

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM  
AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS**

**ANDERSON TOMÉ DE SOUZA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade de Brasília (UnB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Prof. Dr. Antônio Carlos Pedroza

Brasília – DF  
Dezembro 2023

ANDERSON TOMÉ DE SOUZA

CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM  
AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos Pedroza

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Antônio Carlos Pedroza  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Marcello Ferreira  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Rendisley Aristóteles dos Santos Paiva  
Membro da Banca

Brasília-DF

Dezembro 2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

TS729c Tomé de Souza, Anderson  
CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM AMBIENTES  
NÃO CONVENCIONAIS / Anderson Tomé de Souza; orientador Dr.  
Antônio Carlos Pedroza. -Brasília, 2023.  
145 p.

Dissertação (Mestrado em Física) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. Ambientes não convencionais de ensino. 2. Kartódromo.  
3. Movimento acelerado. 4. Aprendizagem significativa. 5. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). I.  
Carlos Pedroza, Dr. Antônio , orient. II. Título.

Meu objetivo é expor uma ciência muito nova que trata de um tema muito antigo. Talvez nada na natureza seja mais antigo que o movimento [...].

[citação atribuída a]  
Galileu Galilei

Dedicado à minha esposa, aos meus  
filhos, aos meus pais e à minha irmã.

Paz e Bem!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por essa vitória em minha vida acadêmica.

À minha esposa, Maria Amélia Alimandro Tomé de Souza, que além do incentivo constante propiciou um ambiente favorável de estudo com seu cuidado e zelo para com os nossos filhos. Sou grato por seu apoio incondicional.

Aos meus filhos, Maria Cecília, João Marcos, Clarissa e Catarina, pela compreensão em inúmeros momentos de ausência do papai.

Aos meus pais Ademir Tomé de Souza e Edna Lúcia Santana de Souza, que sempre se empenharam para que eu pudesse chegar até aqui. A você, meu pai, agradeço todo trabalho árduo para investir em nossa família e a você, minha mãe, toda dedicação em nos motivar a sermos melhores. No momento, a compreensão lhe escapa, no entanto, realizei com sucesso um de seus sonhos.

À minha irmã, Andressa Tomé de Souza, por sempre me apoiar, incentivar e contribuir em minha jornada acadêmica.

Aos meus familiares e irmãos de comunidade, que me apoiaram nos momentos mais críticos e decisivos. Obrigado, por toda a compreensão nos momentos em que me ausentei.

À colega Maria Clotilde B. Leite Campos por sua vasta experiência em gestão educacional, que de maneira muito especial me motivou a trilhar esse caminho e ao parceiro, Me. Demutiey Rodrigues de Sousa, que, com sua proximidade e apoio, ajudou-me a ingressar nessa jornada.

Aos amigos, quase irmãos, de longas datas, os quais unifico na pessoa do Me. Alexandre de Carvalho Rodrigues da Silva, que mesmo sem a minha presença constante, torcem por e acreditam em o meu sucesso pessoal.

Aos meus estudantes, por me proporcionarem a oportunidade de aprender mais que ensinar.

À equipe diretiva e ao corpo docente do Colégio Passionista Mãe da Santa Esperança, na figura da coordenadora Maria Aparecida Araújo Silva Martins, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas do MNPEF, em especial, Felipe Alves, Júlio Francisco, Rafael Costa, Thátysce Bonfim, com quem pude contar e dividir conhecimentos.

Ao meu orientador, Professor Dr. Antônio Carlos Pedroza, pela atenção, paciência e dedicação.

Ao corpo docente do Programa Nacional de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília (MNPEF/UnB).

À UnB e à Sociedade Brasileira de Física (SBF), pelo apoio e pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – Código de Financiamento 001, pelo apoio e pela oportunidade.

## RESUMO

### CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS

Anderson Tomé de Souza

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos Pedroza

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade de Brasília (UnB), no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

A presente dissertação descreve o fundamento, o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo por referência aportes da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Essa produção educacional foi formulada com o propósito de permitir aos estudantes estabelecer conexões entre princípios teóricos e experiências concretas, utilizando o circuito de direção de um *kart* como ambiente não convencional de ensino. Foi elaborada uma sequência didática constituída de cinco aulas e uma saída de campo em turno contrário, com o objetivo de estudante promover o ensino de conceitos inerentes ao estudo de movimentos acelerados, em particular, o circular. A proposição inicia-se em averiguar os subsunçores (conhecimentos prévios) e culmina em discussões e reflexões fortemente embasadas pela experiência prática vivenciada num Kartódromo. Dessa maneira, esta pesquisa contribui com o debate acerca da motivação escolar, especialmente para o aprendizado de Física. Os resultados indicam que a aprendizagem se deu de forma significativa, a experiência de ensino em ambientes não convencionais de ensino induziu efeitos de aprendizagem cognitiva da TAS apesar das diversas pressões operacionais encontradas na implementação da sequência didática nesses ambientes. A melhoria na aprendizagem dos estudantes é justificativa suficiente para a execução contínua desta abordagem.

**Palavras-chave:** Ambientes não convencionais de ensino; Kartódromo; movimento acelerado; sequência didática; UEPS.

## ABSTRACT

### CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS

Anderson Tomé de Souza

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos Pedroza

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This **dissertation** describes the foundation, development, application and evaluation of a Potentially Significant Teaching Unit (PMTU), with reference to contributions from the Meaningful Learning Theory (TAS). This educational production was formulated with the purpose of allowing students to establish connections between theoretical principles and concrete experiences, using the driving circuit of a kart as an unconventional teaching environment. A **teaching unit** consisting of five classes and a field trip in reverse shift was created, with the aim of promoting the teaching of concepts inherent to the study of accelerated movements, in particular, circular movements. The proposition begins with investigating the subsumers (prior knowledge) and culminates in discussions and reflections strongly based on practical experience at the go-kart track (in Portuguese, "*Kartódromo*"). In this way, this research contributes to the debate about school motivation, especially for learning Physics. The results indicate that learning occurred significantly, the teaching experience in non-conventional teaching environments induced cognitive learning effects of TAS despite the various operational pressures encountered in the implementation of the **teaching unit** in these environments. The improvement in student learning is sufficient justification for the continued implementation of this approach.

**Keywords:** unconventional teaching environments; go-kart track (Kartódromo); accelerated movement; teaching unit; Potentially Meaningful Teaching Units - (PMTU).



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular.....	22
<b>Figura 2</b> – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular após um intervalo de tempo.....	22
<b>Figura 3</b> – Recorte da figura 2 em detalhe.....	24
<b>Figura 4</b> – Operação vetorial do ponto de vista gráfico com base na Figura 3. ....	24
<b>Figura 5</b> – Resultante da operação vetorial. ....	25
<b>Figura 6</b> – Variação da velocidade que aponta para o centro da trajetória. ....	25
<b>Figura 7</b> – Vetor velocidade da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular após um intervalo de tempo muito pequeno. ....	26
<b>Figura 8</b> – Operação vetorial do ponto de vista gráfico com base na Figura 7. ....	27
<b>Figura 9</b> – Resultante da operação vetorial. ....	27
<b>Figura 10</b> – Variação da velocidade que aponta para o centro da trajetória. Após um curto intervalo de tempo.....	27
<b>Figura 11</b> – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular após um intervalo de tempo.....	28
<b>Figura 12</b> – Decomposição do vetor velocidade final.....	29
<b>Figura 13</b> – Triângulo obtido a partir das componentes da velocidade.....	30
<b>Figura 14</b> – Análise trigonométrica da velocidade. ....	31
<b>Figura 15</b> – Análise a partir da posição inicial, em um infinitésimo de tempo. ....	33
<b>Figura 16</b> – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular.....	36
<b>Figura 17</b> – Ilustração do processo de aprendizagem Mecânica e de Aprendizagem Significativa. ....	43
<b>Figura 18</b> – Síntese das etapas da UEPS .....	49
<b>Figura 19</b> – Kartódromo Carrera.....	73
<b>Figura 20</b> – Layout da pista .....	74
<b>Figura 21</b> – Curvas em destaque.....	74
<b>Figura 22</b> – Gráficos do app – Giro circular sem gravidade.....	84
<b>Figura 23</b> – Gráficos do app – Giro circular com gravidade.....	85
<b>Figura 24</b> – Gráficos do app – Queda livre. ....	85

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 1</b> – 9º Ano A.....	68
<b>Foto 2</b> – 9º Ano B.....	68
<b>Foto 3</b> – Banner Carrera Kart.....	72
<b>Foto 4</b> – Drone MAVIC 2.....	73
<b>Foto 5</b> – sala de <i>briefing</i> .....	76
<b>Foto 6</b> – Preparação para tomada de tempo. ....	76
<b>Foto 7</b> – <i>Grid</i> de largada. ....	77
<b>Foto 8</b> – Anotações.....	77
<b>Foto 9</b> – Registro de tempo em cada curva demarcada. ....	78
<b>Foto 10</b> – Retorno à Instituição. ....	78
<b>Foto 11</b> – Aplicação do primeiro questionário. ....	80
<b>Foto 12</b> – Aplicação do primeiro questionário. ....	81
<b>Fotos 13 e 14</b> – Aplicação do segundo questionário. ....	82
<b>Foto 15</b> – Ensino hibrido, remoto e presencial. ....	82
<b>Fotos 16 e 17</b> – Testando o aplicativo phyphox nos celulares.....	84
<b>Foto 18</b> – Registro dos tempos nas curvas selecionadas. ....	86
<b>Foto 19</b> – Cálculo da aceleração centrípeta.....	87
<b>Foto 20</b> – Aula ministrada pelas estudantes da terceira série.....	87
<b>Foto 21</b> – Trena com rodas.....	90
<b>Foto 22</b> – Aferindo a medida da curva utilizando a trena com rodas.....	90
<b>Fotos 23 e 24</b> – Estudantes realizando os registros acerca das medidas da pista do kartódromo. ....	91
<b>Foto 25</b> – Valores obtidos utilizando a trena com rodas.....	91
<b>Foto 26</b> – Explicação das bandeiras. ....	92
<b>Foto 27</b> – Estudantes atentos aos detalhes repassados pelo instrutor. ....	92
<b>Foto 28</b> – Comemoração após a corrida.....	93

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO DE FÍSICA.....	21
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM ENSINO E APRENDIZAGEM .....	40
3.1 A Abordagem da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....	42
3.2 Visão de Moreira acerca da Teoria de Aprendizagem Significativa .....	46
4 BREVE REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ENSINO DE FÍSICA EM AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS .....	50
5 METODOLOGIA.....	59
5.1 Sequência Didática .....	60
5.1.1 Descrevendo as aulas de forma minuciosa.....	63
6 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DISCUSSÕES .....	67
6.1 Aplicação da sequência didática no ensino médio .....	80
6.2 Aplicação da sequência didática em outra instituição de ensino .....	88
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	95
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL .....	103
1. Apresentação do produto educacional .....	6/108
2. Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Relacionada a movimentos acelerados em ambientes não convencionais .....	7/109
2.1 Diagnóstico e objetivo .....	7/109
2.1.1 Investigação dos conhecimentos prévios .....	8/110
2.1.2 Situações-problema introdutórias .....	8/110
2.2 Diferenciação progressiva.....	9/111
2.2.1 Socializando as ideias em grupo .....	9/111
2.3 Complexidade .....	10/112
2.4 Reconciliação integrativa .....	14/116
2.4.1 Aprendizagem significativa .....	14/116
2.5 Avaliação .....	15/117
2.6 Efetividade.....	15/117
2.6.1 Validação da Sequência Didática .....	16/118
Considerações Finais.....	17/119
Referências .....	18/120

