$$

$$a = \frac{v}{r} v$$

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (\text{Eq. 11})$$

que é chamada aceleração centrípeta (porque aponta para o centro do círculo). A equação (eq.11) também pode ser escrita em termos da velocidade angular

$$a = \omega^2 r \quad (\text{Eq. 12})$$

Pode-se ainda definir o vetor \vec{a} . Seja \hat{r} o versor que define a direção e o sentido do vetor \mathbf{r} e aponta para fora da circunferência, o vetor \mathbf{r} é definido como $\mathbf{r} = r\hat{r}$. O vetor \mathbf{a} , como mencionado anteriormente, aponta para dentro da circunferência. Assim é possível reescrever a aceleração centrípeta como

$$\mathbf{a} = -\frac{v^2}{r} \hat{r} \quad (\text{Eq. 13})$$

2.6.2 Força centrípeta

Qualquer movimento acelerado só pode ser mantido pela ação de uma força. Pela 2ª Lei de Newton

$$\mathbf{F}_R = m \cdot \mathbf{a}$$

desta forma

$$\mathbf{F}_R = -\frac{mv^2}{r}\hat{\mathbf{r}} \quad (\text{Eq. 14})$$

O módulo da força centrípeta no carro é

$$F = \frac{mv^2}{r} \quad (\text{Eq. 15})$$

2.6.3 Velocidade máxima em uma curva

Consideremos um sistema em que uma partícula descreve um movimento circular onde sejam desprezadas as forças resistivas, onde a resultante centrípeta é a própria força de atrito (F_{AT}). Para uma pista horizontal, temos que:

$$F_{AT} = \mu \cdot m \cdot g \quad (\text{Eq. 16})$$

Destas formas, em módulo temos:

$$\mu \cdot m \cdot g = \frac{mv^2}{r}$$

desta forma,

$$v = \sqrt{\mu \cdot g \cdot r} \quad (\text{Eq.17})$$

o que dá a velocidade ideal v em que a curva deve ser descrita. Se o carro fizer uma curva com velocidade maior que a dada pela equação (Eq.17), ele irá derrapar na direção radial tangente à estrada.

3. Desenvolvimento do produto

A motivação para desenvolver este trabalho surgiu do interesse pelos jogos eletrônicos de entretenimento e de que maneira eles poderiam ser utilizados para ensinar Física. Como já mencionado, o jogo é o elemento principal do produto educacional, sendo que o primeiro passo para sua utilização foi definir quais as características gerais que um jogo de entretenimento deveria ter para que pudesse ser utilizado como uma ferramenta de ensino.

3.1 Escolha do jogo e sua preparação para aplicar em aula

Uma vez que o objetivo é ensinar Física, é razoável considerar que o jogo apresentasse um nível de realismo pelo menos satisfatório, de tal forma que fosse possível estabelecer um modelo que pudesse ser aplicado em um produto didático. Neste ponto, foi necessário escolher uma área da Física ao menos de maneira mais abrangente, para que assim a pesquisa fosse direcionada para um gênero de jogo de entretenimento mais específico, para que fossem então pontuadas as informações e características que o jogo deveria apresentar para que fosse utilizado.

Dentre os gêneros e categorias de jogos, as simulações de corridas automobilísticas pareceram serem promissoras. Nestes jogos os conceitos de Física normalmente apresentam informações como a velocidade instantânea, o tempo de volta e a distância percorrida pelos veículos. Pensando em jogos de corrida, foi estabelecido que a grande área de estudo da Física que se buscava modelar seria a Mecânica, mais especificamente do Movimento Circular Uniforme. Foi escolhido este assunto pensando-se em explorar ao máximo as informações que um jogo de corrida poderia fornecer, inclusive uma análise vetorial das grandezas físicas envolvidas.

Além de escolher um jogo de corrida, houve ainda a necessidade de se especificar a plataforma (computador, console, arcade, dispositivo móvel) do jogo. Optou-se pela pesquisa de jogos para dispositivos móveis, devido ao fato desses dispositivos estarem amplamente disseminados entre a população brasileira⁵, não

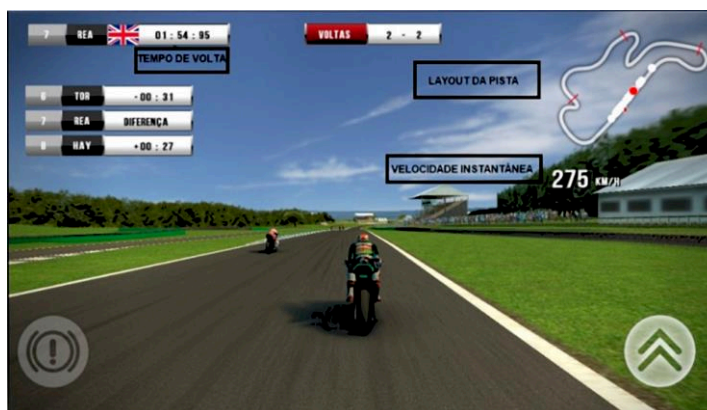
⁵ Em 2017, 93,2% das residências brasileiras possuem ao menos um aparelho celular, segundo o PNAD de 2017. Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101631_informativo.pdf. Acessado em 25/06/2019.

sendo necessário desenvolver ou construir uma estrutura específica para que o produto didático fosse aplicado. Outra característica que se buscou foi encontrar um jogo cuja aquisição fosse financeiramente acessível ou que tivesse uma licença gratuita, tendo em vista sua utilização dentro de instituições de ensino público.

Desta forma, para realizar este trabalho, voltou-se a atenção para os jogos de *smartphones*, aparelhos presente no dia-a-dia de quase a totalidade dos alunos e que possuem diversos jogos gratuitos que poderiam ser utilizados neste trabalho. Entretanto, vários dos jogos para *smartphones* com licenças gratuitas pesquisados não apresentavam um realismo físico aceitável que pudesse ser modelado ou não era possível obter dados satisfatórios para a construção da sequência didática. Após um tempo de pesquisa, foi descoberto o jogo SBK16©, um jogo para *smartphones* que simula o campeonato de corridas de motocicletas superbike do ano de 2016, sendo possível fazer uma modelagem satisfatória da cinemática vetorial e da dinâmica da motocicleta. A série de jogos SBK iniciou em 2014, lançando jogos todos os anos. A versão de 2016 foi escolhida por ser um jogo que exige pouco espaço de armazenamento, além de pouca memória dos *softwares* do *smartphone*. A versão do jogo de 2014 foi cogitada para ser utilizada, entretanto, durante a pesquisa, ela deixou de ser disponibilizada para download na *Apple Store* e *Google Store*.

Dentre os jogos pesquisados, o SBK16© foi escolhido por fornecer informações necessárias para uma análise de dados dentro do que foi proposto. Além destas informações, o jogo fornece também a distância total do circuito e o *layout* da pista, dado fundamental para conseguir os raios de curvatura (Figura 5).

Figura 5. Corrida no jogo SBK 16



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Como mencionado anteriormente, o jogo SBK16© também fornece informação acerca da distância total da pista (Figura 6).

Figura 6. Informações da pista de Phillip Island



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Não se conseguiu determinar os raios das curvas dentro do jogo. Mesmo tomando os dados da pista original não é possível afirmar que o jogo tenha sido modelado com os dados reais das curvas ou se foram utilizados dados aproximados. Uma tentativa feita foi entrar em contato com a desenvolvedora do jogo, mas os dados não foram fornecidos. Como o objetivo é fazer uma discussão mais qualitativa acerca do movimento circular e da relação entre os raios de curvatura e a velocidade máxima, não houve um rigor na coleta destas informações e assim buscou-se no site oficial do circuito de Phillip Island o mapa do circuito, como mostra a Figura 7.

Figura 7. Mapa do circuito de Phillip Island



Fonte: website do circuito de Phillip Island⁶

⁶ Disponível em: <https://www.phillipislandcircuit.com.au/more/circuit-map>

Imprimindo a imagem cuja escala é 1:75, utilizou-se um compasso simples para medir e obter valores aproximados dos raios das curvas. A pista tem uma largura média de aproximadamente 10 metros (valores medidos no mapa). Desta forma, obteve-se os dados como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Raios das curvas na pista de Phillip Island

Curva	Raio interno (metros)	Raio externo (metros)
1	309	319
2	103	113
3	450	460
4	47	57
5	488	498
6	94	104
7	206	216
8	375	385
9	216	226
10	33	43
11	131	141
12	253	263

Fonte: o autor

Uma vez que verificou-se ser possível levantar informações acerca das características das curvas, buscou-se investigar o nível de realismo presente no jogo e desenvolver um modelo para ser trabalhado. Para isso, utilizando os dados dos raios das curvas foram calculados os valores aproximados das velocidades máximas teóricas para cada uma delas utilizando a equação (eq. 26), utilizando o coeficiente de atrito $\mu = 0,8$ que é o valor típico para pneus e pista seca, como apresentado por Cossalter (2006). A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2. Velocidades máximas nas curvas

Curva	Raio interno r em metros	$V_{m\acute{a}x}(r)$ em km/h	Raio externo R em metros	$v_{m\acute{a}x}(R)$ em km/h
1	309	177	319	180
2	103	102	113	107
3	450	214	460	216
4	47	69	57	76
5	488	223	498	225
6	94	98	104	103
7	206	145	216	148
8	375	195	385	198
9	216	148	226	151
10	33	58	43	66
11	131	116	141	120
12	253	160	263	164

Fonte: o autor

Como não houve um rigor quanto aos dados, utilizando as informações dos raios das curvas montou-se uma tabela com as velocidades máximas teóricas em cada curva. Em seguida, dentro do jogo foram feitos testes para verificar se as velocidades máximas nas curvas no jogo estavam próximas àquelas estimadas. Retornou-se ao jogo buscando fazer as curvas dentro dos traçados dos raios internos inicialmente com velocidades superiores às calculadas, para verificar se haveria derrapagem e espalhamento da motocicleta. O procedimento foi repetido diminuindo as velocidades de entrada. Os resultados mostraram que as velocidades máximas calculadas são satisfatoriamente próximas àquelas observadas no jogo, indicando que um modelo simples, considerando a motocicleta uma partícula sob ação exclusiva da força de atrito pode ser utilizado didaticamente através do jogo.

3.3 Preparação da sequência didática baseada na Engenharia Didática

Como mencionado anteriormente, apenas jogar não irá contribuir para a aprendizagem, sendo imprescindível um planejamento onde seja aplicada uma metodologia que tenha objetivos claros a serem atingidos. Para utilizar o jogo pedagogicamente, foi construída uma sequência utilizando elementos da Engenharia Didática, que como já explicitado, é construída em quatro etapas: análises prévias, análises a priori, experimentação e análise a posteriori.

Na fase de análises prévias, primeiramente é importante que sejam averiguadas a situação educacional como um todo. A sequência didática desenvolvida foi planejada partindo da realidade do ensino público Catarinense, no qual o professor de Física dispõe de duas aulas de 45 minutos por semana. Assim, para aplicar uma sequência didática de 8 aulas durante o horário regular de aula, seria necessário um mês dentro de um trimestre.

Planejando a partir da perspectiva geral da educação estadual, foca-se nas características da instituição de ensino em que a sequência será aplicada. O primeiro passo foi verificar se o projeto político-pedagógico (PPP) possui restrições quanto a metodologias e práticas educacionais diferenciadas. É uma análise importante, pois algumas instituições possuem cronogramas e prazos bem estabelecidos utilizando estratégias que buscam atingir um resultado específico, como por exemplo, preparar o aluno para concursos e vestibulares. Também no PPP pode-se verificar se é permitido ao aluno o uso de aparelhos celulares dentro da escola. Outra análise prévia importante é levantar quantos alunos possuem smartphones capazes de processar o software do jogo.

Uma vez analisadas questões relacionadas à estrutura da escola, é necessário fazer um levantamento quanto ao número de alunos que possuem *smartphones* capazes de armazenar e processar o aplicativo do jogo e assim planejar a organização dos grupos de trabalho, de modo a maximizar o acesso ao jogo pelos estudantes.

Na fase de análise a priori é preciso observar situações adidáticas da sala, como por exemplo, o relacionamento interpessoal dos alunos e questões socioeconômicas dos indivíduos. Nesta fase também é importante definir as variáveis da Engenharia Didática. Utilizar smartphones e separar os alunos em grupos de quatro alunos podem ser consideradas variáveis macrodidáticas da sequência, por

estarem relacionadas à organização global a partir das informações levantadas durante as análises prévias.

Ainda na fase de análises a priori, é preciso fazer um levantamento acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto. Para levantar estes dados, foi organizado um questionário com perguntas relacionadas com a aderência dos pneus e o comportamento da motocicleta nas curvas. Após a aplicação da sequência, o questionário é reaplicado para que seja analisada a evolução do entendimento do assunto. Foram propostas as seguintes perguntas:

- i) O que mantém a moto dentro do traçado ao fazer uma curva?
- ii) O que acontece se o piloto iniciar a frenagem da moto muito perto da curva?
- iii) O que acontece se o piloto frear demais durante muito tempo?
- iv) Ao fazer uma curva, qual o melhor traçado (caminho) para que o tempo de volta seja otimizado?
- v) Que fatores podem ser responsáveis por impedir a moto de fazer uma curva perfeitamente?

Ainda dentro do contexto da análise a priori, é preciso definir algumas variáveis microdidáticas. A princípio, três variáveis podem ser definidas: o nível de dificuldade do jogo (fácil, médio e difícil), o piloto que será escolhido como avatar (são 24 pilotos) e a assistência de frenagem (frenagem automática, aviso para frear e frenagem automática desligada). Durante a fase em que se estava testando o jogo, houve indícios de que apenas as alterações nas assistências de pilotagem influenciaram na jogabilidade (uma característica do jogo utilizado). Essa modificação contribuirá para que o jogador experiente consiga reduzir o tempo de volta uma vez que ele terá mais liberdade para seguir um traçado mais correto ao fazer a curva enquanto que os jogadores menos habilidosos diminuem seus tempos por não ser necessário acionar os freios.