APÊNDICE B: LAYOUT DO KARTÓDROMO E TRENA COM RODAS.....	19/121
APÊNDICE C: OUTRAS MANEIRAS DE OBTER A EQUAÇÃO DA ACELERAÇÃO CENTRÍPETA.....	122
ANEXO 1 - MODELO DE AUTORIZAÇÃO UTILIZADO NA ESCOLA PARA A SAÍDA DE CAMPO .....	130
ANEXO 2 - ESTRUTURA DO COLÉGIO BATISTA DE BRASÍLIA.....	131
ANEXO 3 - MÍDIA E CONTRATO DE LOCAÇÃO.....	135
ANEXO 4 - MODELO DE AUTORIZAÇÃO UTILIZADO NA ESCOLA PARA A SAÍDA DE CAMPO .....	138
ANEXO 5 - ESTRUTURA DO COLÉGIO PASSIONISTA MÃE DA SANTA ESPERANÇA .....	139
ANEXO 6 - OUTRAS IMAGENS ACERCA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA – ACERVO PESSOAL .....	142

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o momento em que nascemos, a vida apresenta uma série de lições que a escola é incapaz ensinar. Ao longo da vida, ultrapassando as limitações espaço temporais e estruturais da educação formal, há muito para descobrir e compreender, mais do que competências e habilidades básicas - linguagens, operações lógico-formais, compreensão do mundo natural, dimensões éticas, morais, políticas e filosóficas, capacidades manipulativas, etc. -, que vão da mais simples tarefa de casa à mais rebuscada atividade comercial. Trata-se de desenvolver condições psicomotoras, intelectivas e sociais essenciais para sobreviver em um mundo em constantes transformações. Reconhecendo-se o papel institucional da escola, assume-se que as interpelações desse mundo ultrapassam o que pode ser modelado e abordado pelos currículos e livros didáticos.

A educação permite que os seres humanos aproveitem ao máximo as oportunidades apresentadas em um cenário global em rápida evolução. Apenas adquirir conhecimento não é suficiente; os indivíduos devem ser proativos e utilizar todas as oportunidades para se manterem atualizados. O conhecimento adquirido em um estágio inicial deve ser construído na medida em que os indivíduos crescem em todos os aspectos – social, econômico, tecnológico e científico. Ao fazer isso, podemos tornar-nos mais conscientes das mudanças do mundo ao nosso redor e de nosso papel nele.

Nos últimos anos, tem-se assistido a inúmeras propostas de alinhamento, nos ensinos fundamental e médio, entre o ensino da Física e o desenvolvimento e expansão dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Inúmeros pesquisadores da área de ensino de ciências (SILVA, MOURA & DEL PINO, 2015, 2017, 2018; SILVA & NOGARA, 2018; SILVA *et al.*, 2019) têm defendido a inclusão desse contexto nos currículos dos ensinos fundamental e médio, alegando que o ensino de ciências físicas não tem conseguido acompanhar os avanços tecnológicos e científicos ou mesmo se aproximar do que os estudantes deveriam estudar para uma cidadania plena.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), último documento curricular oficial vigente, propõe competências e habilidades para o (pretense) novo ensino de ciências naturais, porém não estabelece os conteúdos programáticos. Assim, torna-se função dos sistemas educacionais e, no limite, do professor, estabelecer a estratégia

pedagógica mais apropriada para desenvolvê-las e, ao mesmo tempo, permitir que o estudante se aproprie da dimensão reflexiva em suas práticas escolares.

Um exemplo localizado da potência dessa estratégia ocorre no ensino do tópico “movimento circular”, em particular, no estudo da aceleração centrípeta - integrante do conhecimento basilar da Mecânica como área de conhecimento da Física. Embora essa grandeza seja bem definida na Mecânica Clássica, seu ensino, na educação básica, é usualmente baseado nas funções matemáticas que a modelizam, com precárias incursões teóricas, distanciando-se de processos de ensino e aprendizagem que se dirijam a abordagens investigativas (Ferreira *et. al.*, 2022).

Atualmente, os sistemas comunicacionais baseados em tecnologias digitais e hiperconexões auxiliam a abordar, didaticamente, cinemática e outros temas, por exemplo, pelo emprego de simulações de diversas autorias e de outros desenhos instrucionais. Há plataformas computacionais nas quais, em uma mesma tela do dispositivo, é possível mostrar, de forma sincronizada, a animação do movimento e as respectivas tabelas e gráficos (FERREIRA *et al.*, 2021). Por exemplo, para explicar o movimento de queda livre, o professor utiliza um *software* para realizar a simulação a fim de proporcionar melhor visualização do movimento, juntamente com as funções matemáticas relacionadas, respeitando escalas, condições de contorno, efeitos decorrentes, variações, etc. Ele pode estabelecer um roteiro a ser seguido pelos estudantes para realizar a contento a simulação. No entanto, o que se lê nos livros didáticos e se observa, na prática, ainda é uma estrutura de aula engessada, baseada na narrativa e na demonstração de efeitos, com pouca discussão das causas e variações, o que desqualifica esforços de ensinar com suporte em teorias de ensino cognitivas/normativas e/ou educacionais/normativas, noções contemporâneas de aprendizagem e metodologias ativas baseadas em Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

Nessa perspectiva, as teorias cognitivas/normativas, segundo a abordagem de Ausubel, assumem que a aprendizagem envolve a assimilação, na estrutura cognitiva do aluno, de um conjunto de conceitos, resultando na necessidade de reorganizar essa estrutura. A ênfase de Ausubel na estrutura cognitiva o coloca como adepto do cognitivismo em Psicologia. O conceito de subsunçores também é fundamental na abordagem de Ausubel e representa o conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do estudante. Aprender, portanto, envolve o processo de incorporação, nessa estrutura cognitiva, de novos conhecimentos, por meio de subsunçores. Esse

processo, para ancoragem à estrutura, exige mudanças tanto dos subsunçores quanto de novos conhecimentos, pois pode haver resistência de ambos os lados. No geral, a abordagem de Ausubel destaca a importância de organizar e modificar a estrutura cognitiva para facilitar uma aprendizagem significativa.

Durante sua gestão como professor na Universidade de Columbia, Lipman percebeu um problema comum entre seus alunos: eles lutavam para construir o raciocínio. Reconhecendo o raciocínio como elemento fundamental para o desenvolvimento ético, justificação de crenças e processos de generalização, entre outras coisas, Lipman decidiu criar um programa de filosofia para crianças e adolescentes. Este programa foi concebido para estimular o pensamento articulado e estruturado e promover atitudes críticas, reflexivas, criativas e autônomas. Para Lipman, o pensamento era central em sua filosofia, que consideramos uma teoria da educação. Lipman definiu inicialmente o pensamento crítico como a capacidade de julgar e contribuir para a resolução de problemas, tomada de decisões e aprendizagem de novos conceitos. Esta capacidade de julgar depende da capacidade de seguir critérios para seleção e defesa de argumentos e ações. Sendo uma ferramenta crucial para prever resultados de decisões, o pensamento crítico é autocorrigível e sensível ao contexto de utilização (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018).

Para Ferreira *et al* (2020), as características de um jogo digital e suas possibilidades de uso pedagógico convergem para a ideia de que eles podem ter um papel na construção de sentidos. Essa associação se pode materializar, cognitivamente, como saber arbitrário e não literal - aprendizagem mecânica -, etapa preliminar de aprendizagem - conhecimento prévio/subsunçor -, e/ou elemento que viabiliza o acesso a um conhecimento abstrato - organizador prévio -, e/ou como matéria de ensino com potencial de significação - material potencialmente significativo -, e/ou na hierarquização em crescente complexidade de esquemas de significação - situações-problema - e/ou na possibilidade de tradução e recontextualização de conhecimentos - proposicionamento significativo.

Exemplo dessa versatilidade de aplicações teórico-metodológicas pode ser encontrado, hipoteticamente, em um jogo digital que articule conceitos físicos. O empreendimento pode auxiliar na apreensão mecânica de determinados sentidos, no favorecimento ao acesso de outros, como matéria de ensino propriamente dita, como solução de questões/problemas hierarquicamente constituídos ou como meio de expressão organizada e com significados do conhecimento (FERREIRA *et al.*, 2020).

Não existe uma definição única sobre o momento em que se deve fazer a abordagem do conteúdo de aceleração centrípeta na educação básica, haja vista que ele mimetiza diversos fenômenos físicos - na Mecânica, no estudo das Oscilações e no Eletromagnetismo. É comum vermos uma linha de conteúdos preestabelecidos nos livros didáticos em que o estudante venha em crescente ancoragem<sup>1</sup> de informações, que sustente os conteúdos vindouros. Isso acontece com o conteúdo de aceleração centrípeta e tantos outros, mas o elegemos por se tratar de uma aplicação meramente mecânica, exigindo do estudante apenas memorização e aplicação da consentânea equação, que permita calcular a grandeza em situações-problema recorrentemente apresentadas em materiais didáticos. Estudantes que aderem facilmente a essa prática, após um pequeno período, já não possuem a retenção do conteúdo estudado, pois o processo de memorização se deu de forma mecânica. Passado o período de instrução, as concepções alternativas - de senso comum - regressam e apresentam maior influência do que as novas ideias (Moreira, 1999; Ferreira; Silva Filho, 2021)

Para tornar o ensino do movimento circular e, em particular, o da aceleração centrípeta acessível à compreensão dos estudantes, é preciso realizar uma seleção de conteúdos e, ao mesmo tempo, elaborar uma sequência didática de abordagem qualificada e dedicada à aprendizagem significativa - aqui caracterizada como aquela que parte de conhecimentos preliminares e se articula sob diversos referenciais à constituição longínqua e circunstanciada de conhecimentos, nos termos postulados por Ausubel (1968, 1978, 1980, 2000), Moreira (1995, 2012) e Ferreira *et al.* (2018, 2020, 2021).

Neste trabalho, escolhemos uma abordagem com suporte na teoria ausubeliana (AUSUBEL, 1978; MOREIRA, 1999; FERREIRA; SILVA FILHO, 2021) da aprendizagem, escolhida dentre as diversas abordagens psicológicas de aprendizagem existentes, como proposta de aprendizagem significativa do conceito de aceleração centrípeta que aparece no movimento circular:

Essa proposta de ensino deve ser tal que leve os estudantes a construir seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências (CARVALHO, 2004, p.6).

---

<sup>1</sup> Voltaremos, à frente, a esta noção, a partir do significado de que ela se reveste na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) que fundamenta a produção educacional derivada desta discussão.



Devido a contingências educacionais de várias naturezas, que passam por questões sociopolíticas, econômicas, culturais e tecnológicas, não há tempo suficiente para que os estudantes viabilizem compreensões e experimentações efetivas, qualificadas e promotoras de aprendizagens significativas. Como resultado, o pensamento reflexivo sofre devido à aceleração do ensino. No ensino de ciências especificamente, esse dilema é ainda mais urgente, em tempos de conservadorismo político, ultraliberalismo econômico e negacionismo científico. Não é incomum observar que grande contingente populacional, em particular jovens de classes socioeconômicas subdesenvolvidas, lutam para desqualificar a ciência como modelo explicativo ao que observam fora da escola. Isso impede que a ciência escolar os ajude a se esclarecer e se informar e dilui a noção de como esse campo do saber afeta e pode transformar visões acerca das determinações e das contradições de mundo e, por consequência, de modos de existência. Em última análise, os professores enfrentam a gigantesca tarefa de garantir que a educação científica se torne interativa e baseada em discussões e evitar métodos com narrativas pedantes e pouco inspiradoras.