Após serem feitas as análises prévias e a priori, dá-se início a fase da experimentação. Nesta fase, os alunos têm como situação problema investigar como completar o circuito em tempos menores. Os grupos devem ser organizados de modo a minimizar o número de alunos sem o jogo por grupo.

3.4 Execução da sequência didática

Cada aluno é orientado a, na tela do jogo, selecionar “corrida rápida” e dentre as pistas disponíveis, *selecionar Phillip Island (Austrália)* para jogar (Figura 8)

Figura 8. Tela de seleção do piloto e da pista



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Inicialmente, os alunos devem jogar no nível fácil, com o piloto Rea Jonathan. Essas são as configurações iniciais das variáveis microdidáticas. Em seguida orientar-se os alunos para que acessem “Assistências de pilotagem” na tela inicial do jogo (Figura 9).

Figura 9. Configurações do jogo



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Ao tocar no botão de configurações será aberto o menu de opções. Selecionar assistências de pilotagem (Figura 10):

Figura 10. Assistências de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Ao selecionar o menu de assistências de pilotagem, deve-se configurar as assistências como mostrado na figura 11.

Figura 11. Ajustes das assistências de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Configurando o jogo desta maneira, durante a corrida a motocicleta irá automaticamente acionar o freio, as curvas serão indicadas e haverá inclinação do

horizonte quando o piloto é inclinado. Esta inclinação do horizonte não é equivalente à inclinação da pista. Será apenas trabalhado com o modelo de pista horizontal.

Feitos esses ajustes, agora parte-se para a fase da experimentação. O jogo simula uma corrida rápida, assim o entretenimento inicial do jogador deve ser o de tentar ocupar as primeiras colocações ao final da corrida. É interessante para o aprendizado do aluno entender como deve executar a pilotagem em uma pista com várias motos (Figura 12).

Figura 12. Corrida em Phillip Island



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

É importante que o máximo de alunos jogue. Caso sejam identificados alunos que não têm acesso ao jogo (por não possuírem celular ou por ter um que não apresenta as especificações necessárias para o jogo), é importante dar prioridade para que estes utilizem o espaço da aula para jogarem.

Para um reforço dos conceitos anteriores e para uma atividade em grupo mais integrada, pode ser organizada uma competição entre os grupos em que os melhores tempos de cada integrante sejam tomados e então fazer a média aritmética dos tempos do grupo. Utilizando a informação do comprimento total da pista (4445m), também é possível calcular a velocidade média de cada grupo.

Para auxiliar os grupos, foi preparado um tutorial de revisão sobre como proceder nas conversões de unidade dos dados colhidos.

O tempo de volta pode ser coletado de várias formas diferentes, como por exemplo ao completar uma volta, onde o tempo aparece no canto superior esquerdo, como mostra a figura 13.

Figura 13. Tempo após uma volta

SBK 16		MELHOR VOLTA		
1	1	J. REA	KAWASAKI ZX-10R	01:40:83
2	2	L. CAMIER	MV AGUSTA F4	+00:47
3	60	M. VAN DER MARK	HONDA CBR1000RR SP	+02:27
4	66	T. SYKES	KAWASAKI ZX-10R	+05:18
5	50	S. GUINTOLI	YAMAHA YZF R1	+06:28
6	69	N. HAYDEN	HONDA CBR1000RR SP	+07:03
7	34	D. GIUGLIANO	DUCATI PANIGALE R	+07:54
8	22	A. LOWES	YAMAHA YZF R1	+07:84
9	16	J. HOOK	KAWASAKI ZX-10R	+09:00

Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

O tempo da melhor volta também pode ser obtido no final da corrida, como mostra a figura 14.

Figura 14. Classificação ao final da corrida

SBK 16		CLASSIFICAÇÃO - CORRIDA		
1	66	T. SYKES	KAWASAKI ZX-10R	03:27:05
2	7	C. DAVIES	DUCATI PANIGALE R	+06:42
3	69	N. HAYDEN	HONDA CBR1000RR SP	+07:96
4	1	J. REA	KAWASAKI ZX-10R	+08:30
5	15	A. DE ANGELIS	APRILIA RSV4 RF	+11:00
6	81	J. TORRES	BMW S1000 RR	+11:05
7	10	L. TOTH	YAMAHA YZF R1	+12:95
8	16	J. HOOK	KAWASAKI ZX-10R	+14:57
9	12	X. FORES	DUCATI PANIGALE R	+16:08

Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Caso o aluno não vença a corrida, o tempo em que ele completou a última volta aparecerá na tela final como a diferença em relação ao primeiro colocado, mostra a

figura 15. É importante fazer esta observação ao grande grupo, para auxiliar aqueles que possam ter maiores dificuldades. Com o tempo de volta pode-se calcular a velocidade média.

Figura 15. Tempo quando o jogador não vence a corrida



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Em seguida, são feitas alterações nas variáveis microdidáticas para então comparar os resultados com os obtidos com as configurações anteriores. Alteram-se a assistência de frenagem, o piloto e o nível de dificuldade. Como mencionado anteriormente, não foi observada uma mudança na jogabilidade ao trocar de piloto, enquanto que a alteração da frenagem automática modifica o modo como se deve jogar. A dificuldade do jogo aumentará o nível da inteligência artificial, o que também não altera a jogabilidade. A ausência da assistência de frenagem deve causar uma maior dificuldade dos alunos em controlar a motocicleta, aumentando os tempos de volta e as velocidades médias. As acelerações tendem a apresentar poucas variações. O que se espera é que a partir desse ponto o aluno comece a associar a necessidade da diminuição da velocidade para fazer a curva e que para isso é necessário frear a uma determinada distância, para desacelerar o suficiente. Essa associação pode ser instintiva para ele de alguma maneira, embora ainda não com a clareza que se deseja.

É importante observar que caso o aluno domine o jogo ele obterá tempos menores nessas configurações, uma vez que a frenagem automática torna mais difícil

utilizar uma trajetória retilínea, enquanto que sem ela, o jogador pode executar a curva dentro do melhor traçado sem nem mesmo utilizar os freios em algumas curvas, passando por elas com velocidades maiores. Para alterar a assistência de frenagem, retorna-se ao menu “assistências de pilotagem” e altera-se “assistência de frenagem” para “atenção” (Figura 16) e em seguida jogar com as novas configurações, registrando os tempos de volta.

Figura 16. Alteração da assistência de frenagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Após esta etapa, pode-se reaplicar o questionário inicial para que eles possam discutir e responder baseando-se em observações feitas no jogo. Eles podem voltar ao jogo para verificar algum fenômeno descrito no questionário não observado por eles anteriormente.

A princípio, as atividades da sequência didática descritas foram elaboradas para que pudessem ser concluídas em duas aulas de 45 minutos. Dependendo da idiosincrasia da turma, podem ser necessárias três ou mais aulas.

Como citado anteriormente, segundo Brousseau (1996), o professor não deve interferir de maneira direta, evitando indicar caminhos que facilitem as resoluções dos alunos para que eles assim possam enfrentar o problema e encontrar solução. Desta forma, ao invés de ministrar aulas expositivas sobre o Movimento Circular Uniforme, utiliza-se a metodologia da sala de aula invertida, utilizando vídeos e artigos com aulas

da *Khan Academy*⁷ que abordam esse assunto. Desta maneira, as aulas seguintes em sala de aula serão para que os alunos tentem utilizar o conhecimento adquirido através da sala invertida para compreenderem o movimento da motocicleta e como proceder para realizar curvas melhores, diminuindo o tempo de volta. Ao realizar a etapa das análises a priori, verificando a estrutura da escola, pode-se decidir de que maneira os artigos e vídeos serão disponibilizados para os alunos, seja através de link ou disponibilizá-lo *off-line*. Os materiais selecionados foram:

1) Velocidade constante em uma trajetória curvilínea⁸

Parte considerável dos alunos tem dificuldade para compreender o caráter vetorial da velocidade. O vídeo dá um enfoque na questão mostrando que um carro descrevendo uma curva está acelerando mesmo se o velocímetro marca uma velocidade constante. É o primeiro conceito importante para compreender o movimento circular uniforme.

2) Intuição de força e aceleração centrípeta⁹

O objetivo do vídeo é o de levar o aluno a entender que sem a ação de uma força, um corpo não poderia descrever uma trajetória circular e uniforme e que esta força sempre aponta para o centro do raio de curvatura. Além disso, o vídeo traz três exemplos de situações de movimento circular uniforme, sendo que em cada um deles a resultante centrípeta é uma força diferente (tração, força gravitacional e atrito). Há um erro de conceito comum que é o de que a força centrípeta tem sempre a mesma natureza.

⁷ A plataforma educacional Khan Academy é um ambiente virtual de ensino e aprendizagem onde o aluno exerce o protagonismo com relação aos seus avanços de aprendizagem. *Website*: <https://pt.khanacademy.org/>

⁸ Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/race-cars-with-constant-speed-around-curve>

⁹ Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/centripetal-force-and-acceleration-intuition>

3) O que é aceleração centrípeta¹⁰

O artigo é um material didático com explicações detalhadas acerca da aceleração centrípeta. Os exercícios apresentados no artigo podem ser discutidos em sala para uma melhor compreensão do assunto.

4) Otimização de curvas¹¹

O vídeo traz uma explicação de como traçar corretamente uma curva, aumentando o raio de curvatura. É um vídeo importante para que o aluno ao jogar novamente possa aplicar esse conhecimento e melhorar o tempo de volta.

5) O que é uma Força Centrípeta¹²

É um artigo semelhante àquele que explica a aceleração centrípeta. Da mesma maneira, os exercícios apresentados podem ser discutidos em sala para uma fixação do conteúdo.

Uma vez que os estudantes entendam os elementos da Física envolvidos, eles podem calcular as velocidades limites para cada curva através dos raios das curvas. Além disso, caso ele compreenda qual é a melhor trajetória e consiga reproduzir esse conhecimento no jogo, seus tempos de volta irão melhorar.

Desta maneira, aplica-se novamente o questionário esperando que as respostas dadas tenham um maior embasamento científico do que antes, mostrando que houve uma evolução do conhecimento.

¹⁰ Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/a/what-is-centripetal-acceleration>

¹¹ Disponível em <https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/jrhildebrand-turning>

¹² Disponível em; <https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-forces/a/what-is-centripetal-force>

4. Aplicação do produto didático

O produto didático foi aplicado duas vezes: em novembro de 2018 em abril de 2019. Foi necessário reaplicar o produto uma vez que foram observadas falhas na aplicação e na própria sequência didática. Estas falhas foram sendo ajustadas para que então o produto pudesse ser reaplicado.

Entre os dias 1 a 20 de novembro de 2018 a sequência didática foi aplicada em uma turma da 1ª série do Ensino Médio com 23 alunos, na Escola de Ensino Médio Victor Meirelles, localizado em Itajaí SC. Nas análises prévias foi levantado que a instituição não possui internet disponível para os alunos bem como não conta com laboratório de informática ativo. O PPP da escola não proíbe o uso de aparelhos celulares para fins didáticos, o que viabilizou a aplicação da sequência. O produto foi aplicado durante as aulas regulares de Física no turno matutino.

No final do mês de outubro os alunos foram avisados sobre a sequência didática, que seria avaliada como uma nota para o quarto bimestre na disciplina de Física. Foi solicitado que o jogo fosse baixado e instalado nos *smartphones* e que os trouxessem para a aula a partir do dia 1 de novembro. O produto foi aplicado nesta data pois o Movimento Circular Uniforme é um conteúdo que é trabalhado no 1º ano do Ensino Médio no contexto das Leis de Newton, geralmente no terceiro ou quarto bimestre de acordo com o planejamento escolar.

No primeiro dia estavam presentes 19 alunos que foram divididos em quatro grupos com quatro alunos e um grupo com três, sendo estes grupos organizados distribuindo entre eles os alunos que não haviam baixado o jogo no *smartphone*. Alguns dos alunos que baixaram o jogo já haviam jogado em casa, apresentando certo domínio dos controles. O questionário com as perguntas acerca do movimento circular uniforme foi apresentado aos grupos para que respondessem. Ao mesmo tempo foi orientado que conforme fossem respondendo ao questionário e configurassem o jogo como já especificado: utilizar o piloto Rea Jonathan, na pista de *Phillip Island*, no nível fácil e com assistência de pilotagem. Com o jogo configurado passaram a jogar, a registrar os tempos de volta e a calcular a velocidade média por volta e por corrida.

Foi observado que os alunos tiveram dificuldades em localizar o tempo de volta, sendo necessário jogar mais vezes. Também tiveram dificuldades para fazer a conversão do tempo expresso em minutos e segundos para segundos. Quatro grupos

tiveram dúvidas sobre como calcular a velocidade média. Foram necessárias várias intervenções do professor nos grupos para ajuda-los a trabalhar com os dados corretos. Houve interrupção da aula para avisos da direção escolar. Este fato somado à dificuldade em lidar com os dados fez com que não fosse possível preencher os dados na tabela bem como não responder ao questionário em duas aulas. Foi verificado que alguns alunos tinham dificuldades pessoais de convivência, o que dificultou o trabalho em grupo. As características da turma foram alteradas ao longo do ano letivo devido à transferência de alguns alunos para outras turmas e/ou escolas.

No segundo dia de aula, ainda houve dificuldades ao lidar com operações básicas de matemática. As conversões de unidade de medida ainda eram um problema, sendo necessário mais uma vez que o professor fizesse intervenções. Com mais duas aulas, grande parte dos alunos não conseguiram finalizar os levantamentos dos tempos, velocidades médias e acelerações.

Um dos grupos entregou o questionário e a tabela de tempos e velocidades. Este grupo também fez as modificações nas variáveis microdidáticas e conseguiu registrar corretamente os tempos de volta e velocidade média.

Vários alunos ausentes no primeiro dia estiveram presentes, mas não se integraram aos grupos, enquanto que alguns presentes no primeiro dia não estiveram no segundo. Alguns alunos chegaram atrasados e a partir desse momento optou-se por não continuar a aplicação da sequência, pois houve mudanças no calendário escolar, não havendo portanto, tempo hábil para finalizar a atividade.