Para revolucionar o ensino de ciências, o professor tem de fazer algumas modificações em seu estilo de ensino: mudar as estratégias metodológicas e apor um novo olhar acerca do sentir, agir e refletir durante as aulas, reavaliando as teorias e planos de aula que adotam. Espera-se que a perspectiva de ensinar ciências encoraje a todos – professores e estudantes, independentemente das condições subjacentes e do campo de enfrentamentos que transitam – a pesquisar, promover métodos inovadores de ensinar e aprender, desviar a ênfase da instrução tradicional e perpetuar pensamento crítico, reflexivo e transformador.

Para realizar essa mudança de direção, para dar conta das estratégias metodológicas utilizadas durante as aulas e questionar os pressupostos utilizados, novas mentalidades são necessárias, sobretudo uma mudança de paradigma em sentimentos e ações tanto na prática profissional quanto na planificação das aulas (FERREIRA; SILVA FILHO, 2021). Incorporar a pesquisa ao ensino de ciências significa transformar a maneira como a aula funciona: não mais fornecer apenas informações, mas alterar perspectivas, comportamentos e ações à luz das estratégias usadas fora de sala de aula e dos princípios subjacentes ao estilo de ensino.

A resolução de questionários de pesquisa fornece ao professor uma plataforma para se engajar em uma experiência de aprendizagem interativa. Em vez de fornecer

respostas e conhecimentos em uma aula tradicional, permite-se que os estudantes apresentem suas próprias ideias. Isso cria um ambiente ideal para a compreensão de informações e fatos, além de estimular um discurso significativo sobre os temas em estudo, o que facilita o estabelecimento de laços sociais e o desenvolvimento do pensamento crítico. Os estudantes têm a chance de debater seus pontos de vista e ajustá-los, se necessário, contribuindo para o aprofundamento de todos os conceitos envolvidos. Ao incorporar a resolução de questionários em suas pesquisas, os professores são capazes de incentivar um ambiente de aprendizagem participativo que incentiva cada estudante a expressar suas ideias e torna o conceito ou fenômeno mais acessível. Em essência, permite-se que os estudantes pensem criticamente enquanto conectam suas perspectivas àquelas advindas de outros.

A aprendizagem por meio da solução de problemas e debate permite que o professor aborde o assunto de maneira envolvente e colaborativa. Ao contrário do estilo convencional de ensino, em que os instrutores ditam teorias e fatos, um diálogo hipotético-dedutivo encoraja os estudantes a fornecerem ideias que podem funcionar como ponte entre o que já sabem e novos conhecimentos que venham a adquirir – essa é, afinal, a premissa da aprendizagem significativa para Ausubel (2000) (FERREIRA; SILVA FILHO, 2021). Além disso, os debates em torno dos fenômenos criam uma atmosfera de diferentes perspectivas, na qual os argumentos são confrontados, promovendo, em última instância, a socialização entre indivíduos de diversas origens. Isso potencializa o ambiente de sala de aula, fornecendo-lhes diferentes interpretações do assunto em questão.

Da mesma maneira que as situações-problemas e as atividades investigativas não podem ser aleatórias e desconexas, as investigações, como citado por Azevedo (2009), Carvalho (2016) e Moura e Silva (2019), devem ser organizadas de modo a fazer sentido para o estudante e terem uma sequência lógica de pensamento. Dessa forma, a estratégia proposta deve seguir uma sequência lógica de atividades investigativas.

No esforço de inovar no campo do ensino da Física, vários pesquisadores têm realizado estudos no âmbito do Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física (MNPEF). Essas pesquisas validam efetivamente que métodos alternativos são mais eficientes, no sentido de coparticipação do estudante, do que os métodos tradicionais. (FERREIRA *et al.*, 2021; 2022)

Levando em consideração a importância da aceleração centrípeta, elaboramos um produto educacional sob medida para as necessidades dos estudantes do ensino médio. Para avançar no aprendizado da aceleração centrípeta no ensino médio, criamos uma ferramenta educacional usando a teoria da aprendizagem significativa, na perspectiva cognitiva-descritiva, e o sociointeracionismo, na perspectiva educacional-normativa. Isso foi construído com base na abordagem educacional de David Ausubel (AUSUBEL, 1968, 1978, 1980, 2000) e nas teorias de Marco Antônio Moreira sobre Aprendizagem Crítica Significativa (MOREIRA, 1995, 1999, 2012), bem como em uma metodologia derivada da Pedagogia Investigativa (MOREIRA, 1999). Além disso, estamos determinados a enfatizar que o ambiente não convencional de aprendizagem vincula todos esses componentes para um resultado bem-sucedido.

Nosso produto educacional inclui uma sequência didática cuidadosamente estruturada em cinco aulas, juntamente com elementos de mediação e atividades para orientar os estudantes no desenvolvimento de uma compreensão significativa do tópico aceleração centrípeta e demais grandezas envolvidas. Cada aula é construída para criar âncoras que sirvam de base para as subseqüentes, bem como para a culminância em uma saída de campo – ambiente não convencional de aprendizagem – que ajudará os estudantes a fazerem conexões entre as concepções iniciais acerca do tema e aquelas mais coerentes, que compõem o cenário da aprendizagem significativa. Nosso produto consiste em vários componentes, todos dirigidos a auxiliar, sob os pressupostos apresentados, o professor a ensinar e o estudante a aprender efetivamente. Envolve questionários, roteiros de atividades extraclasse, *layout* de pista do Kartódromo, recomendações de vídeos e textos, bem como sugestões para atividades de aprendizagem baseadas em investigação, focando na introdução do conceito de aceleração centrípeta de forma lúdica, despertando no estudante o entusiasmo para continuar aprendendo. Deseja-se uma experiência educacional mais emocionante e imersiva do que a instrução mecânica.

Em síntese, esta dissertação descreve uma experiência conduzida ao utilizar um kartódromo como ferramenta motivacional para uma aula de Física. Abordagens didáticas prévias serviram como ancoragem, dado o desafio dos estudantes em compreender as aulas tradicionais e a falta de interesse que demonstram. Nosso objetivo foi desenvolver uma abordagem para tornar o conteúdo de Física em questão mais atraente e compreensível. Os métodos tradicionais de ensino detêm o seu valor, porém, muitas vezes, não conseguem captar a atenção dos estudantes. Por isso, a

experiência procurou incorporar aplicações reais de conceitos de Física por meio da utilização de uma pista de *kart*. Para atingir esse objetivo, implementamos uma estratégia em que os estudantes buscaram vincular os conceitos teóricos do movimento acelerado às experiências cotidianas, utilizando a sensação de pilotar um *kart* como meio de investigação.

Assim, a presente dissertação está estruturada da seguinte maneira:

Além desta Introdução, no segundo capítulo, apresentamos o arcabouço teórico da equação acerca da aceleração centrípeta, em dois formatos: um mais simples, destinado ao ensino médio; e outro, mais elaborado, contendo cálculos mais avançados, de cunho superior. Compreende-se que essa interrelação é fundamental para o conhecimento do professor, para que a abordagem seja cientificamente coerente, embasada, amplificada e contemporânea.

O terceiro capítulo destina-se à apresentação da fundamentação teórica que guiou a elaboração e a execução tanto da pesquisa quanto da sequência didática que culminou na saída de campo, assim entendida como ambiente educacional não tradicional. Nele, são apresentados tópicos estruturantes da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2000). Além disso, explica-se ao leitor o que são as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) propostas por Moreira como dispositivo de aplicação do referencial cognitivo aludido.

O quarto capítulo abrange a revisão da literatura acerca do ensino de Física em ambientes não convencionais, dimensão de culminância e de relevância estratégica à abordagem delineada.

No quinto capítulo, apresenta-se a metodologia, dando destaque à sequência didática apresentada. Neste mesmo capítulo, são dispostas a proposta metodológica, a contextualização, a organização, as orientações de execução e a aplicação da sequência didática.

Finalizando, o capítulo 6 é dedicado às considerações finais, reflexões ulteriores que se conectam estruturalmente à natureza da teoria adotada, à percepção da incompletude de qualquer pesquisa na área de ensino de Física e à necessidade de fomentar novas investigações acerca do tema e da metodologia empregados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO DE FÍSICA

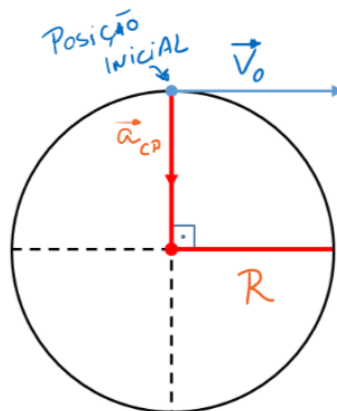
O objeto de estudo deste capítulo é apresentar uma demonstração da dedução da equação de aceleração centrípeta. Isso é realizado pela dedução de que esta equação é igual à velocidade do objeto ao quadrado dividida pelo raio da trajetória. Aparentemente trivial, essa noção é fundante da compreensão de diversos aspectos e mesmo fenômenos físicos que possuem características circulares.

Entendemos aceleração centrípeta por aquela diretamente relacionada aos objetos executando trajetórias circulares. Ao longo desta dedução, é possível entender um pouco mais sobre trigonometria, vetores e limites, além de perceber o quanto varia a velocidade do objeto na medida em que o tempo passa. O simples fato de a direção e o sentido da velocidade do objeto alterar ao longo da trajetória circular implica que ele se sujeita a uma aceleração.

Considerando o movimento circular uniforme como sendo aquele em que um objeto qualquer percorre uma trajetória circular de raio  $R$ , com velocidade escalar sempre constante - por requisitos didáticos, adotaremos por velocidade constante apenas a noção vinculada a sua intensidade, não entrando em aspectos relativos a sentido e direção próprios de sua natureza vetorial (ela tem sempre o mesmo valor ao longo da trajetória circular, por exemplo, constantemente 60 km/h). Entretanto, vale repetir: sabe-se que velocidade é uma grandeza vetorial, o que implica dizer que ela tem um módulo - intensidade ou tamanho -, uma direção - horizontal, vertical ou diagonal - e um sentido - da direita para esquerda, de cima para baixo, do norte para o sul, etc. Neste caso, demos como exemplo a intensidade de 60 km/h, mas, por óbvio, admite-se que ela tem direção e sentido que se alteram ao longo da trajetória circular conforme comportamento da partícula ou do objeto<sup>2</sup> de que se trata. É possível enxergar, de maneira semiquantitativa, que a aceleração de um objeto ao longo de uma trajetória circular é centrípeta, isto é, ele dá voltas nessa trajetória circular mantendo sempre a intensidade de velocidade.

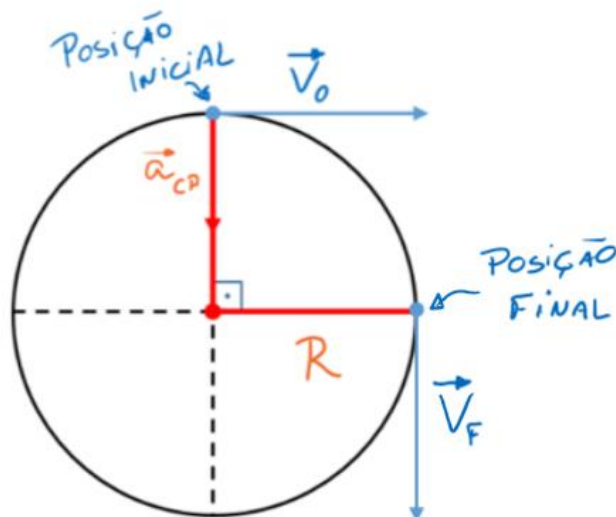
---

<sup>2</sup> Aqui, por questões didáticas, tomaremos como equivalentes as noções de objeto e ponto material, dado que as dimensões e escalas não estão sendo consideradas relevantes em relação ao caso em modelagem.