A segunda aplicação do produto foi realizada entre os dias 01 e 30 de abril na Escola de Educação Básica Professora Olívia Bastos, localizada em Tijucas SC. A instituição também não disponibiliza rede de internet sem fio para os alunos bem como não conta com laboratório de informática ativo. Da mesma forma que a EEM Victor Meirelles, o PPP não proíbe o uso de aparelhos celulares para atividade pedagógica. A EEB Professora Olívia Bastos atende estudantes desde o primário até o terceiro ano do Ensino Médio. São turmas relativamente pequenas, com uma média de 25 alunos por sala.

No mês de abril, as turmas do 1º ano do Ensino Médio estão aprendendo as noções básicas de unidades de medida, critérios de arredondamento e notação científica e iniciando Cinemática Escalar. Observando as dificuldades encontradas pelos alunos na aplicação anterior, inicialmente optou-se por trabalhar com as turmas

do segundo ano, que não estudaram o movimento circular no primeiro ano. A turma era pequena (18 alunos) e tinha um bom relacionamento interpessoal, resolvendo um dos problemas encontrados anteriormente. Entretanto a grande maioria dos alunos da turma não dispunham de aparelhos celulares capazes de processar ou armazenar o aplicativo do jogo, tornando a aplicação da sequência inviável.

Uma vez que aplicar a sequência para o segundo ano tornou-se inviável, estudou-se a possibilidade de aplicar a sequência com o terceiro ano. A turma apresenta as mesmas características do segundo ano, sendo uma turma ainda menor (16 alunos), e todos os alunos conseguiram baixar e processar o aplicativo do jogo.

No dia 01 de abril iniciou-se a aplicação do produto educacional, também no turno matutino durante o horário regular das aulas de Física. Foram formados quatro grupos e feitas as mesmas configurações de pilotagem descritas na primeira aplicação. Solicitou-se então os tempos de volta e a velocidade média em cada volta. Também para uma revisão de conceito, foi solicitado que calculassem a aceleração escalar média durante os três primeiros segundos na hora da arrancada. Os alunos tiveram um pouco menos de dificuldades para trabalhar com os dados, sendo que não foi necessário ao professor realizar intervenções. Aqueles alunos que tinham mais facilidade ajudavam os integrantes dos demais grupos, o que não aconteceu na primeira aplicação. No final do primeiro dia um grupo entregou o questionário e a tabela com os dados completa.

No começo da aula do dia 2 de abril os demais grupos entregaram a tabela preenchida e o questionário. Nesta aula foram feitas as mudanças nas variáveis microdidáticas (assistência de pilotagem, dificuldade da I.A e o piloto (avatar), utilizado). Novamente os alunos registraram os tempos, a velocidade média em cada curva e a aceleração na arrancada. Ao final da aula, dois grupos entregaram a tabela completa. Foi devolvido a eles o questionário para aqueles que quisessem fazer alguma modificação nas respostas, mas nenhuma alteração foi feita nas respostas.

Ao final do segundo dia de atividades foram disponibilizados para os alunos os links dos materiais da *Khan Academy* para realizar a sala de aula invertida.

No dia 8 de abril de 2019 deu-se início à terceira aula. Os alunos não estudaram o material fornecido. Ao invés de trabalhar com a sala de aula invertida foi necessário expor o conteúdo de Movimento Circular Uniforme através de uma aula expositiva

dialogada. No dia 9 de abril, quarta aula, foram trabalhados em sala os exercícios apresentados nos dois artigos anteriormente disponibilizados.

Nos dias 15 de abril, deu-se início à sexta aula, cujo objetivo foi o de calcular as velocidades máximas nas curvas e tentar utilizar trajetórias que possibilitem diminuir o tempo das voltas. Tendo conhecimento dos raios das curvas e utilizando a equação (Eq.17) onde foi adotado o coeficiente de atrito estático $\mu = 0,8$ e a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcularam-se as velocidades máximas que a motocicleta poderia ter para fazer uma curva com determinado raio.

No dia 16 de abril, utilizando os valores das velocidades e agora conhecendo o melhor traçado, eles mais uma vez jogaram e preencheram as tabelas de velocidade média e tempos de volta. Também foi aplicado pela última vez o questionário com perguntas relacionados ao Movimento Circular Uniforme.

5. Resultados avaliados

Para avaliar os resultados da aplicação do produto educacional, foi feita uma análise focada nos objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico era levantar informações sobre as condições necessárias para que uma atividade com jogos de entretenimento seja aplicada no ambiente escolar. Grande parte destes dados foram colhidos durante as fases das análises prévias e análises a priori.

Apesar de em nenhuma das duas escolas haver sala informatizada ou rede de internet para o uso dos alunos, em ambas as escolas é permitido o uso de smartphones para atividades pedagógicas. Entretanto, nem todos os alunos possuíam aparelhos capazes de armazenar e/ou processar o aplicativo do jogo. Alguns alunos nem sequer tinham acesso a este tipo de dispositivo, porém quando uma maioria tem acesso e a sala trabalha bem em grupos, é possível utilizar esta ferramenta para trabalhar com jogos eletrônicos.

Na primeira aplicação do produto, apesar de não ter sido possível aplicá-lo por completo, algumas situações observadas foram importantes para compreender alguns pontos que precisavam ser revistos e levados em consideração para que o trabalho atingisse um melhor resultado.

No começo do ano de 2018, a turma do primeiro ano do Ensino Médio selecionada para ser aplicada a sequência didática apresentava características de um bom relacionamento dos alunos uns para com os outros, era uma turma disciplinada e não era perceptível uma diferença considerável quanto aos conhecimentos prévios em matemática.

Entretanto, ao longo do ano letivo percebeu-se que houve mudanças no ambiente da sala de aula devido a transferências de alunos. Observou-se que durante a aplicação da sequência didática, aconteceram discussões nocivas entre grupos e até mesmo entre os membros do mesmo grupo. Essas diferenças fizeram com que não se estabelecesse um ambiente de cooperação entre os envolvidos, e aqueles alunos com um pouco mais de dificuldades não encontraram suporte entre os colegas para o desenvolvimento do trabalho. Houve um ambiente de muito individualismo, não sendo percebidas trocas de informações, discussões sobre os fenômenos físicos relacionados ao movimento da motocicleta e os questionários foram respondidos por

um único integrante dos grupos sem qualquer tipo de debate. Foi meramente uma atividade comum que foi tratada como um trabalho individual. Delors *et al.* (1998) mencionam que entre os alicerces da educação está a necessidade de se conviver com outras pessoas. Assim, seria preciso compreender o outro, desenvolver a percepção da interdependência e administrar conflitos. Assim sendo, sem um ambiente de cooperação, grande parte dos alunos não conseguiram finalizar o trabalho.

Na segunda aplicação do produto, tínhamos uma turma do 3º ano do Ensino Médio, composta por alunos que estudaram juntos desde o ensino primário e que foram construindo bons relacionamentos uns para com os outros. É o que Delors *et al.* (1998) descrevem como “espírito de solidariedade”, listado pelo autor dentre os valores culturais universais que a educação deve cultivar para promover uma ética global. Para o autor, “a solidariedade é tanto mais necessária quanto a competição é um fenômeno cotidiano e onipresente em todos os domínios da existência”. Esse ambiente contribuiu para que os alunos se ajudassem, minimizando a necessidade da atuação do professor. Neste cenário, todos os grupos entregaram as atividades e participaram ativamente da sequência didática.

O segundo objetivo específico era averiguar se uma atividade pedagógica utilizando jogos de entretenimento é capaz de levar o aluno a uma apropriação de conhecimentos científicos específicos. Foi feita a análise dos questionários antes e após a sequência. Como não foi possível concluir a atividade com a primeira turma, foram analisados os dados colhidos na segunda aplicação.

A primeira questão perguntada aos alunos foi: o que mantém a moto dentro do traçado ao fazer uma curva? As respostas estão apresentadas no quadro 1.

Quadro 1. Respostas da questão a) antes da aplicação da sequência didática

a) O que mantém a moto dentro do traçado ao fazer uma curva?	
Grupo	Resposta
1	Gravidade, inclinação e a velocidade
2	Força de atrito
3	O equilíbrio que a moto tem
4	A inclinação e a velocidade do jogador

Fonte: o autor

Primeiramente, observa-se que as respostas dadas foram curtas, o que não nos possibilita uma análise mais detalhada dos seus conhecimentos, como já dito em

1989 por Vygotsky (apud. SOCHA; MARÍN, 2015, p.214). A própria pergunta e o tipo de interação do professor leva o aluno a dar respostas mais curtas.

É importante mencionar que, como a princípio o objetivo era buscar compreender os conhecimentos prévios dos alunos, nenhum tipo de modelo foi fornecido a eles. Desta maneira, eles responderam às questões baseados em suas observações e conhecimentos prévios.

O grupo 1 menciona a gravidade, que no sistema motocicleta-asfalto equilibra-se com a força normal, não sendo diretamente responsável por manter a moto dentro do traçado durante a curva.

O grupo 1 (assim como o grupo 4) também cita a inclinação como um fator determinante para manter a moto dentro do traçado. Não é possível saber se os alunos referiram-se à inclinação da pista ou à inclinação que o piloto faz ao entrar em uma curva. A inclinação do piloto é importante para fazer a curva a uma velocidade maior, mas não necessariamente é aquilo que permite que a moto mantenha-se dentro de um traçado.

Os grupos 1 e 4 também citam a velocidade. Apesar de ser necessária uma velocidade ideal para que a motocicleta faça corretamente uma curva, a velocidade não é aquilo que causa o movimento circular.

O grupo 3 disse que o que mantém a moto no traçado é o equilíbrio que ela tem. Não é possível identificar qual o conceito de equilíbrio que os alunos possuíam. Durante uma curva a motocicleta não encontra-se em equilíbrio pois há a presença de uma força resultante diferente de zero responsável por alterar a direção do vetor velocidade.

O grupo 2 respondeu que a força de atrito é o que mantém a motocicleta dentro do traçado. Essa é uma resposta correta, apesar de não terem deixado clara a ação da força de atrito como uma força centrípeta.

Após a aplicação da sequência didática, houve mudanças nas respostas como apresentado no quadro 2.

Quadro 2. Respostas da questão a após a) aplicação da sequência didática

a) O que mantém a moto dentro do traçado ao fazer uma curva?	
Grupo	Resposta
1	O atrito que há entre o pneu e a pista que leva para o centro, que desempenha a função de centrípeta
2	O atrito de acordo com a posição e também a angulação dela com a curva
3	A velocidade ideal de acordo com o raio da curva e o atrito
4	O atrito do pneu com o asfalto

Fonte: o autor

Nota-se que após a aplicação da sequência didática todos os grupos mencionam a força de atrito como o agente que mantém a motocicleta dentro do traçado. Entretanto observamos que apenas o grupo 1 compreendeu que a força de atrito desempenha o papel de força centrípeta, enquanto que os demais grupos apenas citam a força de atrito. O grupo 2 menciona a angulação da curva, o que está relacionado com a velocidade máxima capaz de manter a motocicleta no traçado. O grupo 3 fala da velocidade ideal de acordo com o raio da curva, o que também está relacionado com a velocidade máxima da motocicleta.

Se compararmos as respostas dadas antes e depois da sequência podemos observar que houve uma mudança no entendimento dos alunos quanto ao agente responsável por manter a motocicleta dentro do traçado. Entretanto este trabalho não permite investigar se este entendimento foi totalmente compreendido e mantido a longo prazo.

As respostas da segunda pergunta estão apresentadas no quadro 3.

Quadro 3. Respostas da questão b) antes da aplicação da sequência didática

b) O que acontece se o piloto iniciar a frenagem muito perto da curva?	
Grupo	Resposta
1	Ela passa reto
2	Ela passa reto
3	Ela derrapa e sai fora da pista
4	Pode perder o controle e sair fora da pista

Fonte: o autor

Notamos que todos os grupos descrevem corretamente um fenômeno que é visivelmente perceptível, mas não observamos nenhuma descrição mais detalhada, o que já era esperado. Como apresentado no Losango didático apresentado por Méheut e Psillos (2004), os alunos algumas vezes possuem uma percepção correta acerca do mundo material, sendo necessário apenas que sejam orientados a alcançarem o correto conhecimento científico. Os grupos 3 e 4 foram um pouco mais detalhistas, citando a derrapagem e a perda de controle (atuação do atrito dinâmico). Entretanto não foi apresentada nenhuma explicação abordando que é necessária uma velocidade ideal para realizar a curva e caso a motocicleta esteja rápida demais, a força centrípeta adicional necessária para a moto continuar na curva só pode vir do atrito entre os pneus e asfalto e se o limite da força de atrito for excedido, a moto irá derrapar.

O quadro 4 apresenta as respostas dadas pelos grupos após a aplicação da sequência.

Quadro 4. Respostas da questão b) após a aplicação da sequência didática

b) O que acontece se o piloto iniciar a frenagem muito perto da curva?	
Grupo	Resposta
1	A moto não freia o suficiente para fazer a curva
2	Ele se perde na curva, perde tempo para fazer a curva e ele pode sair fora da pista.
3	Ele irá fazer a curva em uma velocidade maior que possível para fazer a curva, assim irá passar reto, pois o atrito será grande e a velocidade alta.
4	Não consegue fazer a curva dentro do melhor traçado.

Fonte: o autor

Observamos que o grupo 3 apresenta uma resposta mais fundamentada e demonstra uma grande evolução na correta compreensão do fenômeno, apesar de não compreender que este “atrito grande” na verdade é quando o atrito estático limite é ultrapassado e os pneus passam a deslizar. Os demais grupos também apresentaram respostas mais trabalhadas e nota-se avanços, apesar de menores em relação ao grupo 3.

No quadro 5, são apresentadas as respostas dos grupos para a terceira pergunta.

Quadro 5. Respostas da questão c) antes da aplicação da sequência didática

c) O que acontece se o piloto frear demais durante muito tempo?	
Grupo	Resposta
1	A moto para
2	Ela para
3	A moto para
4	A moto vai parar

Fonte: o autor

As respostas dadas pelos alunos foram esperadas pois, utilizar os freios durante muito tempo irá fazer a motocicleta mover-se lentamente ou parar completamente. Não houve, entretanto, nenhuma descrição mais refinada abordando a desaceleração ou ao fato de que caso se esteja a uma alta velocidade, ao frear demais haverá derrapagem.

As respostas dos alunos à essa pergunta após a aplicação da sequência didática são apresentadas no quadro 6.

Quadro 6. Respostas da questão c) após a aplicação da sequência didática

c) O que acontece se o piloto frear demais durante muito tempo?	
Grupo	Resposta
1	A moto para ou diminui a velocidade
2	A moto irá parar
3	Ela perde muita velocidade, assim não fazendo uma curva perfeita
4	Vai aos poucos perder velocidade até parar

Fonte: o autor

Observa-se que as respostas não mudaram muito em relação àquelas dadas anteriormente, exceto o grupo 3 que mencionou o fato de que uma baixa velocidade também prejudica a execução da curva, mas também não mencionou a derrapagem.

O quadro 7 apresenta as respostas dos alunos para a quarta pergunta.

Quadro 7. Respostas da questão d) antes da aplicação da sequência didática

d) Ao fazer uma curva, qual o melhor traçado (caminho) para que o tempo seja minimizado?	
Grupo	Resposta
1	Sempre seguindo as zebras

Continua

Cont. Quadro 7

2	Curva aberta
3	Fazer a curva mais fechada
4	Fazendo a tangência da curva

Fonte: o autor

O grupo 1 considerou que o melhor traçado é aquele em que se deve acompanhar as zebras da pista, que na verdade é acompanhar raio de curvatura interno da pista. A resposta dada pelo grupo 3 refere-se ao mesmo traçado, embora sejam usadas expressões diferentes. Caso o jogador seja inexperiente e tenha apenas a preocupação de manter-se na pista é o traçado que ele tende a fazer. Entretanto fazer a curva seguindo o menor raio implica em fazê-la a velocidades mais baixas e com isso o tempo de volta aumenta.

O grupo 2 respondeu que o ideal é seguir o traçado da curva aberta. Apesar de ser um traçado em que se pode manter uma velocidade maior que aquele feito seguindo o raio menor, percorre-se uma maior distância linear.

O grupo 4 mencionou a tangência da curva, mas não especificou como este tangenciamento deve ser feito, não sendo possível tirar conclusões sobre o entendimento do grupo sobre esta questão.

O quadro 8 apresenta as respostas dos grupos para a quarta pergunta após a aplicação da sequência didática.

Quadro 8. Respostas da questão d) após a aplicação da sequência didática

d) Ao fazer uma curva, qual o melhor traçado (caminho) para que o tempo seja minimizado?	
Grupo	Resposta
1	Abrir o máximo antes da curva
2	Ao aproximar da curva abrimos, mas quando chegamos na curva fechamos e contornamos a zebra inferior
3	Fazer uma curva, na qual ele ande mais em uma linha reta, entrando no raio maior e passando pelo raio menor, terminando aberto no maior
4	Tangencia, entrando aberto e fechando no meio da curva

Fonte: o autor

Após a sequência didática, percebemos que o grupo 3 novamente destacou-se ao apresentar um entendimento mais aprimorado quanto ao traçado ideal. Os grupos 2 e 4 também apresentaram respostas mais detalhadas comparadas às dadas

anteriormente. O grupo 1 apresentou uma resposta curta demais para que possamos dizer se houve este entendimento.

As respostas da quinta pergunta antes da aplicação da sequência está exposto no quadro 9.

Quadro 9. Respostas da questão e) antes da aplicação da sequência didática

e) Que fatores podem ser responsáveis por impedir a moto de fazer uma curva perfeitamente?	
Grupo	Resposta
1	O piloto, desgastes dos pneus e a velocidade não adequada
2	Tudo que diminui o atrito
3	Se a moto estiver em uma velocidade muito alta ela poderá derrapar
4	A habilidade do piloto, vento, velocidade

Fonte: o autor

As respostas apresentadas mostram que todos os grupos demonstraram ter conhecimentos prévios que possibilitaram a eles dar respostas corretas quanto aos fatores que influenciam a execução correta da curva. Os grupos 1,3 e 4 citaram diretamente a velocidade não adequada. O grupo 1 cita o desgaste dos pneus o que na prática, diminui o coeficiente de atrito estático, apesar de não ser possível afirmar que o grupo tenha esse entendimento científico. O grupo 2 foi muito vago mas demonstrou um entendimento acerca da importância da força de atrito.

Pela primeira vez nas respostas aparece o fator humano, que é a habilidade do piloto. Pode-se considerar esse fator tanto para um piloto real em uma motocicleta real quanto para um jogador que tenha mais habilidade com o jogo.

No quadro 10, são apresentadas as respostas dadas pelos alunos para a quinta pergunta, após a aplicação da sequência didática.

Quadro 10. Respostas da questão e) após a aplicação da sequência

e) Que fatores podem ser responsáveis por impedir a moto de fazer uma curva perfeitamente?	
Grupo	Resposta
1	A chuva, pois diminui o atrito entre o pneu e a pista

Continua

Contin. Quadro 10

2	A velocidade da moto, a frenagem antecipada ou brusca e também se errar na hora de entrar na curva
3	A velocidade, o atrito, pois pode variar com o clima e a forma como o piloto entra na curva
4	Alta velocidade, erro ao entrar na curva

Fonte: o autor

Os grupos 1 e 3 mencionam a mudança no clima. O jogo SBK16© não simula mudanças climáticas, entretanto foi um assunto abordado durante a aula expositiva. Aparentemente os grupos entenderam que o coeficiente de atrito estático diminui caso a pista esteja molhada e utilizaram-se desse conhecimento para responder à pergunta. O grupo 2 menciona a velocidade da moto e o ponto de frenagem, o que também indica uma evolução no entendimento do assunto.

O terceiro objetivo do trabalho era apresentar uma sequência didática baseada na Engenharia Didática para o ensino do MCU utilizando sala de aula invertida. Esses dados foram avaliados após a aplicação de toda a sequência didática.

Houve indícios de que o uso da Engenharia Didática contribuiu para que houvesse aprendizagem, uma vez que se verificou uma evolução nos conhecimentos dos alunos.

Entretanto, ficou claro que a sala de aula invertida não funcionou. O objetivo de utilizar a sala de aula invertida estava relacionado com o contrato didático proposto por Chevallard, Bosch e Gascón (2001) que na engenharia didática consiste em deixar claro para o aluno que o professor não irá fazer interferências ou as fará minimamente, visando uma aprendizagem mais ativa. Desta forma, procurou-se disponibilizar os vídeos sobre os assuntos para que os próprios alunos estudassem e aprendessem sem que fosse necessária uma interferência direta do professor.

Uma parte dos estudantes relatou que não quiseram assistir aos vídeos porque preferem aula dada em sala pelo professor. Esse comportamento é apontado por Strayer (2012) ao dizer que mesmo quando os estudantes se mostram mais responsáveis por sua aprendizagem, eles podem se sentir menos satisfeitos com a estrutura da sala de aula invertida. Para o autor, o modelo de sala de aula invertida não deve ser utilizado em cursos mais introdutórios, mas sim em classes mais avançadas (apud Valério e Moreira (2018)).

Um outro grupo de alunos disse ter encontrado dificuldades para entender os vídeos e artigos. Sletten (2017) já havia sugerido que alunos com mais dificuldades estariam mais propensos a abandonar a experiência (apud VALÉRIO; MOREIRA, 2018, p.223).

6. Conclusão

Os jogos digitais têm ganhando cada vez mais espaço dentro do ambiente escolar. Se feita de maneira adequada, sua utilização tem demonstrado ser útil no processo de aprendizagem.

Mesmo não havendo muitos trabalhos utilizando jogos de entretenimento para ensinar Física, utilizando a Engenharia Didática, com o auxílio de um jogo de entretenimento, foi possível trabalhar um conteúdo de Física no contexto do Ensino Médio. O jogo SBK16©, fornece informações acerca das velocidades instantâneas e distância total percorrida. Desta forma pôde-se trabalhar o Movimento Circular Uniforme utilizando os tempos de volta e realizar uma investigação quanto ao traçado ideal ao realizar curvas.

Não houve um rigor quanto aos dados das curvas, uma vez que estes valores não foram estimados a partir de dados colhidos dentro do jogo, mas em uma imagem gráfica da pista original. Esta forma de coletar os dados priorizou uma análise mais qualitativa quanto a aprendizagem dos alunos, fazendo-os inferir adequadamente situações que levem a refletir sobre o raio da curva e a velocidade máxima possível.

Os resultados observados demonstraram que o uso da Engenharia Didática contribuiu para a aplicação do trabalho, pois por meio desta metodologia foi possível fazer levantamentos importantes quanto à situação educacional. Levantar os conhecimentos prévios dos alunos e confrontá-los após a sequência didática permitiu a eles compreender os elementos do MCU trabalhados dentro de uma visão mais científica. A Engenharia Didática se mostrou adequada para organizar a sequência didática, trazendo vantagens para o professor na organização do seu trabalho pedagógico.

As respostas dadas pelos grupos apresentam indícios de um avanço no conhecimento científico, ainda que não foi possível verificar se estes entendimentos foram alcançados individualmente por cada membro. Devido a restrições de tempo e organização em sala, observa-se que há indícios de que os conhecimentos prévios não foram colhidos de modo a contribuir com esta análise.

Os resultados positivos já publicados levaram à tentativa de se utilizar a metodologia da sala de aula invertida como uma estratégia de ensino não tradicional. O trabalho mostrou, entretanto, que a metodologia não foi efetiva para a

aprendizagem da maneira como foi aplicada, uma vez que os alunos não demonstraram interesse em estudar os materiais por conta própria, sendo necessárias aulas expositivas acerca do assunto.

Portanto este trabalho conclui que existe um potencial na utilização de jogos digitais de entretenimento, por estes apresentarem informações e dados capazes de serem colhidos e analisados. Além disso, por envolver uma atividade lúdica, os alunos tendem a se interessar mais pelo conteúdo e as interações sociais também melhoram, observando-se interações entre eles. Entretanto, para uma atividade pedagógica que utilize este recurso, esta deve ser planejada apoiando-se em metodologias de ensino adequadas, porque sem este planejamento o uso do jogo torna-se apenas um entretenimento. Existe ainda o desafio de buscar a melhor maneira de organização, coleta de dados e execução da atividade de entretenimento utilizando o jogo, baseando-se em objetivos de aprendizagem bem estabelecidos.

6.1 Trabalhos futuros

Sugere-se construir a seqüência em modelos diferenciados de inversão, como o modelo híbrido, que é aquele no qual a sala de aula invertida é utilizada como complemento do ensino tradicional. Da mesma maneira, uma vez que parte dos alunos prefere aula com o professor, que este desenvolva seu próprio material de estudo ao invés de utilizar o de terceiros, como foi feito nesta abordagem.

Outra sugestão seria realizar um outro trabalho com jogos de entretenimento aplicando outras metodologias de ensino a fins de validação ou mesmo de comparação com os resultados obtidos pela engenharia didática.

Ainda pode-se sugerir um trabalho em que haja um maior rigor quanto à coleta dos dados das curvas, preferencialmente se estas informações podem ser colhidas dentro do próprio jogo e verificar se isso realmente pode ter algum efeito diferente na aprendizagem. Se os próprios alunos coletam os dados, eles percebem que estes dados são informações do fenômeno reproduzido no jogo e pode-se trabalhar as diferenças entre o modelo do jogo e o modelo pré-estabelecido ou mesmo comparar os dados coletados no jogo com os da pista original.

Os alunos demonstraram muitas dificuldades com operações básicas de matemática como conversões de unidades de medidas e uso das equações. Seria

interessante verificar se uma atividade mais dedicada à análises quantitativas poderia contribuir para uma evolução de conhecimentos e habilidades matemáticas.

Pensando em outro trabalho, pode-se mudar a forma de coleta dos dados dos conhecimentos prévios dos alunos, através de arguição oral individual, com respostas transcritas pelo professor para analisar a evolução do entendimento do assunto pessoal de cada estudante e verificar algum efeito diferente na aprendizagem, uma vez que respostas mais detalhadas permitem maior compreensão dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Para concluir, espera-se que este trabalho contribua para que mais pesquisadores e professores planejem e desenvolvam produtos educacionais utilizando outros jogos de entretenimento para ensinar Física. É uma linha de pesquisa que possui poucos trabalhos ao mesmo tempo que demonstrou ter potencial para novas pesquisas.

Referências

AGUIAR, Shelton. **Os games como instrumento de ensino e aprendizagem na Física**. 2013. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Ufscar, São Carlos, 2013.

ALMOULOUD, Saddo Ag; SILVA, Maria José Ferreira da. **Engenharia didática: evolução e diversidade**. Revemat: revista eletrônica de educação matemática, [s.l.], v. 7, n. 2, p.22-52, 13 dez. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p22>.

ARTIGUE, Michèle. (1996) "Engenharia Didáctica", *In: Didática das Matemáticas*. Brun, J. (ORG.). Lisboa: Instituto Piaget.

BALISCEI, Marcos Paulo. **Uma sequência didática alternativa: Conceitos de Eletricidade e o Efeito Fotoelétrico utilizando simulações computacionais**. 2016. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_marcos.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2017

BARROS, Daniela Melaré Vieira; CHAVES, Heloísa Nascimento Coelho. **Ambientes digitais interativos e o potencial pedagógico**. *In: SEMINÁRIO JOGOS ELETRÔNICOS, EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO*, 4., 2008, Salvador. Universidade do Estado da Bahia, 2008. Disponível em: <http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario4/trab/hncc_dmvb.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [s.l.], v. 31, n. 1, p.30-59, 25 nov. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p30>.

BERNARDINO, Elizabete Aparecida. **O pensamento Deweyano, a motivação e o interesse do aluno no contexto de aprendizagem de língua estrangeira**. Revista Travessias v.3, n.1. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009. Disponível em <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/3291>>. Acesso em 01 de dezembro de 2018.

BERGMANN, Jonathan.; SAMS, Aaron. **Before you flip, consider this**. Phi Delta Kappan, Bloomington, v. 94, n. 2, p. 25, 2012. Disponível em: <<http://oit.drake.edu/wp-content/uploads/2014/03/before-you-flip-consider-this.pdf>>. Acesso em 25 de maio de 2019.