**Figura 1** – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Considerando a condição inicial da análise de um problema qualquer como sendo a posição inicial apresentada na figura acima, nessa posição o objeto tem uma certa velocidade cuja intensidade é dada pelo tamanho do vetor  $\vec{V}_0$ , que tem uma direção horizontal e está apontando para a direita como mostrado pela seta – essa é a velocidade no momento inicial. É um vetor velocidade; logo, possui intensidade, direção e sentido, como já referido. Com o passar do tempo, esse objeto vai percorrer a trajetória e retomamos a análise em outra posição arbitrária, isto é, uma situação final dele quando chega nessa outra posição, mostrada na figura abaixo.



**Figura 2**– Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular após um intervalo de tempo.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Nessa outra posição, o objeto tem a mesma intensidade de velocidade. Observe que, intencionalmente, o tamanho da seta continua o mesmo, porém, agora, a velocidade tem direção vertical e aponta para baixo. Nessa condição final, o vetor

assume a característica apresentada na figura de vetor  $\vec{v}_F$ . Denomina-se  $\vec{v}_0$  a velocidade no instante inicial e  $\vec{v}_F$  a velocidade final após certo intervalo de tempo.

Faz-se necessário deixar claro que o módulo de velocidade inicial é igual ao módulo de velocidade final, que vamos adotar como sendo apenas  $\vec{v}$ , dado o pressuposto preliminar da aceleração constante - inexistência de forças resistivas ou de agregação de forças ao longo da trajetória.

$$|\vec{v}_0| = |\vec{v}_F| = |\vec{v}| \quad \text{Equação [1]}$$

Assim sendo, a intensidade dessa velocidade tangencial é simplesmente  $\vec{v}$  em qualquer parte da trajetória adotada. Percebe-se que o objeto variou sua velocidade, uma vez que a direção e o sentido da velocidade variaram; se há variação de velocidade, o objeto está sujeito a aceleração. Vamos utilizar a definição de aceleração e descrever quanto mede e para onde está apontando.

Nessa situação, quando o objeto sai da posição inicial e vai até a posição final, por definição de aceleração, a aceleração média será dada por Delta  $\vec{v}$  sobre Delta t:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \quad \text{Equação [2]}$$

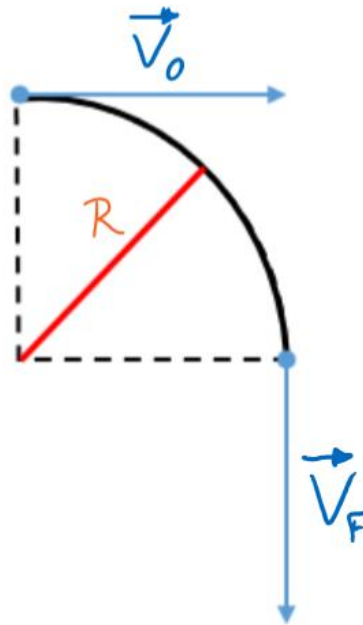
lembrando que Delta representa sempre variação. Neste caso, velocidade final menos velocidade inicial, tempo final menos tempo inicial.

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_F - \vec{v}_0 \quad \text{Equação [3]}$$

Nota-se que essa operação se trata de uma soma vetorial, cujo resultado apresenta a direção e o sentido de Delta  $\vec{v}$ . Desse modo, ao determinamos uma igualdade com a aceleração média, resta claro que esta assume a mesma direção e o mesmo sentido de Delta  $\vec{v}$ , de modo que resulta suficiente descobrir a direção e o sentido que está apontando o vetor variação de velocidade para obtermos os análogos da aceleração média.

Nessa análise, verifica-se simplesmente a posição final e a posição inicial. Sabe-se que ele descreve uma variação de tempo dentro de uma trajetória circular, mas, a princípio, não é esta a abordagem inicial, pois não se tem a preocupação com o caminho que ele percorre, tendo como objetivo simplificar a demonstração - mais adiante, neste trabalho, será apresentado em detalhes esse cálculo, levando em consideração o percurso adotado, esforço matemático próprio de incursões do tema em nível superior.

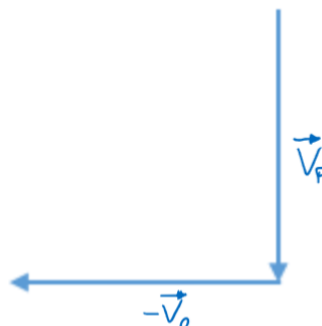
Recortando um pequeno pedaço da trajetória para analisá-lo em detalhe, observa-se o que está ilustrado na Figura 2



**Figura 3** – Recorte da figura 2 em detalhe.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Tem-se a velocidade inicial que está apontando para a direita com intensidade  $\vec{v}_0$  (velocidade inicial de módulo  $\vec{v}$ ) que, depois de um intervalo de tempo, chega na posição final com intensidade  $\vec{v}_F$  (neste caso, velocidade final que tem mesma intensidade de  $\vec{v}_0$ ).

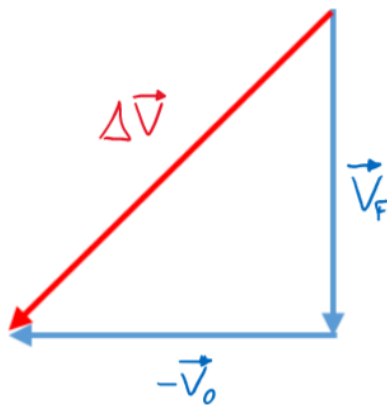
Agora, iremos fazer a operação vetorial do  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_F - \vec{v}_0$ . Do ponto de vista gráfico, realizamos uma soma vetorial básica, na qual tomamos o vetor velocidade final  $\vec{v}_F$  e, na sua extremidade, inserido o vetor  $\vec{v}_0$ . Porém, como antecede o vetor o sinal negativo, invertemos o sentido deste, como na **Figura 4**, a seguir.



**Figura 4** – Operação vetorial do ponto de vista gráfico com base na Figura 3.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

A resultante  $\Delta\vec{v}$  será o resultado da soma vetorial, como representada na **Figura 5** a seguir.

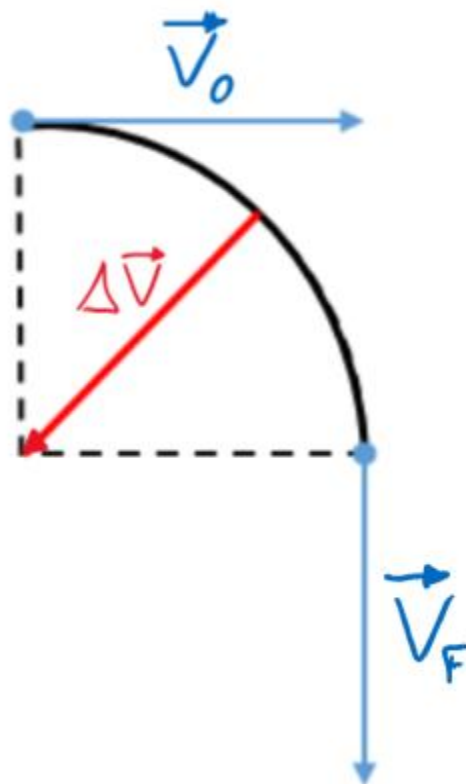




**Figura 5** – Resultante da operação vetorial.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Observa-se que  $\Delta \vec{v}$  é a soma vetorial de  $\vec{v}_F$  com o negativo de  $\vec{v}_0$ . A partir do gráfico acima, podemos obter a direção e o sentido de Delta  $\vec{v}$ , bastando ligar a origem do vetor velocidade final à extremidade do vetor velocidade inicial, de modo a obter a variação da velocidade  $\Delta \vec{v}$ , como fica explícito na **Figura 5**.

É interessante observar que, se fizermos o transporte desse vetor  $\Delta \vec{v}$  para trajetória, resta que:

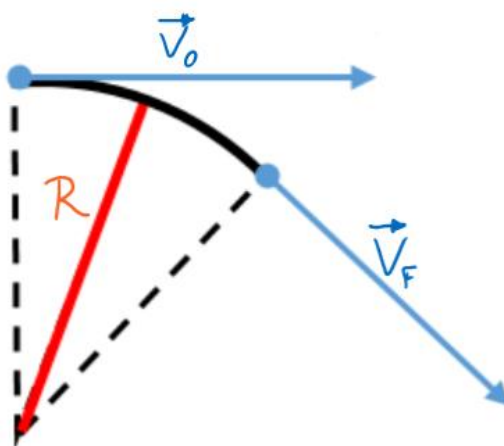


**Figura 6** – Variação da velocidade que aponta para o centro da trajetória.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

É possível perceber e intuir que, quando o objeto faz uma trajetória circular, sendo analisadas somente suas posições final e inicial, as extremidades dessa trajetória pressupõem que o objeto tem uma variação de velocidade apontando para o centro. Deduzimos o  $\Delta V$  e, ademais, a direção e sentido da aceleração que esse objeto sofreu, indicando que essa grandeza, na extremidade da trajetória circular, está apontando para o seu centro.

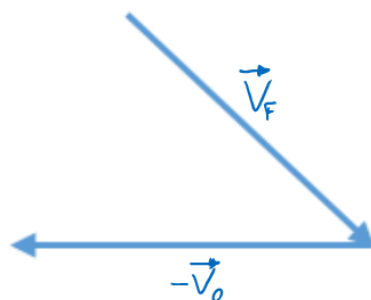
Novamente, tomaremos um pedaço um pouco menor dessa trajetória - o que, em outro nível, poderíamos denominar *parte infinitesimal* - e verificar o que acontece.

Tomemos agora um vetor velocidade na posição intermediária entre as posições anteriores dos vetores velocidade final e inicial. Importante lembrar de que as características da velocidade inicial continuam as mesmas, como adotado anteriormente; em outros termos, a velocidade inicial mantém-se com intensidade de módulo 60 km/h, na horizontal e para a direita. Fazendo a mesma análise, agora para a velocidade final, que mudou a direção e o sentido, portanto, tem aceleração, mantida a intensidade de módulo 60km/h, como representa a **Figura 7**:



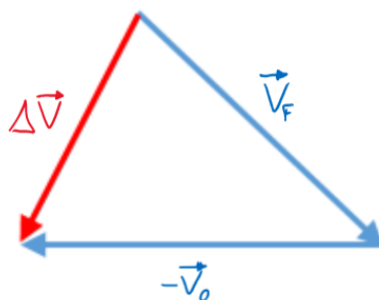
**Figura 7** – Vetor velocidade da trajetória de uma partícula de um objeto em movimento circular após um intervalo de tempo muito pequeno.  
Fonte: Elaboração própria (2023)

Vamos analisar para onde está essa aceleração. Observa-se que a velocidade final tem uma certa inclinação; repetindo o procedimento para obtermos o  $\Delta \vec{V}$ , iremos tomar a velocidade final e em sua extremidade colocaremos o negativo da velocidade inicial.