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Censo Escolar: notas estatísticas**. Brasília DF, Ministério da Educação, 2018

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília DF, Ministério da Educação, 2006.

BROUSSEAU, Guy. **Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática**. In: BRUN, Jean. Didática das Matemáticas. Tradução de: Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. Cap. 1. p. 35-113.

COSSALTER, Vittore. **Motorcycle Dynamics**. 2.ed. Raleigh: Lulu.com, 2006.

DATIG, Ilka.; RUSWICK, Claire. **Four Quick Flips: Activities for the Information Literacy Classroom**. College & Research Libraries News, v. 74, n. 5, p. 249-251, 257, 2013. Disponível em: <<https://crln.acrl.org/index.php/crlnews/article/view/8946/9679>>. Acesso em 08 de abril 2019.

DELORS, Jacques et al. **Educação: um tesouro a descobrir**. São Paulo: Cortez, 1998. 281 p. Relatório para UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Disponível em: <http://dhnet.org.br/dados/relatorios/a_pdf/r_unesco_educ_tesouro_descobrir.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2019.

DRIVER, Rosalind; OLDHAM, Valerie. **A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science**. Studies In Science Education, [s.l.], v. 13, n. 1, p.105-122, jan. 1986. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03057268608559933>.

FARDO, Marcelo Luis. **A GAMIFICAÇÃO APLICADA EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM**. Renote, [s.l.], v. 11, n. 1, p.1-9, 5 ago. 2013. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1679-1916.41629>.

GASCÓN, Josep; BOSCH, Mariana; CHEVALLARD, Yves. **Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2001. 336 p. Tradução de Daisy Vaz de Moraes.

GEE, James Paul. **Bons video games e boa aprendizagem**. Perspectiva, [s.l.], v. 27, n. 1, p.167-178, 30 abr. 2010. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-795x.2009v27n1p167>.

HERPICH, Fabrício *et al.* Jogos sérios na Educação: Uma abordagem para ensino-aprendizagem de redes de computadores. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 18., 2013, Porto Alegre. **Nuevas ideas en informática educativa**. Porto Alegre: Jaime Sanchez, 2013. v. 9, p. 617 - 620. Disponível em: <<http://www.tise.cl/volumen9/TISE2013/617-620.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura**. São Paulo: Perspectiva, 1980

LARA, Isabel Cristina Machado de. O jogo como estratégia de ensino de 5ª a 8ª série. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** . Recife: Sbem, 2004. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://www.sbembrasil.org.br/files/viii/pdf/02/MC63912198004.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2017

LEÃO, Denise Maria Maciel. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, n. 107, p.187-206, jul. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cp/n107/n107a08.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

McGONIGAL, Jane. **Gaming can make a better world**. TED2010. Filmado Fevereiro de 2010. Posted Mar 2010. Disponível em <http://blog.ted.com/gaming_can_make/> Acesso em 14/11/2017.

MACHADO, Sílvia Dias Alcântara. (Org.). **Educação Matemática: uma introdução**. 2ª ed. São Paulo: EDUC, 2002.

MARQUES, Armanda; SILVA, Bento Duarte da; MARQUES, Natália. **A influência dos videojogos no rendimento escolar dos alunos**: uma experiência no 2º e 3º Ciclo do Ensino Básico. Educação, Formação & Tecnologias, Braga, v. 1, n. 4, p.17-27, abr. 2011. Disponível em: <<http://eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/206/137>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. **Teaching-learning sequences**: aims and tools for science education research. International Journal Of Science Education, [s.l.], v. 26, n. 5, p.515-535, 16 abr. 2004. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690310001614762>. Acesso em: 8 out. 2018.

MOLINA, Lucas Giehl. **Jogos digitais como espaço de atuação do historiador**: o caso Avant-Garde. Aedos, Porto Alegre, v. 5, n. 12, p.64-77, jan. 2013. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/aedos/article/view/36949/26766>>. Acesso em: 26 set. 2017.

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista, v.1, n.2, p.43-63, 2011.

NAVARRO, Gabrielle. **Gamificação: a transformação do conceito do termo jogo no contexto da pós-modernidade**. 2013. 26 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mídia, Informação e Cultura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/125459/mod_resource/content/1/gamificacao.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2017.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica Vol 1**. 4ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

OLIVEIRA, Fabiano Napolini de; POZZEBON, Eliane; FRIGO, Luciana Bolan. *Scribblenauts Unmasked: Avaliação do Jogo Digital e seus Aspectos Educativos*. Informática na Educação: teoria & prática, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 239-257, mai./ago. 2017

PAGANINI, Érico Rodrigues; BOLZAM, Márcio de Souza. Ensinando Física através da *Gamificação*. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DE FÍSICA APLICADA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2016, Serra, Es. **VII Encontro Científico de Física aplicada**. Serra, Es: Blucher Proceedings, 2016. p. 16 - 20. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/physicsproceedings/vii-efa/004.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Edufsc, 2006. 236 p.

POMMER, Wagner Marcelo. **A Engenharia Didática em sala de aula**: Elementos básicos e uma ilustração envolvendo as Equações Diofantinas Lineares, 2013. 72 p. ils.: Tabs.

PRENSKY, Marc. Digital natives, Digital Immigrants. **On The Horizon**, West Yorkshire, v. 5, n. 9, p.1-6, out. 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2017

RIBOLDI, Bruno Marconi. **A construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para ensinar relatividade utilizando animações e o game a slower speed of light**. 2015. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Física, Ufscar, São Carlos, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/8039/DissBMR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

SATO, Adriana Kei Ohashi e CARDOSO, Marcos Vinícius. **Além do gênero: uma possibilidade para a classificação de jogos**. SBC – Proceedings of SBGames'08: Art & Design Track. Belo Horizonte – MG, p-54-63, nov. 2008.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vania Ribas. JOGOS DIGITAIS EDUCACIONAIS: BENEFÍCIOS E DESAFIOS. **Renote**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-6, 30 jun. 2008. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1679-1916.14405>. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14405/8310>>. Acesso em: 15 ago. 2017

SEABORN, Katie; FELS, Deborah I. **Gamification in theory and action: A survey**. International Journal of Human-Computer Studies, v. 74, p. 14-31, 2015

SQUIRE, Kurt. (2003). Video games in education. *International Journal of Intelligent Simulations and Gaming*.

SOCHA, Rosana Ramos; MARIN, Fátima Aparecida Dias Gomes. A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO ATRAVÉS DAS INTERAÇÕES VERBAIS EM SALA DE AULA. **Nuances**: estudos sobre Educação, [s.l.], v. 26, p.198-218, 26 maio 2015. Nuances Estudos Sobre Educacao. <http://dx.doi.org/10.14572/nuances.v26i0.2807>.

STUDART, Nelson. **Simulação, games e Gamificação no Ensino de Física**. I Workshop do MNPEF – Grupo 1 – UnB- 2015

TIBERGHIE, Andree. (1996). **Construction of prototypical situations in teaching the concept of energy**. In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe. Current issues and themes* (pp. 100–114). London, UK: The Falmer Press.

VALÉRIO, Marcelo; MOREIRA, Ana Lúcia Olivo Rosas. **Sete críticas à sala de aula invertida**. *Revista Contexto & Educação*, [s.l.], v. 33, n. 106, p.215-230, 19 set. 2018. Editora Unijui. <http://dx.doi.org/10.21527/2179-1309.2018.106.215-230>. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/7890>>. Acesso em: 03 jan. 2020.

WHITE, Randy. **That's Edutainment**. 2003. Disponível em: <<https://www.whitehutchinson.com/leisure/articles/edutainment.shtml>>. Acesso em: 24 jul. 2017

WILSON, Stephanie Gray. The Flipped Class. **Teaching Of Psychology**, [s.l.], v. 40, n. 3, p.193-199, 9 maio 2013. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0098628313487461>.



APÊNDICE I - PRODUTO EDUCACIONAL

Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular uniforme explorando jogo de entretenimento.

Vitor Hudson Pessoa de Brito

Orientador:

Profº Dr. Fábio Rafael Segundo

Coorientador:

Profº Dr. Daniel Girardi

Blumenau/SC

Março/2020

Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular uniforme explorando jogo de entretenimento.

Vitor Hudson Pessoa de Brito

Produto educacional direcionado aos alunos do Ensino Médio, contido na dissertação de mestrado intitulada Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular uniforme explorando jogo de entretenimento sob orientação do prof. Dr Fábio Rafael Segundo e coorientação do Prof. Dr. Daniel Girardi.

Blumenau/SC

Março/2020

Apresentação

Será apresentada uma sequência didática de 6 aulas. A apresentação da sequência foi feita em seções onde são apresentados os planos de aula, com objetivo, metodologia, recursos didáticos necessários e um quadro com os tempos estimados para cada atividade da aula.

Em seguida a seção traz o desenvolvimento da aula apresentando sugestões de como conduzi-la. Finalizando as seções são apresentados os materiais necessários para a realização da aula.

Alguns materiais são utilizados em mais de uma aula. Dessa forma, um material que foi detalhado anteriormente foi apenas citado na lista de aulas posteriores.

Lista de Figuras

Figura 1. Tela de seleção de piloto e pista	81
Figura 2. Tela de configurações do jogo	81
Figura 3. Acesso a assistências de pilotagem.....	82
Figura 4. Ajustes das assistências de pilotagem.....	82
Figura 5. Tempo após uma volta.....	83
Figura 6. Classificação ao final da corrida com tempo de volta.....	83
Figura 7. Classificação da corrida onde o jogador não termina em 1º lugar	84
Figura 8. Alteração da assistência de pilotagem	89

Lista de tabelas

Tabela 1. Tempos de volta com frenagem automática.....	88
Tabela 2. Velocidades médias com frenagem automática	88
Tabela 3. Acelerações médias com frenagem automática (0 a 3 s).....	88
Tabela 4. Tempos médios com frenagem manual	90
Tabela 5. Velocidades médias com frenagem manual.....	90
Tabela 6. Acelerações médias com frenagem manual (0 a 3 s).....	90

Produto educacional - Sumário

Plano da Aula 1	80
Material da aula 1	84
Plano da Aula 2	89
Material da aula 2	90
Plano da aula 3	91
Material da aula 3	91
Plano da aula 4	93
Material da aula 4	93
Plano da aula 5	95
Material da aula 5	96
Plano da aula 6	97
Material da aula 6	97

Plano da Aula 1

Objetivo: Levantar informações acerca dos conhecimentos prévios relacionados ao movimento de motocicletas. Calcular os tempos médios, velocidades médias e acelerações médias.

Metodologia: Estudo dirigido com aplicação de questionário com perguntas relacionadas ao movimento de motocicletas, tutorial e tabela para coleta de dados.

Recursos didáticos: *Smartphones* com jogo SBK16© instalados.

Atividade	Tempo estimado (min)
Responder questionário	10
Jogar SBK16© e registrar tempos de volta	15
Calcular as velocidade e aceleração média	20

Desenvolvimento da aula 1

Na primeira aula, o professor deve fazer levantamento sobre quais alunos conseguiram baixar e instalar o jogo. Sugere-se um sistema de 4 alunos por grupo, para um acompanhamento melhor da turma. Os grupos devem ser organizados de modo a minimizar o número de alunos sem o jogo por grupo. O professor pode fazer alterações caso deseje, como por exemplo trabalhar com os alunos em grupos menores.

Aplicar o questionário para levantar informações acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o movimento de uma motocicleta.

Cada aluno deverá ser orientado a, na tela do jogo, selecionar corrida rápida e dentre as pistas disponíveis, selecionar Phillip Island (Austrália) para jogar (Figura 1)

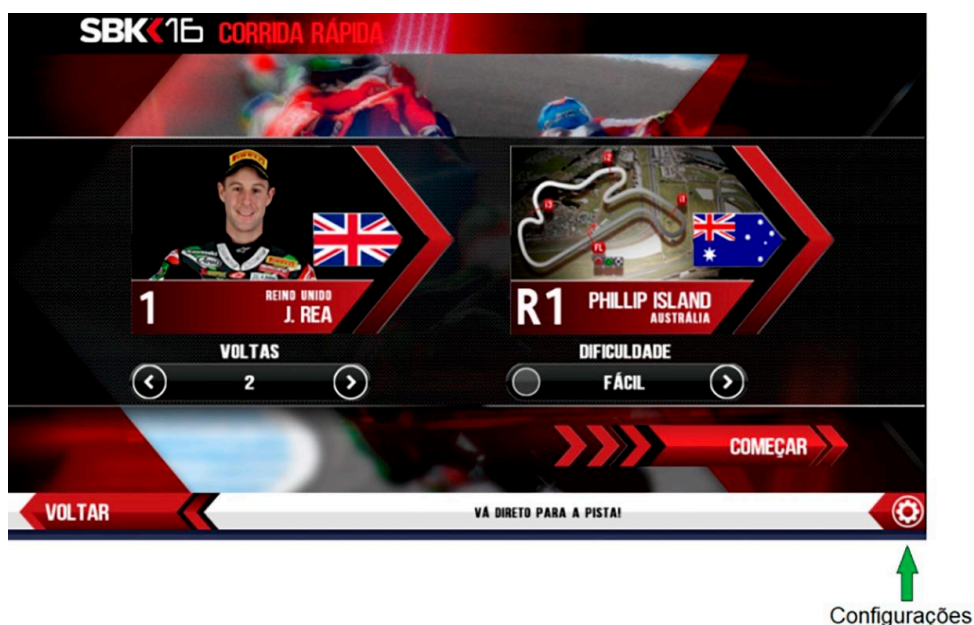
Figura 17. Tela de seleção de piloto e pista



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Inicialmente, solicitar que os alunos joguem no nível fácil, com o piloto Rea Jonathan. Orientar os alunos para que acessem Assistências de pilotagem na tela inicial do jogo (Figura 2).