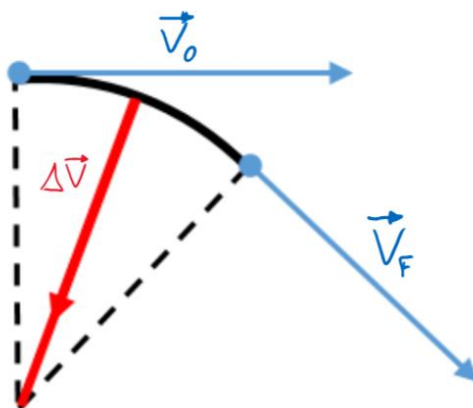
**Figura 8** – Operação vetorial do ponto de vista gráfico com base na Figura 7.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Agora, é só somar, isto é, simplesmente ligar a origem de  $\vec{V}_F$  à extremidade de  $\vec{V}_0$ , obtendo, assim, a resultante da soma vetorial, o que se denominou Delta  $\vec{V}$ .



**Figura 9** – Resultante da operação vetorial.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Obtemos assim, graficamente, o Delta  $\vec{V}$ , sua direção e seu sentido. Ele determinado, igualmente o fazemos em relação à direção e ao sentido da aceleração. Também iremos transportar novamente esse Delta  $\vec{V}$  para a figura que recortamos do pedaço menor da trajetória circular, resultando no que ilustra a **Figura 10**:



**Figura 10** – Variação da velocidade que aponta para o centro da trajetória, após um curto intervalo de tempo.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

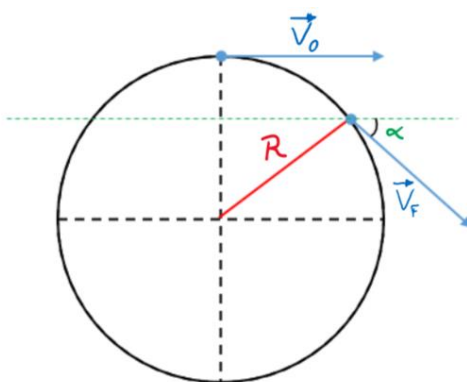
Mesmo na trajetória um pouco menor, percebemos que o delta  $\vec{v}$  está apontando de novo para o centro da trajetória, isto é, a aceleração também aponta para lá. Esse resultado é simplesmente entusiasmante, visto que podemos extrapolá-lo para situações de análise em que a trajetória fique cada vez menor, isto é, com intervalos de tempo entre uma posição e outra igualmente cada vez menores.

Percebemos, por analogia, que a aceleração sempre apontará para o centro da trajetória. Se tomarmos um tempo infinitesimal, o infinitésimo de tempo, aquele em que o intervalo de tempo entre uma posição e outra tende a zero, estaremos olhando praticamente em cima da mesma posição, isto é, essa “trajetoriazinha” vai ser tanto menor quanto queiramos, até que percebamos o objeto praticamente na mesma posição, ponto em que obteremos o que denominamos *aceleração instantânea*.

Devidamente feita a análise semiquantitativa, consegue-se observar que a aceleração, no movimento circular uniforme de um objeto ao longo de uma trajetória circular, é sempre centrípeta.

Findada a análise semiquantitativa, iremos prosseguir para uma análise quantitativa, com o objetivo de deixar claras as características do vetor aceleração centrípeta e sua equação.

Aqui, iremos utilizar o plano cartesiano, aquele no qual o eixo das abscissas X é positivo para a direita e o eixo da ordenada Y é positivo para cima. Em uso comum, a **abscissa** refere-se ao eixo horizontal (X) e a **ordenada** refere-se ao eixo vertical (Y) de um gráfico bidimensional padrão. Iremos partir da equação de aceleração média, visto que apresentamos anteriormente que a aceleração média se dá pela velocidade final menos a velocidade inicial sobre Delta t.



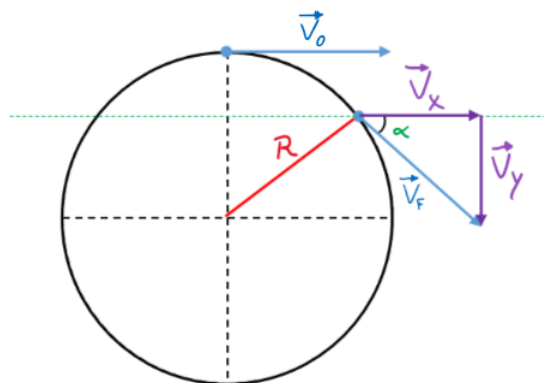
**Figura 11** – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular após um intervalo de tempo.  
Fonte: Elaboração própria (2023)

Nota-se que agora é necessário descrever a velocidade final  $\vec{V}_F$  e a velocidade inicial  $\vec{V}_0$  no plano cartesiano. Em primeiro lugar, tomamos o nosso vetor velocidade inicial para observar que ele está na direção horizontal, apontando da esquerda para a direita, conforme mostra a seta. Ele aponta na direção de X positivo e ele tem um módulo, uma intensidade, que é sempre  $\vec{V}$ . Vamos descrever esse vetor velocidade inicial no plano cartesiano, de modo que  $\vec{V}_0$  resulta em:

$$\vec{V}_0 = V \cdot \hat{t} \quad \text{Equação [4]}$$

Nosso  $\vec{V}_0$ , então, tem uma intensidade  $V$  vezes um versor unitário: por definição, um vetor de tamanho um, formalizado como  $\hat{t}$ , que nos indica que ele está apontando na direção de X positivo. Esse é um recurso matemático para sustentar a elaboração vetorial em termos formais.

Temos de escrever também o vetor velocidade final. À primeira vista, já percebemos que, em relação à horizontal, isto é, em relação ao eixo X, ele tem uma certa inclinação, portanto possui uma componente dessa velocidade que está atuando no eixo X e uma componente no eixo Y. Para ficar mais claro, um percentual dessa velocidade atua na direção do eixo X e um outro percentual dessa mesma velocidade atua no eixo Y. Pensando em uma soma de vetores, podemos apresentar esses dois percentuais como sendo  $\vec{V}_x$  e  $\vec{V}_y$ , e a soma de vetores  $\vec{V}_x$  mais  $\vec{V}_y$  dá como resultante  $\vec{V}_F$ .



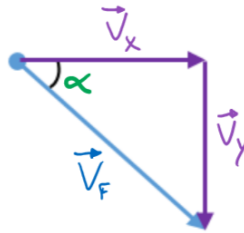
**Figura 12** – Decomposição do vetor velocidade final.  
Fonte: Elaboração própria (2023)

Vamos descrever esse vetor velocidade final no plano cartesiano em função das componentes X e Y, o  $\vec{V}_F$  fica assim:

$$\vec{V}_F = \vec{V}_X \cdot \hat{t} - \vec{V}_Y \cdot \hat{j} \quad \text{Equação [5]}$$

Temos que o vetor  $\vec{v}_F$  é igual ao tamanho do vetor velocidade final na direção X vezes o versor unitário  $\hat{i}$ , que indica que está no eixo X positivo, menos o tamanho do vetor velocidade final na direção Y vezes um novo versor unitário, que assume  $\hat{j}$ , que indica que está posicionado no eixo Y. Porém, nossa situação-problema está em função do módulo  $|\vec{v}|$  e não em função de  $\vec{v}_x$  e  $\vec{v}_y$ , então, como devemos proceder para transformar  $\vec{v}_x$  e  $\vec{v}_y$  em função de  $\vec{v}$ .

Entramos aqui com o auxílio da trigonometria, valendo-nos das funções seno e cosseno. É possível descrever ambas componentes utilizando cosseno do ângulo alfa e seno do ângulo alfa. Vale lembrar as definições de cosseno e seno de um ângulo: cosseno de um ângulo qualquer é o cateto adjacente dividido pela hipotenusa e seno de um ângulo qualquer é o cateto oposto dividido pela hipotenusa. Desse modo, temos que o cateto adjacente ao ângulo alfa em questão é o  $\vec{v}_x$  e cateto oposto a ele é o  $\vec{v}_y$ . Logo, obtendo as equações em função de  $\vec{v}$ , temos:



**Figura 13** – Triângulo obtido a partir das componentes da velocidade.  
Fonte: Elaboração própria (2023)

Como  $|\vec{v}_F|$  tem módulo  $|\vec{v}|$ , obtemos:

$$\cos \alpha = \frac{CA}{h} \rightarrow \cos \alpha = \frac{|\vec{v}_x|}{|\vec{v}|} \rightarrow |\vec{v}_x| = |\vec{v}| \cdot \cos \alpha$$

Equação [6]

$$\sin \alpha = \frac{CO}{h} \rightarrow \sin \alpha = \frac{|\vec{v}_y|}{|\vec{v}|} \rightarrow |\vec{v}_y| = |\vec{v}| \cdot \sin \alpha$$

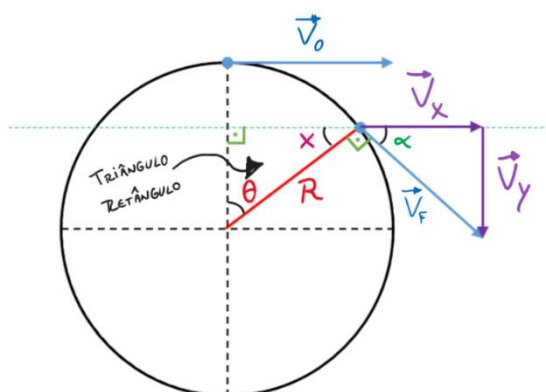
Equação [7]

Agora, podemos assumir o resultado das projeções de  $\vec{v}_x$  e  $\vec{v}_y$  e substituir na equação de  $\vec{v}_F$ , de modo a obtermos:

$$|\vec{v}_F| = |\vec{v}| \cdot \cos \alpha \cdot \hat{i} - |\vec{v}| \cdot \sin \alpha \cdot \hat{j} \quad \text{Equação [8]}$$

Lê-se: Velocidade Final é igual a V cosseno alfa na direção  $\hat{i}$  menos V seno alfa na direção  $\hat{j}$ . Ainda assim, temos uma equação de velocidade final que depende do

ângulo  $\alpha$ , uma variável que também não faz parte do nosso problema. Para resolver essa situação, iremos fazer uma análise na **Figura 14** a seguir:



**Figura 14** – Análise trigonométrica da velocidade.  
Fonte: Elaboração própria (2023)

Observe o triângulo retângulo sinalizado. Sabe-se que a soma dos ângulos internos de um triângulo qualquer é sempre igual a  $180^\circ$  (cento e oitenta graus). A linha horizontal, em verde, apresenta outros três ângulos sobre ela cuja soma também é de  $180^\circ$  (cento e oitenta graus). Então, vamos escrever essas somas:

$$90^\circ + \theta + x = 180^\circ \quad \text{Equação [9]}$$

$$90^\circ + \alpha + x = 180^\circ \quad \text{Equação [10]}$$

$$\therefore \theta = \alpha \quad \text{Equação [11]}$$

Assim, somando  $90^\circ$  (noventa graus) com teta, adicionando esse outro ângulo qualquer ( $x$ ), a soma equivale a  $180^\circ$ , referente ao triângulo retângulo; somando  $90^\circ$  mais alfa, mais esse outro ângulo qualquer ( $x$ ), o resultado é igualmente  $180^\circ$ , referente a reta. Desse resultado, conclui-se que o ângulo teta é igual ao ângulo alfa. Substituindo em  $\vec{V}_F$ , obteremos:

$$|\vec{V}_F| = |\vec{V}| \cdot \text{Cos}\theta \cdot \hat{i} - |\vec{V}| \cdot \text{Sen}\theta \cdot \hat{j} \quad \text{Equação [12]}$$

A princípio, parece que nada mudou, pois a modelagem continua dependente de uma variável que não é apresentada no problema, embora, como será visto a seguir, é possível persegui-la.

Vamos começar substituindo os valores das velocidades final e inicial na equação de aceleração média:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \quad \text{Equação [13]}$$

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_F - \vec{V}_0 \quad \text{Equação [3]}$$

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{V}_F - \vec{V}_0}{\Delta t}$$

Equação [14]

$$\vec{a}_m = \frac{V \cdot \cos\theta \cdot \hat{i} - V \cdot \sin\theta \cdot \hat{j} - V \cdot \hat{i}}{\Delta t}$$

Equação [15]

Dessa maneira, chegamos em uma equação para aceleração média. Aqui estamos analisando uma partícula em uma posição qualquer, demorando um certo intervalo de tempo para percorrer sua trajetória e chegando a outra posição qualquer. Logo, o que encontramos foi a aceleração média. Não estamos determinando aqui uma posição qualquer, qual é a aceleração, quanto vale, para onde é e o que aponta. É exatamente isso que queremos determinar em suma: a aceleração instantânea, isto é, se estou em uma determinada posição na trajetória, para onde é que está apontando aceleração e quanto vale a aceleração? Se eu olhar em uma outra posição qualquer, para onde é que está apontando a aceleração? Quanto vale essa aceleração? E assim por diante, em cada ponto da trajetória circular.

Para fazer isso, é necessário obtermos o resultado dessa equação para o intervalo de tempo cada vez menor, tal como intervalos infinitesimais, tendendo a zero. Por que fazer isso? Por exemplo, se pegarmos a posição dessa partícula, e analisarmos um infinitésimo de tempo para frente, onde é que ela vai estar? Vai estar praticamente na mesma posição, porque estou assumindo que este infinitésimo de tempo é um intervalo que, de tão pequeno, tende a zero. O objeto fica praticamente na mesma posição quando a gente determina aceleração dentro dessa condição; no intervalo de tempo infinitesimal, dizemos que estamos determinando a aceleração instantânea.

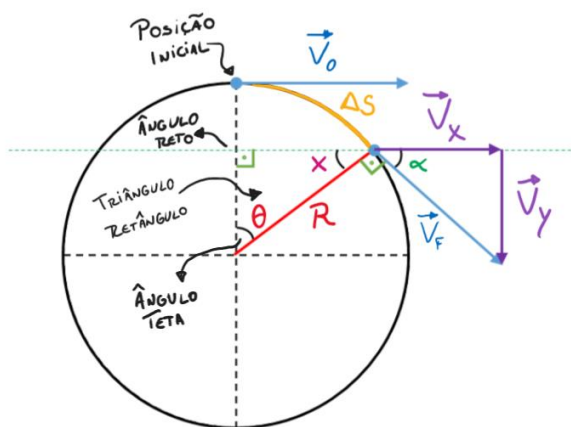
O próximo passo será modificar um pouco a equação e reescrevê-la como sendo a aceleração instantânea. Para isso, adotamos que a aceleração instantânea é igual ao limite do resultado da equação anterior quando intervalo de tempo tende a zero. Veja:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V \cdot \cos\theta \cdot \hat{i} - V \cdot \sin\theta \cdot \hat{j} - V \cdot \hat{i}}{\Delta t}$$

Equação [16]



Quando o intervalo de tempo tende a zero, o ângulo  $\theta$  teta também vai tender a zero. Fazemos a análise a partir da posição inicial. Em um infinitésimo de tempo para frente esse ângulo  $\theta$  teta sinalizado na figura abaixo vai-se tornar insignificante, de tão pequeno. Além disso, para resolver essa equação, teremos que achar uma relação entre o ângulo  $\theta$  (teta) e o intervalo de tempo  $\Delta t$ . Por esse motivo, pegaremos a definição da Matemática, que descreve que ângulo é simplesmente o comprimento do arco dividido pelo raio da trajetória. Para melhor visualização, destaquei na figura abaixo nosso comprimento do arco, exatamente aquela distância percorrida, o  $\Delta S$  percorrido pela partícula quando chega à posição final, partindo da posição inicial.



**Figura 15** – Análise a partir da posição inicial, em um infinitésimo de tempo.  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Da definição, vem que:

$$\theta = \frac{\Delta S}{R}$$

Equação [17]

$$\Delta S = \theta \cdot R$$

Equação [18]

Dividindo os dois lados da equação por  $\Delta t$ , obteremos a seguinte equação:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\theta \cdot R}{\Delta t}$$

Equação [19]

Uma vez que  $\Delta S$  sobre  $\Delta t$  é exatamente a velocidade escalar da nossa partícula, podemos reescrever essa equação, que fica:

$$V = \frac{\theta \cdot R}{\Delta t}$$

Equação [20]

que pode ser lida como: velocidade escalar é igual a  $\theta$  (teta) vezes o Raio sobre Delta t. Isolando o Delta t, para obter a equação de Delta t em função de  $\theta$  (teta), obtemos:

$$\Delta t = \frac{\theta \cdot R}{V}$$

Equação [21]

que pode ser lida como: Delta t é igual a  $\theta$  teta vezes o Raio sobre a velocidade escalar.

A partir de [21], fica claro que, quando  $\theta$  (teta) tende a zero, isto é, quando atribuímos um valor muito próximo de zero nessa equação, o Delta t também tende a zero.

$$\theta \rightarrow 0$$

$$\Delta t \rightarrow 0$$

Substituindo o Delta t encontrado aqui na equação de aceleração instantânea, consegue-se perceber que essa equação agora não depende mais da variável tempo, mas de teta; portanto, também iremos substituir aqui o limite do Delta t tendendo a zero para limite de teta tendendo a zero.

$$\vec{a} = \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{V \cdot \text{Cos}\theta \cdot \hat{t} - V \cdot \text{Sen}\theta \cdot \hat{j} - V \cdot \hat{t}}{\frac{\theta \cdot R}{V}}$$

Equação [22]

Realmente, agora temos uma equação que depende apenas da variável teta, uma vez que a velocidade escalar é a mesma ao longo de toda a trajetória e o raio da trajetória também nunca muda; então, nossa única variável dentro da equação é o teta. É possível simplificar um pouco mais essa equação, colocando a velocidade em evidência no numerador e passar multiplicando pelo inverso da velocidade que aparece no denominador, como segue:

$$\vec{a} = \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{V \cdot [\text{Cos}\theta \cdot \hat{t} - \text{Sen}\theta \cdot \hat{j} - \hat{t}]}{\theta} \cdot \frac{V}{R}$$

Equação [23]

Ainda podemos reescrever a equação e colocar da seguinte maneira:

$$\vec{a} = \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{V^2}{R} \left[ \frac{(\text{Cos}\theta - 1) \cdot \hat{t} - \text{Sen}\theta \cdot \hat{j}}{\theta} \right]$$

Equação [24]

Como o termo  $\frac{V^2}{R}$  é constante, isto é, não varia com teta, podemos isolar do limite e, depois, aplicar o limite de integração em cada um dos termos separadamente, como será feito no próximo passo. Teremos:

$$\vec{a} = \frac{V^2}{R} \left[ \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{(\cos\theta - 1) \cdot \hat{i}}{\theta} - \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\text{Sen}\theta \cdot \hat{j}}{\theta} \right]$$

Equação [25]

Se aplicarmos na calculadora seno de teta sobre teta para valores de teta muito pequenos (por exemplo: quando teta for 0,0000001 graus), verifica-se que o resultado dessa divisão dá aproximadamente 1 (um) - resguardada a observação de que a calculadora deve estar medindo em *radianos*. Já este outro termo, se colocarmos na calculadora, fizermos cosseno de teta menos 1 (um) e dividirmos por teta, quando teta tende a zero, o resultado que se espera dessa conta é aproximadamente 0.

$$\vec{a} = \frac{V^2}{R} \left[ \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{(\cos\theta - 1) \cdot \hat{i}}{\theta} - \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\text{Sen}\theta \cdot \hat{j}}{\theta} \right]$$

Equação [26]

O primeiro termo da equação é zero e o segundo termo como resultado é apenas  $-\hat{j}$ . Fazendo  $-\hat{j}$  vezes  $\frac{V^2}{R}$ , chegaremos no resultado da aceleração centrípeta.

$$\vec{a} = \frac{-V^2}{R} \hat{j},$$

Equação [27]

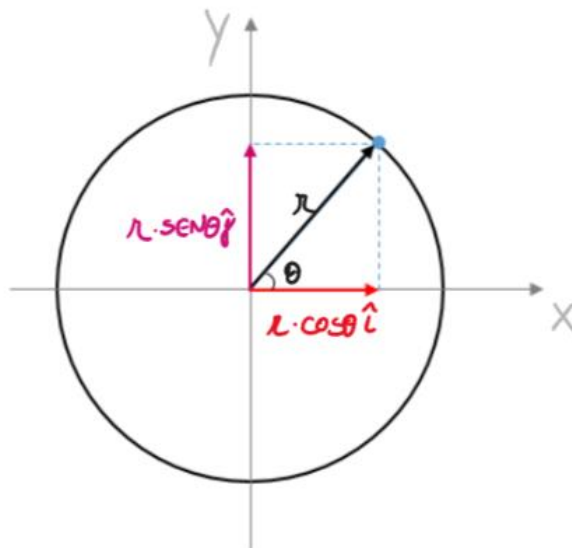
que pode ser lida como: aceleração centrípeta é igual a menos V quadrado sobre R apontando na direção J.

A direção  $\hat{j}$ , quando iniciamos a análise, dá-se a partir do ponto inicial destacado na figura; desse modo, o vetor aponta na direção do eixo Y. Entretanto, como o sinal é negativo, está apontando para baixo, isto é, quando o objeto está nessa posição fica sujeito a uma aceleração centrípeta que aponta para o centro da trajetória.

Por óbvio, essa conta foi realizada analisando o objeto na posição inicial, mas é possível generalizar para as demais posições nas quais esse objeto se situa ao longo da trajetória circular. Basta realizar a mesma equação, resultando que o objeto estará sujeito a uma aceleração apontando para o centro da trajetória, o que nos permite considerar a intensidade dessa aceleração como sendo apenas  $\vec{V}$  ao quadrado sobre R. Conclui-se que, para *qualquer posição* que o objeto passe por essa trajetória circular, ele estará sujeito a uma aceleração centrípeta de intensidade igual

a  $\vec{V}$  ao quadrado sobre R apontando sempre para o centro da trajetória, sempre para o centro da circunferência. Outras maneiras de obter a equação se encontram no apêndice.

Agora, irei apresentar um cálculo mais rebuscado, com cálculo integral e diferencial, próprio do ensino superior. Para essa última demonstração, vamos utilizar o cálculo diferencial aplicado aos vetores. Vamos ver um objeto que está fazendo um movimento circular uniforme: seu vetor posição será  $\vec{r}$ , com origem no centro, portanto, de módulo constante, apesar de alterar as componentes x e y ao longo da trajetória. Para representar essas componentes por meio das funções seno e cosseno do ângulo que ele ocupa instantaneamente, utilizaremos as relações trigonométricas para obtermos o vetor  $\vec{r}$  em função dos versores unitários  $\hat{i}$  e  $\hat{j}$ .