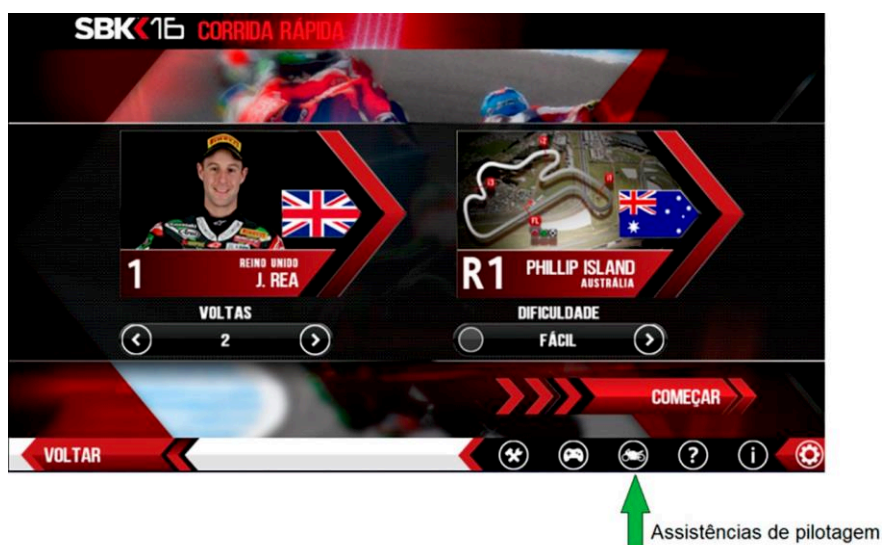
Figura 18. Tela de configurações do jogo



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Ao tocar no botão de configurações será aberto o menu de opções. Selecionar assistências de pilotagem (Figura 3):

Figura 19. Acesso a assistências de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Ao selecionar o menu de assistências de pilotagem, deve-se configurar as assistências como mostrado na figura 4.

Figura 20. Ajustes das assistências de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

É importante que o máximo de alunos jogue. Caso sejam identificados alunos que não têm acesso ao jogo (por não possuírem celular ou por ter um que não apresenta as especificações necessárias para o jogo), é importante dar prioridade para que estes utilizem o espaço da aula para jogarem.

Utilizando a informação do comprimento total da pista (4445 m), calcular a velocidade média de cada grupo. Para auxiliar os grupos, foi preparado um tutorial de revisão sobre como proceder nas conversões de unidades dos dados obtidos. Estes dados devem ser preenchidos nas tabelas. O tutorial e as tabelas estão na seção material da aula 1.

O tempo de volta pode ser coletado de várias formas diferentes, como por exemplo, ao completar uma volta o tempo aparece no canto superior esquerdo, como mostra a figura 5.

Figura 21. Tempo após uma volta



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

O tempo de volta também pode ser obtido no final da corrida, como mostra a figura 6.

Figura 22. Classificação ao final da corrida com tempo de volta

SBK 16		MELHOR VOLTA		
1	J. REA	KAWASAKI	ZX-10R	01:40:83
2	L. CAMIER	MV AGUSTA	F4	+00:47
3	M. VAN DER MARK	HONDA	CBR1000RR SP	+02:27
4	T. SYKES	KAWASAKI	ZX-10R	+05:18
5	S. GUINTOLI	YAMAHA	YZF R1	+06:28
6	N. HAYDEN	HONDA	CBR1000RR SP	+07:03
7	D. GIUGLIANO	DUCATI	PANIGALE R	+07:54
8	A. LOWES	YAMAHA	YZF R1	+07:84
9	J. HOOK	KAWASAKI	ZX-10R	+09:00

Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Caso o aluno não vença a corrida, o tempo em que ele completou a melhor volta aparecerá na tela final como a diferença em relação ao primeiro colocado, como podemos ver na figura 7.

Figura 23. Classificação da corrida onde o jogador não termina em 1º lugar

SBK 16		CLASSIFICAÇÃO - CORRIDA			
1	66	T. SYKES	KAWASAKI	ZX-10R	03:27:05
2	7	C. DAVIES	DUCATI	PANIGALE R	+06:42
3	69	N. HAYDEN	HONDA	CBR1000RR SP	+07:06
4	1	J. REA	KAWASAKI	ZX-10R	+08:30
5	15	A. DE ANGELIS	APRILIA	RSV4 RF	+11:00
6	81	J. TORRES	BMW	S1000 RR	+11:05
7	10	I. TOTH	YAMAHA	YZF R1	+12:05
8	16	J. HOOK	KAWASAKI	ZX-10R	+14:57
9	12	X. FORÉS	DUCATI	PANIGALE R	+16:08

Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Com o tempo de volta, os demais dados podem ser obtidos. Como nesta primeira aula os alunos jogarão com as configurações iniciais de assistência de pilotagem, orientá-los a preencher apenas as três primeiras tabelas. As tabelas devem ser recolhidas após a aula. Na aula seguinte, eles receberão novamente as tabelas para preencherem a outra parte.

Material da aula 1

Smartphone com jogo SBK16© instalado. O jogo pode ser instalado gratuitamente (com propagandas) automaticamente acessando-se o link abaixo:

https://play.google.com/store/apps/details?id=it.dtales.sbk16&hl=pt_BR

Requisitos de hardware: Requer 38 MB de espaço de armazenamento

Requisitos de software: Requer Android 4.1 ou superior

QUESTIONÁRIO – MOVIMENTO DAS MOTOCICLETAS

Grupo: _____

Responda as questões abaixo, utilizando seus conhecimentos baseados em observações do cotidiano. Você pode voltar ao jogo SBK16 e fazer observações que ajudem a responder. Não use a internet para fazer pesquisas, você não perderá pontos caso sua resposta não esteja correta.

O que mantém a moto dentro do traçado ao fazer uma curva?

O que acontece se o piloto iniciar a frenagem da moto muito perto da curva?

O que acontece se o piloto frear demais durante muito tempo?

Ao fazer uma curva, qual o melhor traçado (caminho) para que o tempo seja minimizado?

Que fatores podem ser responsáveis por impedir a moto de fazer uma curva perfeitamente?

TUTORIAL – CONVERSÃO DE UNIDADES, VELOCIDADE MÉDIA E ACELERAÇÃO MÉDIA.

Grupo: _____

Cada integrante do grupo deve dar 2 ou 3 voltas e anotar seu melhor tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, como também o tempo expresso somente em segundos.

Vamos fazer uma revisão sobre como fazer essa conversão. Considere um tempo igual a 1:45:58.

Temos o tempo de um minuto, quarenta e cinco segundos, cinquenta e oito centésimos de segundos. Para converter este número para outro somente em segundos, podemos proceder da seguinte maneira:

1 minuto = 60 segundos; + 45 segundos = 105 segundos.

Temos ainda que 1 segundo = 100 centésimos de segundo. Logo: 58 centésimos de segundo = 0,58. Somando os valores: 60 s + 45 s + 0,58 = **105,58 s**

Você deve então preencher a tabela assim:

Tempo 1
1:45:58
105,58 s

Para calcular o tempo médio do grupo, basta somar os tempos de todos os integrantes e dividir por 4. Some os tempos em segundos, depois faça o caminho inverso para expressar o tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos.

Exemplo: Tome um tempo médio de 95,48 s.

95 segundos = 1 minuto e 35 segundos. Logo: **95,48 s = 1:35:48**

Para a velocidade média, lembre-se que esta é a razão entre a distância percorrida e um intervalo de tempo. A pista de Phillip Island possui 4.445 m. A velocidade média do jogador que concluiu a volta em 1:35:48 foi:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4445 \text{ m}}{105,58 \text{ s}} = \mathbf{42,1 \text{ m/s}}$$

Para utilizar uma unidade de velocidade com a qual você está acostumado a usar em seu dia-a-dia, faça também a conversão da velocidade de m/s para km/h. Lembre que para isto basta multiplicar a velocidade encontrada pelo fator 3,6 ($1h=3600 \text{ s}$ e $1 \text{ km}=1000 \text{ m}$).

$$42,1 \text{ m/s} \times 3,6 = \mathbf{151,36 \text{ km/h}}$$

Na tabela, preencha assim:

Velocidade 1
151,36 km/h
42,1 m/s

Finalmente, você irá calcular a aceleração média na arrancada durante os três primeiros segundos. Como exemplo, considere uma velocidade de 118 km/h. Como aceleração é a taxa de variação da velocidade em um intervalo de tempo, temos:

$$a = \frac{118 \text{ km/h}}{3 \text{ s}} = \mathbf{39,33 \text{ km/h.s}}$$

Fazendo a mudança para m/s^2 , que é a unidade no sistema internacional S.I, basta dividirmos por 3,6:

$$a = 39,33 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \text{s} \div 3,6 = \mathbf{10,9 \text{ m/s}^2}$$

Na tabela, preencha assim:

Aceleração 1
39,33 km/h.s
10,9 m/s²

TABELAS PARA PREENCHIMENTO DE DADOS – Jogo configurado para realizar frenagem automática

Tabela 3. Tempos de volta com frenagem automática

Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo médio

Tabela 4. Velocidades médias com frenagem automática

Velocidade média 1	Velocidade média 2	Velocidade média 3	Velocidade média 4	Velocidade média

Tabela 5. Acelerações médias com frenagem automática (0 a 3 s)

Aceleração 1	Aceleração 2	Aceleração 3	Aceleração 4	Aceleração média

Plano da Aula 2

Objetivo: Observar o comportamento dos alunos ao serem alteradas variáveis microdidáticas do jogo.

Metodologia: Estudo dirigido com aplicação de questionário com perguntas relacionadas ao movimento de motocicletas, tutorial e tabela para coleta de dados.

Recursos didáticos: *Smartphones* com jogo SBK16© instalados.

Atividade	Tempo estimado (min)
Jogar SBK16© e registrar tempos de volta	15
Calcular velocidade média e aceleração média	20
Responder questionário	10

Desenvolvimento da aula 2

Na aula 2, serão alteradas a assistência de frenagem, o piloto e o nível de dificuldade. Para alterar a assistência de frenagem, retornamos ao menu assistências de pilotagem e configuramos assistência de frenagem para “atenção” (Figura 8).

Figura 24. Alteração da assistência de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Orientar para que mais uma vez calculem a velocidade média e a aceleração na arrancada durante os 3 primeiros segundos, utilizando os melhores tempos de cada integrante do grupo, completando a tabela.

Logo após eles jogarem e anotarem os dados, pode-se reaplicar o questionário aos grupos, para que eles possam discutir e responder às mesmas perguntas baseando-se em observações feitas no jogo não observado por eles anteriormente.

Material da aula 2

TABELAS PARA PREENCHIMENTO DE DADOS - Jogo configurado para indicar o ponto de frenagem

Tabela 6. Tempos médios com frenagem manual

Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo médio

Tabela 7. Velocidades médias com frenagem manual

Velocidade média 1	Velocidade média 2	Velocidade média 3	Velocidade média 4	Velocidade média

Tabela 8. Acelerações médias com frenagem manual (0 a 3 s)

Aceleração 1	Aceleração 2	Aceleração 3	Aceleração 4	Aceleração média

Plano da aula 3

Objetivo: Estudar noções introdutórias de aceleração centrípeta e força centrípeta.

Metodologia: Sala de aula invertida com discussão teórica e exercícios em sala.

Recursos didáticos: Vídeo aulas e artigo online.

Atividade	Tempo estimado (min)
Receber dúvidas e reforçar o conteúdo	20
Resolver exercícios	15
Corrigir exercícios	10

Desenvolvimento da aula 3

O professor deve verificar antecipadamente a **estrutura da escola** para decidir de que maneira irá disponibilizar os vídeos para os alunos. É altamente recomendado que o professor tenha todos os vídeos baixados e disponíveis *off line*. Os materiais para estudos podem ser disponibilizados ao final da aula 2 para que os alunos estudem.

No início da aula 3 o professor recebe as dúvidas que os alunos trouxeram sobre os vídeos e/ou o artigo. Uma estratégia que pode ser utilizada mas envolverá mais tempo é estudar o material com o aluno na sala, caso ele não tenha estudado em casa ou não tiver compreendido com clareza.

É importante trabalhar o caráter vetorial da velocidade e discutir qualitativamente e quantitativamente a aceleração centrípeta utilizando os exercícios do artigo.

Material da aula 3

Vídeo: **Velocidade constante em uma trajetória curvilínea**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/race-cars-with-constant-speed-around-curve>

Vídeo: **Intuição de força e aceleração centrípeta**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/centripetal-force-and-acceleration-intuition>

Artigo: O que é aceleração centrípeta

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/a/what-is-centripetal-acceleration>

Plano da aula 4

Objetivos: Estudar como otimizar curvas durante uma corrida de automóveis. Entender o conceito de força centrípeta.

Metodologia: Sala de aula invertida com discussão teórica e exercícios em sala.

Recursos didáticos: Vídeo aula e artigo online.

Atividade	Tempo estimado (min)
Receber dúvidas e reforçar o conteúdo	25
Resolver exercícios	10
Corrigir exercícios	10

Desenvolvimento da aula 4

No início da aula 4 o professor recebe as dúvidas que os alunos trouxeram sobre o vídeo e/ou o artigo. Pode ser utilizada a mesma estratégia anterior (estudar o material com o aluno na sala)

Nessa aula é importante discutir a otimização da curva. Será esse entendimento que permitirá que ele compreenda como realizar voltas mais rápidas no jogo, ou caso ele saiba intuitivamente, possa fazer uma interpretação científica. Utilizando o que foi mencionado no vídeo, reforçar com os alunos a compreensão de que o melhor trajeto é aquele em que temos o maior raio possível, o que é obtido ao abrir a curva, seguindo em linha reta até o vértice interior da curva.

Nesta aula o aluno deve compreender de maneira mais clara a ideia de força centrípeta e que **no caso da motocicleta executando uma curva**, quem desempenha este papel é a força de atrito. É importante que o professor cite outros exemplos como por exemplo satélites, objetos presos por cordas que giram, mostrando que a força centrípeta é desempenhada por forças de naturezas diversas.

Material da aula 4

Vídeo: **Otimização de curvas**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/jrhildebrand-turning>

Artigo: **O que é uma Força Centrípeta**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-forces/a/what-is-centripetal-force>

Plano da aula 5

Objetivos: Calcular as velocidades limites para cada uma das curvas do circuito de Phillip Island em função do raio de curvatura e testar os resultados no jogo.