**Figura 16** – Esquema ilustrativo da trajetória de uma partícula/de um objeto em movimento circular  
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Adotaremos  $\omega$  a variação do ângulo  $\theta$  (teta) em relação ao tempo.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

Equação [28]

Do movimento circular uniforme, temos:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow V = 2\pi Rf$$

Equação [29]

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = 2\pi f$$

Equação [30]

Logo:

$$V = \omega \cdot r \quad \text{Equação [31]}$$

Como obtivemos  $\vec{r}$  anteriormente, na **Figura 16**, podemos obter  $\vec{V}$  para qualquer instante da seguinte maneira:

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \text{Equação [32]}$$

$$\vec{V} = \frac{d}{dt}[r(\cos\theta\hat{t} + \text{sen}\theta\hat{f})] \quad \text{Equação [33]}$$

Trabalharemos, agora, a derivada: o raio é constante; logo, podemos retirá-lo da derivada, ficando:

$$\vec{V} = r \frac{d}{dt}(\cos\theta\hat{t} + \text{sen}\theta\hat{f}) \quad \text{Equação [34]}$$

Para trabalhar a derivada do cosseno e a derivada do seno separadamente, vamos precisar aplicar a regra da cadeia.

$$\vec{V} = r \left( \frac{d}{dt} \cos\theta\hat{t} + \frac{d}{dt} \text{sen}\theta\hat{f} \right) \quad \text{Equação [35]}$$

A regra da cadeia diz que a derivada de U em relação ao tempo é a derivada de U em relação a  $\theta$  (teta) vezes a derivada de  $\theta$  (teta) em relação ao tempo.

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dU}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad \text{Equação [36]}$$

Assim, a derivada do cosseno de  $\theta$  (teta) em relação a  $\theta$  (teta) vezes a derivada de  $\theta$  (teta) em relação ao tempo na direção  $\hat{t}$  mais a derivada do seno de  $\theta$  (teta) em relação a  $\theta$  (teta) vezes a derivada de  $\theta$  (teta) em relação ao tempo.

$$\vec{V} = r \left( \frac{d}{d\theta} \cos\theta \cdot \frac{d\theta}{dt} \hat{t} + \frac{d}{d\theta} \text{sen}\theta \cdot \frac{d\theta}{dt} \hat{f} \right) \quad \text{Equação [37]}$$

Temos que  $\frac{d\theta}{dt}$  é igual a  $\omega$ . Como a velocidade angular  $\omega$  é uma constante, pode sair da derivada. Assim, temos:

$$\vec{V} = \omega \cdot r \left( \frac{d}{d\theta} \cos\theta\hat{t} + \frac{d}{d\theta} \text{sen}\theta\hat{f} \right) \quad \text{Equação [38]}$$

Sabemos que a derivada do cosseno é menos seno e a derivada do seno é o cosseno; assim, chegamos a uma expressão para a velocidade em função do ângulo  $\theta$  (teta).

$$\vec{V} = \omega \cdot r(-\text{sen}\theta\hat{t} + \text{cos}\theta\hat{f}) \quad \text{Equação [39]}$$

Derivando mais uma vez, uma vez sabido que a aceleração é a derivada primeira da velocidade e a derivada segunda da posição, encontraremos:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \rightarrow \vec{a} = \frac{d}{dt}[\omega \cdot r(-\text{sen}\theta\hat{t} + \text{cos}\theta\hat{f})] \quad \text{Equação [39]}$$

$$\vec{a} = \omega \cdot r\left(\frac{-d}{dt}\text{sen}\theta\hat{t} + \frac{d}{dt}\text{cos}\theta\hat{f}\right) \quad \text{Equação [40]}$$

Usando a regra da cadeia mais uma vez, pegamos a derivada do menos seno de  $\theta$  (teta) em relação a  $\theta$  (teta) e multiplicamos pela derivada do  $\theta$  (teta) em relação ao tempo e a derivada do cosseno de  $\theta$  (teta) em relação a  $\theta$  (teta) e multiplicamos pela derivada do  $\theta$  (teta) em relação ao tempo.

$$\vec{a} = \omega \cdot r\left(\frac{-d}{d\theta}\text{sen}\theta \cdot \frac{d\theta}{dt}\hat{t} + \frac{d}{d\theta}\text{cos}\theta \cdot \frac{d\theta}{dt}\hat{f}\right) \quad \text{Equação [41]}$$

A derivada do seno é o cosseno; como está negativo, ficamos com menos cosseno e a derivada do cosseno é menos seno, de modo que podemos utilizar do mesmo artifício anterior para obtermos:

$$\vec{a} = \omega \cdot r\left(-\text{cos}\theta \cdot \frac{d\theta}{dt}\hat{t} + \left(-\text{sen}\theta \cdot \frac{d\theta}{dt}\hat{f}\right)\right) \quad \text{Equação [42]}$$

Novamente, temos que  $\frac{d\theta}{dt}$  é igual a ômega  $\omega$ , e colocando em evidência o  $-\omega$ , obtemos:

$$\vec{a} = -\omega^2 \cdot \vec{r} \quad \text{Equação [43]}$$

O negativo, aqui, indica que o vetor aceleração tem a mesma direção que o vetor raio, porém aponta em sentido contrário, isto é, para o centro da trajetória.

Ainda, como  $V = \omega \cdot r$ , vem:

$$|\vec{a}| = \left(\frac{V}{r}\right)^2 \cdot \vec{r} \quad \text{Equação [44]}$$

$$|\vec{a}_c| = \frac{V^2}{r}$$

Equação [45]

Conforme apresentado, o cálculo de aceleração centrípeta é extremamente rico em aspectos conceituais. Adquirir esses conceitos e retê-los vai ao encontro da aprendizagem significativa cognitiva da TAS. Por isso, a aplicação do questionário e a busca de locais não convencionais de ensino se tornam ferramentas propícias para a aprendizagem, uma vez que, naturalmente, estimulam a criatividade, a sociabilidade, o envolvimento, além de possivelmente contribuírem para a aquisição e retenção do conhecimento.

Diante disso, esse trabalho tem como finalidade compreender a aprendizagem das grandezas envolvidas no conceito de movimentos circulares, em particular a aceleração centrípeta, a partir da percepção dos estudantes quando visitam o kartódromo, para realizar a coleta de dados e a execução dos cálculos. Dessa forma, percebemos que os estudantes sentem curiosidade e ficam fortemente engajados nas atividades proposta em ambientes não convencionais de ensino, o que torna possível a aquisição da aprendizagem significativa proposta pela TAS de David Ausubel.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM ENSINO E APRENDIZAGEM

As teorias da aprendizagem buscam descrever como se realizam os processos de formulação mental superior e valorar e normatizar processos educacionais compatíveis (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018; SILVA FILHO *et al.*, 2021; FERREIRA *et al.*, 2021; 2022). Essas teorias podem ser reunidas em três grupos de abordagens: comportamentalistas, cognitivistas - incluindo as perspectivas sócio-históricas (socioculturais) - e humanistas (MOREIRA, 1999; SANTOS, 2018; SOBRINHO, 2018).

Na abordagem comportamentalista, a aprendizagem se realiza por meio da repetição a estímulos, destacando-se a importância da influência de fatores externos, do ambiente e da experiência incidentes no comportamento do sujeito. Alguns dos principais representantes da teoria comportamentalista são B. F Skinner, pioneiro no estudo da Psicologia Experimental; Albert Bandura, criador da Aprendizagem Social; e Robert Gagné, criador do Modelo de Processamento de Informação.

Skinner é considerado o principal representante do comportamentalismo. Sua teoria defende que a aprendizagem é fruto de condicionamento operante, isto é, um comportamento reforçado, até que ele seja condicionado de tal forma que, ao se retirar o reforço (estímulo), o comportamento continue a acontecer. Para Skinner, o reforço é o que provoca a aprendizagem, portanto o professor deve promover situações de reforço para estimular o estudante à aprendizagem (MACHADO, 1997).

Para Bandura (1977), uma boa parte da aprendizagem que um indivíduo adquire decorre da imitação ou da modelagem. Dessa forma, as pessoas podem aprender por imitação do comportamento dos outros.

Já na concepção de aprendizagem por Gagné, para que aconteça a aprendizagem, deve haver o interesse do estudante sujeito, a motivação e o desejo de realizar a tarefa. Para ele, a aprendizagem é uma mudança de estado interior que se manifesta por meio da mudança de comportamento e em sua persistência (MOREIRA, 1999).

Antes dos trabalhos mais amplamente conhecidos de Skinner, certas abordagens conhecidas como "Primeiras Teorias Behavioristas" propunham o behaviorismo como explicação para o comportamento. Subsequentemente, teorias de aprendizagem comportamentalistas com traços incipientes cognitivistas surgiram de mentes como Hebb, Tolman, Gestalt e Lewin, apresentando conceitos mentais



superiores, como percepção, solução de problemas orientada por *insight*, além daqueles relacionados a estímulos e respostas.

A teoria cognitivista investiga as complexidades do conhecimento e como os humanos adquirem, processam, armazenam e usam informações (LAKOMY, 2008). Seu foco é descobrir a atribuição de significados por trás de várias atividades mentais, como percepção, resolução de problemas, tomada de decisão e compreensão. Conseqüentemente, examina como os indivíduos conhecem seu ambiente e se relacionam com o mundo que os cercam.

Parte-se, assim, para teorias que consideram os fatores internos dos indivíduos, com foco no estudo de suas estruturas internas e em seus funcionamentos. Surgem, então, as designadas teorias cognitivistas.

Os dois últimos grupos de teorias, conforme classificadas anteriormente, concebem a aprendizagem como processo social. As humanistas se voltam para as relações interpessoais, e as socioculturais focam nas influências sociais e culturais no desenvolvimento. Desse modo, observa-se que as teorias, para fins didáticos, podem ser consideradas complementares em vários aspectos, e não necessariamente concorrentes, ainda que muitas vezes não sejam assim percebidas.

A categorização e a compreensão dessas teorias fornecem subsídios para a construção sistêmica de práticas de ensino e ferramentas de análises para a verificação de eventual sucesso ou fracasso de um processo de aprendizagem particular. Nesse sentido, a abordagem cognitivista, que balizará particularmente este trabalho, traz elementos que se alinham a uma proposta de aprendizagem significativa.

Internamente a cada um desses grandes grupos de teorias, vê-se que várias propostas diferem em muitos aspectos. Apesar de terem como ponto de partida a estrutura interna individual em que a aprendizagem acontece, ainda assim não são inteiramente compatíveis entre si. Dentre elas, destacam-se as teorias de Piaget, Vigotsky, Bruner e Ausubel. Este trabalho será pautado especificamente na abordagem proposta por Ausubel, por compreender que a estrutura epistemológica dessa teoria é compatível com as interrelações entre o ensino do conceito físico adotado - movimento uniforme - e a culminância em ação em ambiente não formal - que podem, de maneira complementar, induzir aprendizagens significativas tais como as qualificaremos a seguir.

### **3.1 A Abordagem da Aprendizagem Significativa de Ausubel**

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem ocorre mediante a apropriação de novos conceitos, que adquirem um significado e se ancoram à estrutura cognitiva prévia do aprendiz, de forma organizada e hierárquica (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem para Ausubel se dá por meio de uma acoplagem, de forma organizada, da nova informação às demais informações pré-existentes na estrutura cognitiva do ser aprendiz. Tudo aquilo que já foi aprendido - ideias, conceitos, proposições, informações – vai-se deparar com uma hierarquia de conceitos, partindo do que é mais geral para o mais específico. Os conhecimentos mais gerais, globais, cabais, já desenvolvidos e existentes no aprendiz advêm de experiências próprias ou, até mesmo, culturalmente adquiridas. O conjunto desses conhecimentos é chamado de estrutura cognitiva, que faz a “ancoragem” - termo usado por Ausubel - de “novos conceitos”. Vale destacar que a ênfase de Ausubel se dá na aquisição, no armazenamento e na organização desses novos conceitos, ancorados na estrutura cognitiva do aprendiz, a partir de agora denominados subsunçores.