Metodologia: Estudo dirigido fornecendo dados dos raios das curvas e o coeficiente de atrito entre a pista e os pneus.

Recursos didáticos: *Smartphone*

Atividade	Tempo estimado (min)
Discutir o modelo sem forças resistivas	15
Calcular velocidades limites para cada curva em função do raio	15
Testar os valores calculados no jogo	15

Desenvolvimento da aula 5

Nessa aula, inicialmente é interessante reforçar com os alunos o entendimento de modelos, explicando que pretende-se fazer um cálculo da velocidade máxima para cada curva em função do raio em um modelo que desconsidera as forças resistivas. É interessante falar um pouco sobre elas, principalmente a força de arrasto, que aparece timidamente nos livros de Física do Ensino Médio.

Estabelecendo o modelo, considerando um coeficiente de atrito $\mu = 0,8$, e as informações da tabela 7, os alunos devem calcular a velocidade limite para cada curva em função do raio de curvatura da pista. É importante frisar que as velocidades que estão sendo calculadas são valores aproximados e que são válidas para curvas feitas exatamente ao longo dos raios da pista.

Após fazer estes cálculos, os alunos retornam ao jogo para verificarem se os valores calculados podem ser considerados aceitáveis.

Material da aula 5

Tabela 6. Raios das curvas da pista de Phillip Island

Curva	Raio interno (metros)	Raio externo (metros)
1	309	319
2	103	113
3	450	460
4	47	57
5	488	498
6	94	104
7	206	216
8	375	385
9	216	226
10	33	43
11	131	141
12	253	263

Plano da aula 6

Objetivos: Levantar dados sobre o entendimento dos alunos sobre o movimento das motocicletas após a aplicação da sequência didática.

Metodologia: Estudo dirigido aplicando questionário sobre o movimento das motocicletas.

Recursos didáticos: *Smartphone*

Atividade	Tempo estimado (min)
Reaplicar o questionário	25
Discutir respostas com os alunos	20

Desenvolvimento da aula 6

Esta aula se inicia com os alunos respondendo pela última vez ao questionário sobre o movimento das motocicletas. Deve ser dado um tempo maior para que eles discutam as respostas baseados no que foi apresentado durante a sequência didática. Eles podem até mesmo retornar ao jogo. É importante frisar que eles precisam dar respostas mais completas desta vez.

Em seguida o professor discute e corrige as questões do questionário com os alunos, objetivando um entendimento completo do assunto.

Material da aula 6

Smartphone com jogo SBK16© e questionário com perguntas sobre movimento das motocicletas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Vitor Hudson Pessoa de Brito

PRODUTO EDUCACIONAL

**Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular
uniforme explorando jogo de entretenimento**

Blumenau
2020



**Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular
uniforme explorando jogo de entretenimento.**

Vitor Hudson Pessoa de Brito

Produto educacional direcionado aos alunos do Ensino Médio, contido na dissertação de mestrado intitulada Uma proposta de sequência didática para o ensino do movimento circular uniforme explorando jogo de entretenimento sob orientação do prof. Dr Fábio Rafael Segundo e coorientação do Prof. Dr. Daniel Girardi.

Blumenau/SC
Março/2020

Apresentação

Será apresentada uma sequência didática de 6 aulas. A apresentação da sequência foi feita em seções onde são apresentados os planos de aula, com objetivo, metodologia, recursos didáticos necessários e um quadro com os tempos estimados para cada atividade da aula.

Em seguida a seção traz o desenvolvimento da aula apresentando sugestões de como conduzi-la. Finalizando as seções são apresentados os materiais necessários para a realização da aula.

Alguns materiais são utilizados em mais de uma aula. Dessa forma, um material que foi detalhado anteriormente foi apenas citado na lista de aulas posteriores.

Lista de Figuras

Figura 1. Tela de seleção de piloto e pista	8
Figura 2. Tela de configurações do jogo	8
Figura 3. Acesso a assistências de pilotagem.....	9
Figura 4. Ajustes das assistências de pilotagem.....	9
Figura 5. Tempo após uma volta.....	10
Figura 6. Classificação ao final da corrida com tempo de volta.....	10
Figura 7. Classificação da corrida onde o jogador não termina em 1º lugar	11
Figura 8. Alteração da assistência de pilotagem	16

Lista de tabelas

Tabela 1. Tempos de volta com frenagem automática.....	15
Tabela 2. Velocidades médias com frenagem automática	15
Tabela 3. Acelerações médias com frenagem automática (0 a 3 s).....	15
Tabela 4. Tempos médios com frenagem manual	17
Tabela 5. Velocidades médias com frenagem manual.....	17
Tabela 6. Acelerações médias com frenagem manual (0 a 3 s).....	18

Produto educacional - Sumário

Plano da Aula 1	7
Material da aula 1	11
Plano da Aula 2	16
Material da aula 2	17
Plano da aula 3	19
Material da aula 3	19
Plano da aula 4	21
Material da aula 4	21
Plano da aula 5	23
Material da aula 5	24
Plano da aula 6	25
Material da aula 6	25

Plano da Aula 1

Objetivo: Levantar informações acerca dos conhecimentos prévios relacionados ao movimento de motocicletas. Calcular os tempos médios, velocidades médias e acelerações médias.

Metodologia: Estudo dirigido com aplicação de questionário com perguntas relacionadas ao movimento de motocicletas, tutorial e tabela para coleta de dados.

Recursos didáticos: *Smartphones* com jogo SBK16© instalados.

Atividade	Tempo estimado (min)
Responder questionário	10
Jogar SBK16© e registrar tempos de volta	15
Calcular as velocidade e aceleração média	20

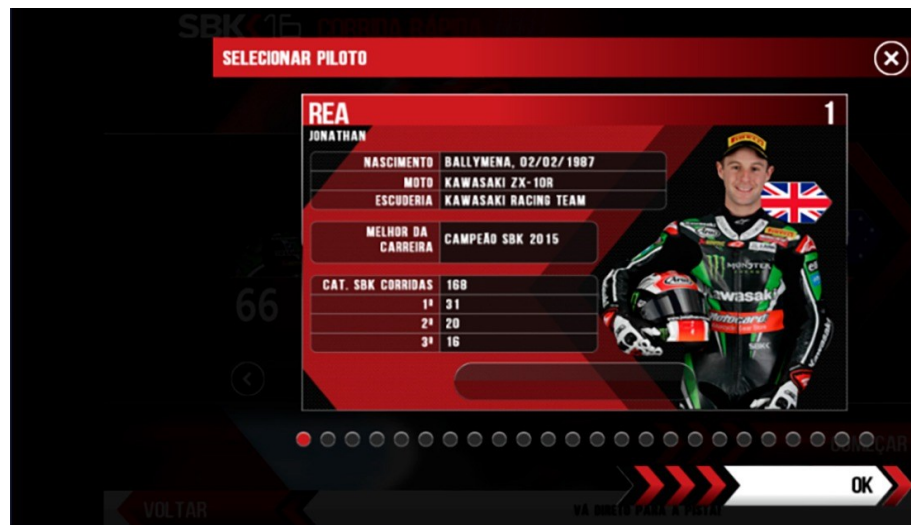
Desenvolvimento da aula 1

Na primeira aula, o professor deve fazer levantamento sobre quais alunos conseguiram baixar e instalar o jogo. Sugere-se um sistema de 4 alunos por grupo, para um acompanhamento melhor da turma. Os grupos devem ser organizados de modo a minimizar o número de alunos sem o jogo por grupo. O professor pode fazer alterações caso deseje, como por exemplo trabalhar com os alunos em grupos menores.

Aplicar o questionário para levantar informações acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o movimento de uma motocicleta.

Cada aluno deverá ser orientado a, na tela do jogo, selecionar corrida rápida e dentre as pistas disponíveis, selecionar Phillip Island (Austrália) para jogar (Figura 1)

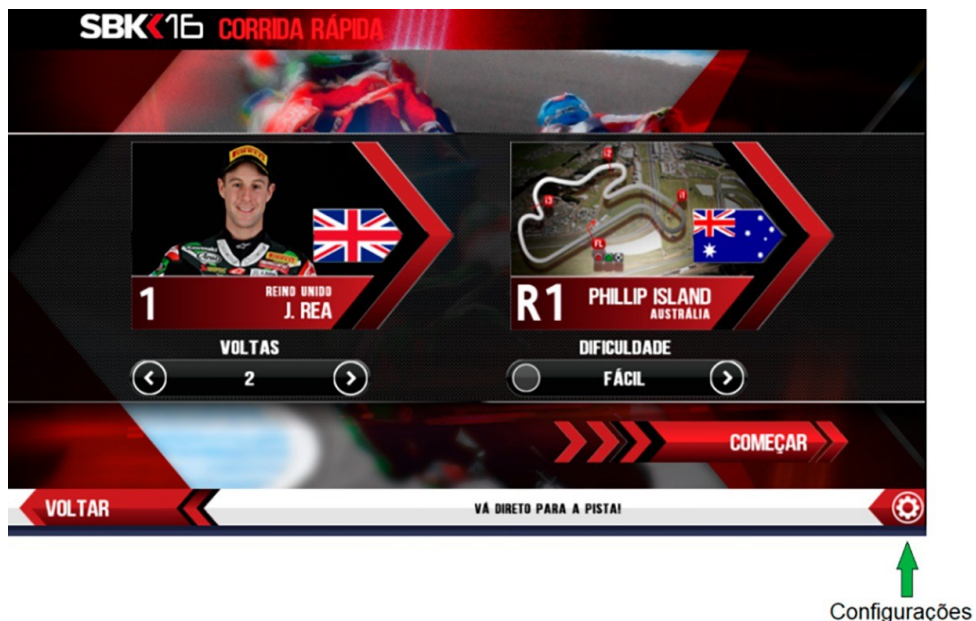
Figura 1. Tela de seleção de piloto e pista



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Inicialmente, solicitar que os alunos joguem no nível fácil, com o piloto Rea Jonathan. Orientar os alunos para que acessem Assistências de pilotagem na tela inicial do jogo (Figura 2).

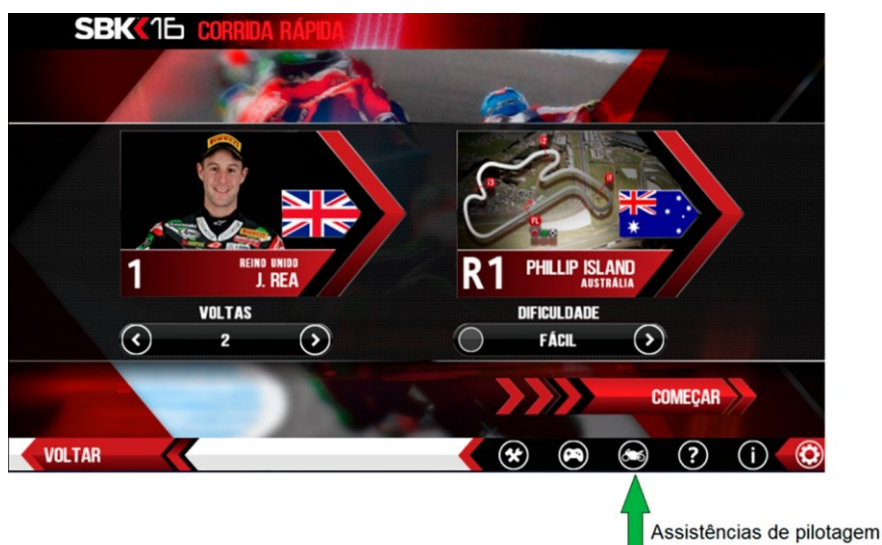
Figura 2. Tela de configurações do jogo



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Ao tocar no botão de configurações será aberto o menu de opções. Selecionar assistências de pilotagem (Figura 3):

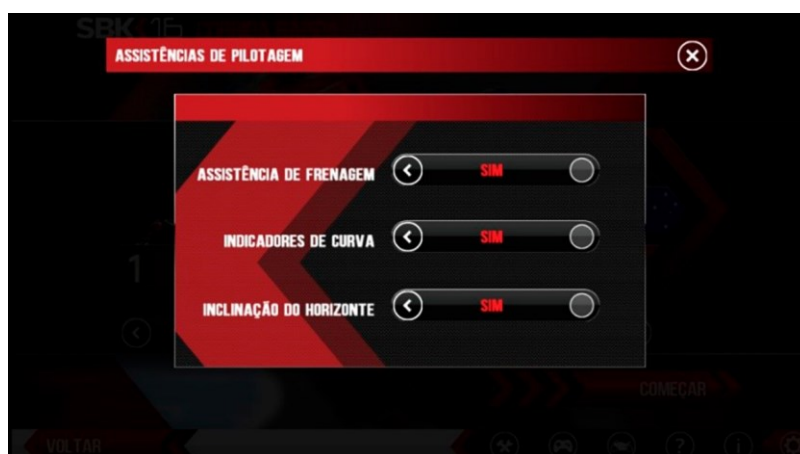
Figura 3. Acesso a assistências de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Ao selecionar o menu de assistências de pilotagem, deve-se configurar as assistências como mostrado na figura 4.

Figura 4. Ajustes das assistências de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

É importante que o máximo de alunos jogue. Caso sejam identificados alunos que não têm acesso ao jogo (por não possuírem celular ou por ter um que não apresenta as especificações necessárias para o jogo), é importante dar prioridade para que estes utilizem o espaço da aula para jogarem.

Utilizando a informação do comprimento total da pista (4445 m), calcular a velocidade média de cada grupo. Para auxiliar os grupos, foi preparado um tutorial de revisão

sobre como proceder nas conversões de unidades dos dados obtidos. Estes dados devem ser preenchidos nas tabelas. O tutorial e as tabelas estão na seção material da aula 1.

O tempo de volta pode ser coletado de várias formas diferentes, como por exemplo, ao completar uma volta o tempo aparece no canto superior esquerdo, como mostra a figura 5.

Figura 5. Tempo após uma volta



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

O tempo de volta também pode ser obtido no final da corrida, como mostra a figura 6.

Figura 6. Classificação ao final da corrida com tempo de volta

SBK 16		MELHOR VOLTA		
1	J. REA	KAWASAKI	ZX-10R	01:40:03
2	L. CAMIER	MV AGUSTA	F4	+00:47
3	M. VAN DER MARK	HONDA	CBR1000RR SP	+02:27
4	T. SYKES	KAWASAKI	ZX-10R	+05:16
5	S. GUINTOLI	YAMAHA	YZF R1	+06:28
6	N. HAYDEN	HONDA	CBR1000RR SP	+07:03
7	D. GIUGLIANO	DUCATI	PANIGALE R	+07:54
8	A. LOWES	YAMAHA	YZF R1	+07:54
9	J. HOOK	KAWASAKI	ZX-10R	+09:00

Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Caso o aluno não vença a corrida, o tempo em que ele completou a melhor volta aparecerá na tela final como a diferença em relação ao primeiro colocado, como podemos ver na figura 7.

Figura 7. Classificação da corrida onde o jogador não termina em 1º lugar

PHILLIP ISLAND AUSTRALIA		R1	
SBK 16 CLASSIFICAÇÃO - CORRIDA			
1	66	T. SYKES	KAWASAKI ZX-10R 03:27:05
2	7	C. DAVIES	DUCATI PANIGALE R +06:42
3	69	N. HAYDEN	HONDA CBR1000RR SP +07:96
4	1	J. REA	KAWASAKI ZX-10R +08:30
5	15	A. DE ANGELIS	APRILIA RSV4 RF +11:00
6	81	J. TORRES	BMW S1000 RR +11:05
7	10	I. TOTH	YAMAHA YZF R1 +12:95
8	16	J. HOOK	KAWASAKI ZX-10R +14:57
9	12	X. FORÉS	DUCATI PANIGALE R +16:08

TENTAR DE NOVO CONTINUAR

Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Com o tempo de volta, os demais dados podem ser obtidos. Como nesta primeira aula os alunos jogarão com as configurações iniciais de assistência de pilotagem, orientá-los a preencher apenas as três primeiras tabelas. As tabelas devem ser recolhidas após a aula. Na aula seguinte, eles receberão novamente as tabelas para preencherem a outra parte.

Material da aula 1

Smartphone com jogo SBK16© instalado. O jogo pode ser instalado gratuitamente (com propagandas) automaticamente acessando-se o link abaixo:

https://play.google.com/store/apps/details?id=it.dtales.sbk16&hl=pt_BR

Requisitos de hardware: Requer 38 MB de espaço de armazenamento

Requisitos de software: Requer Android 4.1 ou superior

QUESTIONÁRIO – MOVIMENTO DAS MOTOCICLETAS

Grupo: _____

Responda as questões abaixo, utilizando seus conhecimentos baseados em observações do cotidiano. Você pode voltar ao jogo SBK16 e fazer observações que ajudem a responder. Não use a internet para fazer pesquisas, você não perderá pontos caso sua resposta não esteja correta.

O que mantém a moto dentro do traçado ao fazer uma curva?

O que acontece se o piloto iniciar a frenagem da moto muito perto da curva?

O que acontece se o piloto frear demais durante muito tempo?

Ao fazer uma curva, qual o melhor traçado (caminho) para que o tempo seja minimizado?

Que fatores podem ser responsáveis por impedir a moto de fazer uma curva perfeitamente?

TUTORIAL – CONVERSÃO DE UNIDADES, VELOCIDADE MÉDIA E ACELERAÇÃO MÉDIA.

Grupo: _____

Cada integrante do grupo deve dar 2 ou 3 voltas e anotar seu melhor tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, como também o tempo expresso somente em segundos.

Vamos fazer uma revisão sobre como fazer essa conversão. Considere um tempo igual a 1:45:58.

Temos o tempo de um minuto, quarenta e cinco segundos, cinquenta e oito centésimos de segundos. Para converter este número para outro somente em segundos, podemos proceder da seguinte maneira:

1 minuto = 60 segundos; + 45 segundos = 105 segundos.

Temos ainda que 1 segundo = 100 centésimos de segundo. Logo: 58 centésimos de segundo = 0,58. Somando os valores: 60 s + 45 s + 0,58 = **105,58 s**

Você deve então preencher a tabela assim:

Tempo 1
1:45:58
105,58 s

Para calcular o tempo médio do grupo, basta somar os tempos de todos os integrantes e dividir por 4. Some os tempos em segundos, depois faça o caminho inverso para expressar o tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos.

Exemplo: Tome um tempo médio de 95,48 s.

95 segundos = 1 minuto e 35 segundos. Logo: **95,48 s = 1:35:48**

Para a velocidade média, lembre-se que esta é a razão entre a distância percorrida e um intervalo de tempo. A pista de Phillip Island possui 4.445 m. A velocidade média do jogador que concluiu a volta em 1:35:48 foi:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4445 \text{ m}}{105,58 \text{ s}} = \mathbf{42,1 \text{ m/s}}$$

Para utilizar uma unidade de velocidade com a qual você está acostumado a usar em seu dia-a-dia, faça também a conversão da velocidade de m/s para km/h. Lembre que para isto basta multiplicar a velocidade encontrada pelo fator 3,6 ($1h=3600 \text{ s}$ e $1 \text{ km}=1000 \text{ m}$).

$$42,1 \text{ m/s} \times 3,6 = \mathbf{151,36 \text{ km/h}}$$

Na tabela, preencha assim:

Velocidade 1
151,36 km/h
42,1 m/s

Finalmente, você irá calcular a aceleração média na arrancada durante os três primeiros segundos. Como exemplo, considere uma velocidade de 118 km/h. Como aceleração é a taxa de variação da velocidade em um intervalo de tempo, temos:

$$a = \frac{118 \text{ km/h}}{3 \text{ s}} = \mathbf{39,33 \text{ km/h.s}}$$

Fazendo a mudança para m/s^2 , que é a unidade no sistema internacional S.I., basta dividirmos por 3,6:

$$a = 39,33 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \text{s} \div 3,6 = \mathbf{10,9 \text{ m/s}^2}$$

Na tabela, preencha assim:

Aceleração 1
39,33 km/h.s
10,9 m/s²

TABELAS PARA PREENCHIMENTO DE DADOS – Jogo configurado para realizar frenagem automática

Tabela 1. Tempos de volta com frenagem automática

Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo médio

Tabela 2. Velocidades médias com frenagem automática

Velocidade média 1	Velocidade média 2	Velocidade média 3	Velocidade média 4	Velocidade média

Tabela 3. Acelerações médias com frenagem automática (0 a 3 s)

Aceleração 1	Aceleração 2	Aceleração 3	Aceleração 4	Aceleração média

Plano da Aula 2

Objetivo: Observar o comportamento dos alunos ao serem alteradas variáveis microdidáticas do jogo.

Metodologia: Estudo dirigido com aplicação de questionário com perguntas relacionadas ao movimento de motocicletas , tutorial e tabela para coleta de dados.

Recursos didáticos: *Smartphones* com jogo SBK16© instalados.

Atividade	Tempo estimado (min)
Jogar SBK16© e registrar tempos de volta	15
Calcular velocidade média e aceleração média	20
Responder questionário	10

Desenvolvimento da aula 2

Na aula 2, serão alteradas a assistência de frenagem, o piloto e o nível de dificuldade. Para alterar a assistência de frenagem, retornamos ao menu assistências de pilotagem e configuramos assistência de frenagem para “atenção” (Figura 8).

Figura 8. Alteração da assistência de pilotagem



Fonte: tela capturada no jogo pelo autor

Orientar para que mais uma vez calculem a velocidade média e a aceleração na arrancada durante os 3 primeiros segundos, utilizando os melhores tempos de cada integrante do grupo, completando a tabela.

Logo após eles jogarem e anotarem os dados, pode-se reaplicar o questionário aos grupos, para que eles possam discutir e responder às mesmas perguntas baseando-se em observações feitas no jogo não observado por eles anteriormente.

Material da aula 2

TABELAS PARA PREENCHIMENTO DE DADOS - Jogo configurado para indicar o ponto de frenagem

Tabela 4. Tempos médios com frenagem manual

Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo médio

Tabela 5. Velocidades médias com frenagem manual

Velocidade média 1	Velocidade média 2	Velocidade média 3	Velocidade média 4	Velocidade média

Tabela 6. Acelerações médias com frenagem manual (0 a 3 s)

Aceleração 1	Aceleração 2	Aceleração 3	Aceleração 4	Aceleração média

Plano da aula 3

Objetivo: Estudar noções introdutórias de aceleração centrípeta e força centrípeta.

Metodologia: Sala de aula invertida com discussão teórica e exercícios em sala.

Recursos didáticos: Vídeo aulas e artigo online.

Atividade	Tempo estimado (min)
Receber dúvidas e reforçar o conteúdo	20
Resolver exercícios	15
Corrigir exercícios	10

Desenvolvimento da aula 3

O professor deve verificar antecipadamente a **estrutura da escola** para decidir de que maneira irá disponibilizar os vídeos para os alunos. É altamente recomendado que o professor tenha todos os vídeos baixados e disponíveis *off line*. Os materiais para estudos podem ser disponibilizados ao final da aula 2 para que os alunos estudem.

No início da aula 3 o professor recebe as dúvidas que os alunos trouxeram sobre os vídeos e/ou o artigo. Uma estratégia que pode ser utilizada mas envolverá mais tempo é estudar o material com o aluno na sala, caso ele não tenha estudado em casa ou não tiver compreendido com clareza.

É importante trabalhar o caráter vetorial da velocidade e discutir qualitativamente e quantitativamente a aceleração centrípeta utilizando os exercícios do artigo.

Material da aula 3

Vídeo: **Velocidade constante em uma trajetória curvilínea**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/race-cars-with-constant-speed-around-curve>

Vídeo: **Intuição de força e aceleração centrípeta**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/centripetal-force-and-acceleration-intuition>

Artigo: **O que é aceleração centrípeta**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/a/what-is-centripetal-acceleration>

Plano da aula 4

Objetivos: Estudar como otimizar curvas durante uma corrida de automóveis. Entender o conceito de força centrípeta.

Metodologia: Sala de aula invertida com discussão teórica e exercícios em sala.

Recursos didáticos: Vídeo aula e artigo online.

Atividade	Tempo estimado (min)
Receber dúvidas e reforçar o conteúdo	25
Resolver exercícios	10
Corrigir exercícios	10

Desenvolvimento da aula 4

No início da aula 4 o professor recebe as dúvidas que os alunos trouxeram sobre o vídeo e/ou o artigo. Pode ser utilizada a mesma estratégia anterior (estudar o material com o aluno na sala)

Nessa aula é importante discutir a otimização da curva. Será esse entendimento que permitirá que ele compreenda como realizar voltas mais rápidas no jogo, ou caso ele saiba intuitivamente, possa fazer uma interpretação científica. Utilizando o que foi mencionado no vídeo, reforçar com os alunos a compreensão de que o melhor trajeto é aquele em que temos o maior raio possível, o que é obtido ao abrir a curva, seguindo em linha reta até o vértice interior da curva.

Nesta aula o aluno deve compreender de maneira mais clara a ideia de força centrípeta e que **no caso da motocicleta executando uma curva**, quem desempenha este papel é a força de atrito. É importante que o professor cite outros exemplos como por exemplo satélites, objetos presos por cordas que giram, mostrando que a força centrípeta é desempenhada por forças de naturezas diversas.

Material da aula 4

Vídeo: **Otimização de curvas**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-acceleration-tutoria/v/jrhildebrand-turning>

Artigo: **O que é uma Força Centrípeta**

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation/centripetal-forces/a/what-is-centripetal-force>

Plano da aula 5

Objetivos: Calcular as velocidades limites para cada uma das curvas do circuito de Phillip Island em função do raio de curvatura e testar os resultados no jogo.

Metodologia: Estudo dirigido fornecendo dados dos raios das curvas e o coeficiente de atrito entre a pista e os pneus.

Recursos didáticos: *Smartphone*

Atividade	Tempo estimado (min)
Discutir o modelo sem forças resistivas	15
Calcular velocidades limites para cada curva em função do raio	15
Testar os valores calculados no jogo	15

Desenvolvimento da aula 5

Nessa aula, inicialmente é interessante reforçar com os alunos o entendimento de modelos, explicando que pretende-se fazer um cálculo da velocidade máxima para cada curva em função do raio em um modelo que desconsidera as forças resistivas. É interessante falar um pouco sobre elas, principalmente a força de arrasto, que aparece timidamente nos livros de Física do Ensino Médio.

Estabelecendo o modelo, considerando um coeficiente de atrito $\mu = 0,8$, e as informações da tabela 7, os alunos devem calcular a velocidade limite para cada curva em função do raio de curvatura da pista. É importante frisar que as velocidades que estão sendo calculadas são valores aproximados e que são válidas para curvas feitas exatamente ao longo dos raios da pista.

Após fazer estes cálculos, os alunos retornam ao jogo para verificarem se os valores calculados podem ser considerados aceitáveis.

Material da aula 5

Tabela 6. Raios das curvas da pista de Phillip Island

Curva	Raio interno (metros)	Raio externo (metros)
1	309	319
2	103	113
3	450	460
4	47	57
5	488	498
6	94	104
7	206	216
8	375	385
9	216	226
10	33	43
11	131	141
12	253	263

Plano da aula 6

Objetivos: Levantar dados sobre o entendimento dos alunos sobre o movimento das motocicletas após a aplicação da sequência didática.

Metodologia: Estudo dirigido aplicando questionário sobre o movimento das motocicletas.

Recursos didáticos: *Smartphone*

Atividade	Tempo estimado (min)
Reaplicar o questionário	25
Discutir respostas com os alunos	20

Desenvolvimento da aula 6

Esta aula se inicia com os alunos respondendo pela última vez ao questionário sobre o movimento das motocicletas. Deve ser dado um tempo maior para que eles discutam as respostas baseados no que foi apresentado durante a sequência didática. Eles podem até mesmo retornar ao jogo. É importante frisar que eles precisam dar respostas mais completas desta vez.

Em seguida o professor discute e corrige as questões do questionário com os alunos, objetivando um entendimento completo do assunto.

Material da aula 6

Smartphone com jogo SBK16© e questionário com perguntas sobre movimento das motocicletas