Para Ausubel, percebe-se uma mudança, aprendizagem, na proporção em que as novas informações vão sendo incorporadas à estrutura cognitiva pré-existente. Os conhecimentos passam a ser complementados ou sofrem uma modificação ao passo que as novas informações vão sendo incorporadas, encadeadas, agrupadas, anexadas à estrutura hierárquica cognitiva do aprendiz. As novas informações “ancoram-se” em conceitos relevantes, os subsunçores, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, acomodando dentro da hierarquia cognitiva deste indivíduo os novos conhecimentos adquiridos.

Para Ausubel, a estrutura cognitiva representa uma estrutura hierárquica de conceitos, que são representações de experiências sensoriais do indivíduo. Os conceitos gerais possuem ramificações que remetem a conceitos mais específicos de forma organizada e lógica. Os conceitos aos quais ele se refere como constituindo a estrutura cognitiva são representações abstratas, que surgem das percepções e experiências sensoriais do indivíduo (MOREIRA, 1999).

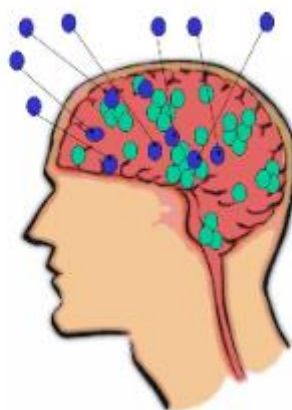
Nessa estrutura cognitiva, ancoram-se e reordenam-se novos conceitos. O aprendiz vai, progressivamente, internalizando e aprendendo, sendo a aprendizagem significativa definida por Ausubel como um processo por meio do qual uma nova

informação estabelece uma relação com aspectos específicos já existentes e relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo.

As novas informações ou os novos conceitos vão se ligar aos preexistentes para ocorrer uma aprendizagem significativa, isto é, esses pontos vão encontrar um lugar, um local, no qual se vão instalar, alojar, encostar. Ocorre assim a “ancoragem”, de maneira organizada e integradora, reordenando gradativamente os novos conceitos internalizados - em síntese grosseira, apreendidos.

Ausubel apresenta a aprendizagem mecânica como aprendizagem de conceitos isolados, em que novas informações apresentam pouca ou nenhuma interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

A figura a seguir ilustra o processo de aprender mecanicamente e o processo de aprender significativamente.



**Figura 17** – Ilustração do processo de aprendizagem mecânica e de aprendizagem significativa.  
Fonte: Braathen, 2012

As bolinhas azuis representam conhecimentos - na forma de novos conceitos ou novas unidades de conhecimento - que devem ser aprendidos - incorporados na estrutura cognitiva - e as bolinhas verdes, conceitos já existentes na mesma estrutura cognitiva. Se agrupados, representam conhecimento significativo; se isolados, representam conhecimento mecânico ou “decoreba”. Na aprendizagem mecânica, o novo conceito fica isolado na estrutura cognitiva, pois não tem conhecimento prévio ao qual se possa incorporar. Na aprendizagem significativa, o novo conceito se agrega ao conhecimento já existente, ampliando-o e modificando-o, tanto em termos qualitativos quanto em termos quantitativos.

Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p. 41) sugerem duas condições para que seja possível aprender significativamente:

✓ Disposição de aprender de modo significativo, ou seja, recusa à memorização – decorar - de um novo conhecimento sem entender realmente seu significado. Esta atitude é chamada de Postura de Aprendizagem Significativa.

✓ Estrutura cognitiva de um conhecimento prévio – anterior - relevante e relacionado ao novo conhecimento.

Para que a primeira condição seja satisfeita, é fundamental que o estudante seja motivado a aprender significativamente, isto é, que considere o assunto importante e relevante para a sua vida e para a sua carreira. Uma das principais funções do professor é a de ser um motivador, de ensejar o convencimento. Um professor de Física, por exemplo, ao ensinar as transformações de uma forma de energia em outra, precisa explicar - e convencer - seus estudantes sobre a importância do assunto para suas vidas.

É importante compreender que não existem dois tipos de pessoas: as que adotam uma postura de aprendizagem significativa e as que não adotam. Adotar ou não depende do contexto e da motivação. Além disso, os professores precisam tomar cuidado para não se culparem pela não adoção de uma postura de aprendizagem significativa (BRAATHEN, 2012)<sup>3</sup>

No caso da aprendizagem mecânica, os novos conhecimentos não possuem subsunçores para realizar a ancoragem e a aprendizagem ocorre de forma automática, com o armazenamento arbitrário da informação. Os novos conhecimentos internalizados dependem do tipo de relacionamento que têm com as estruturas das ideias que o indivíduo possui, podendo, nesse caso, ter um aprendizado que varie do mecânico ao significativo.

Apesar das etapas de aprendizagem serem distintas, Ausubel não estabelece a diferença entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como uma dicotomia, e sim como um contínuo. Nesse sentido, uma aprendizagem mecânica se pode tornar uma aprendizagem significativa futuramente, desde que o indivíduo crie elementos para estabelecer a ancoragem dos conceitos recebidos, a partir de novas

---

<sup>3</sup> BRAATHEN, P. C. (2012). Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de química. **Revista Eixo**, 1(1), 63-69. <https://doi.org/10.19123/eixo.v1i1.53>. Disponível em: <<http://revistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/53>>. Acesso em: 11 nov. 2022

experiências. De fato, Ausubel defende que, em casos em que os subsunçores estejam ausentes, um início de aprendizagem de forma mecânica pode ser necessário. Na medida em que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações (MOREIRA, 2015).

É interessante notar que Ausubel (2000) formula uma série de questionamentos: de onde vêm os subsunçores? Quando a aprendizagem significativa é a preferida em relação às demais? O que fazer quando os subsunçores não existem? Como desenvolver uma atividade significativa com a ausência dos subsunçores? São questões altamente relevantes, porém, por mais que seja instigante respondê-las, ultrapassam as expectativas dos objetivos do presente trabalho e por este motivo não serão abordadas.

Tomando como princípio apenas a existência dos subsunçores, e não a sua origem, nesta proposição educacional fomos em busca dos conhecimentos prévios dos estudantes a partir de atividades que propiciassem a aferição e identificação da existência deles acerca do tema proposto.

Entende-se que, para haver aprendizagem significativa, as ideias devem ser expressas e relacionadas de maneira substantiva, ou seja, o indivíduo – aprendiz - deve ser capaz de expressar aquele novo conceito de forma organizada. Percebe-se que existe uma lógica explícita entre o novo conceito e outro já presente na estrutura cognitiva do aprendiz. O “expressar” não ocorre de forma mecânica, não é feito à força e de forma arbitrária.

Segundo Ausubel, verifica-se que houve aprendizagem significativa quando se observa a compreensão pura de um conceito, possibilitando a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 1999).

Ao fazermos o levantamento dos conhecimentos prévios, acessamos o que o indivíduo (o aprendiz) já sabe. Temos inúmeras maneiras para atingir esse objetivo. “Nesse sentido, o conhecimento a ser aprendido deve ser relacionável aos subsunçores do indivíduo de modo organizado e hierarquizado e não de forma arbitrária. Para que se proceda a essa organização, Ausubel sugere os organizadores prévios como as pontes entre o que se pretende ensinar e o que se pretende aprender (AUSUBEL, 1978, p. 190).

Retomando o que foi dito anteriormente, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel é cognitivista, portanto acredita que a aprendizagem ocorre por meio da interação e organização da nova informação na estrutura cognitiva

do aprendiz. Quando uma nova informação se organiza e é integrada à estrutura cognitiva se pode dizer que ocorreu uma aprendizagem significativa. Para ele, o ponto isolado mais relevante na aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe, sua quantidade, clareza e organização:

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influência novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2012, p. 7).

De acordo com Moreira (2012), a partir da análise da teoria de Ausubel acerca da estrutura cognitiva, para que o sujeito aprenda significativamente, é necessário satisfazer duas condições primárias: o material ser potencial significativo; e que o aprendiz se predisponha a aprender.

A sequência didática proposta no presente trabalho é disposta como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e o uso de ambientes não convencionais de aprendizagem (kartódromo) durante as aulas visou a proporcionar um maior engajamento dos estudantes.

### **3.2 Visão de Moreira acerca da Teoria de Aprendizagem Significativa**

A escolha dessa teoria para balizar nossa dissertação se dá devido à fundamentação da construção de um novo conhecimento, a partir da interação não arbitrária e não literal com os conhecimentos prévios. Isso quer dizer que o estudante precisa do conhecimento prévio relevante dentro de sua estrutura cognitiva para dar-lhe significado, do contrário, não poderá obter uma aprendizagem significativa (MOREIRA *et al.*, 2008).

Moreira, em uma aula inaugural<sup>4</sup> do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, descreve que a “aprendizagem significativa”, em sua visão geral, é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e

---

<sup>4</sup> Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Currículo, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé-da-letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, denominado por Ausubel, como subsunçor ou ideia-âncora.

Entretanto, vale ressaltar que aprendizagem significativa não quer dizer aprendizagem condizente com o conhecimento formal, validado. Segundo Ausubel, estabelece-se a aprendizagem significativa quando o indivíduo atribui significados a um conhecimento a partir da ancoragem com seus conhecimentos prévios, mesmo quando esses significados ainda não são totalmente aceitos no contexto do sujeito.

O fato de o conhecimento prévio ser a variável fundamental para a aprendizagem significativa, tal qual concebida por Ausubel, não garante que seja uma variável facilitadora para a aquisição do conhecimento escolar. Pelo contrário, pode até ser uma variável bloqueadora, caso os significados dos conhecimentos prévios sejam ancorados em conhecimentos e concepções derivadas, por exemplo, do senso comum.

O material de aprendizagem é potencialmente significativo, pois a atribuição de significado cabe ao sujeito, logo, não há, aula, estratégia ou livro significativo. O material potencialmente significativo é aquele capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do estudante.

O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o “aprender a aprender”, que permitirá à pessoa lidar frutiferamente com a mudança e sobreviver.

A grande maioria dos livros didáticos não promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Sua organização é linear, muitas vezes cronológica, começando com o mais simples e terminando com o mais complexo ou mais difícil. É uma organização lógica, não psicológica, do ponto de vista cognitivo. A aprendizagem significativa será facilitada se o aprendiz tiver uma visão inicial do todo, do que é importante, para, então, diferenciar e reconciliar significados, critérios, propriedades, categorias, etc. (MOREIRA, 2012)

A esse respeito, tanto o material utilizado para a instrução quanto sua abordagem são essenciais. Se um estudante carece de conhecimento prévio relacionado ao assunto que está sendo discutido, ele pode ter dificuldade em atribuir os significados corretos. Para combater isso, Moreira propõe que ter predisposição

para aprender é mais do que encontrar motivação ou conexão com o conteúdo: envolve aprender com novos conhecimentos e informações, atribuindo significados relevantes. Assim, os professores devem levar em consideração quaisquer ideias prévias que seus estudantes possam ter, independentemente da precisão, a fim de construir e reter novos subsunçores que sustentem e desenvolvam a atribuição de significado acerca do tema em questão.

Para os educadores, isso indica a necessidade de reconhecer ativamente quaisquer crenças e atitudes preexistentes que os estudantes possam trazer, não importa o quão não refinadas possam ser. E, a partir destes, estabelecer contextos que permitam o desenvolvimento da compreensão dos temas em questão.

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2010, p. 2).

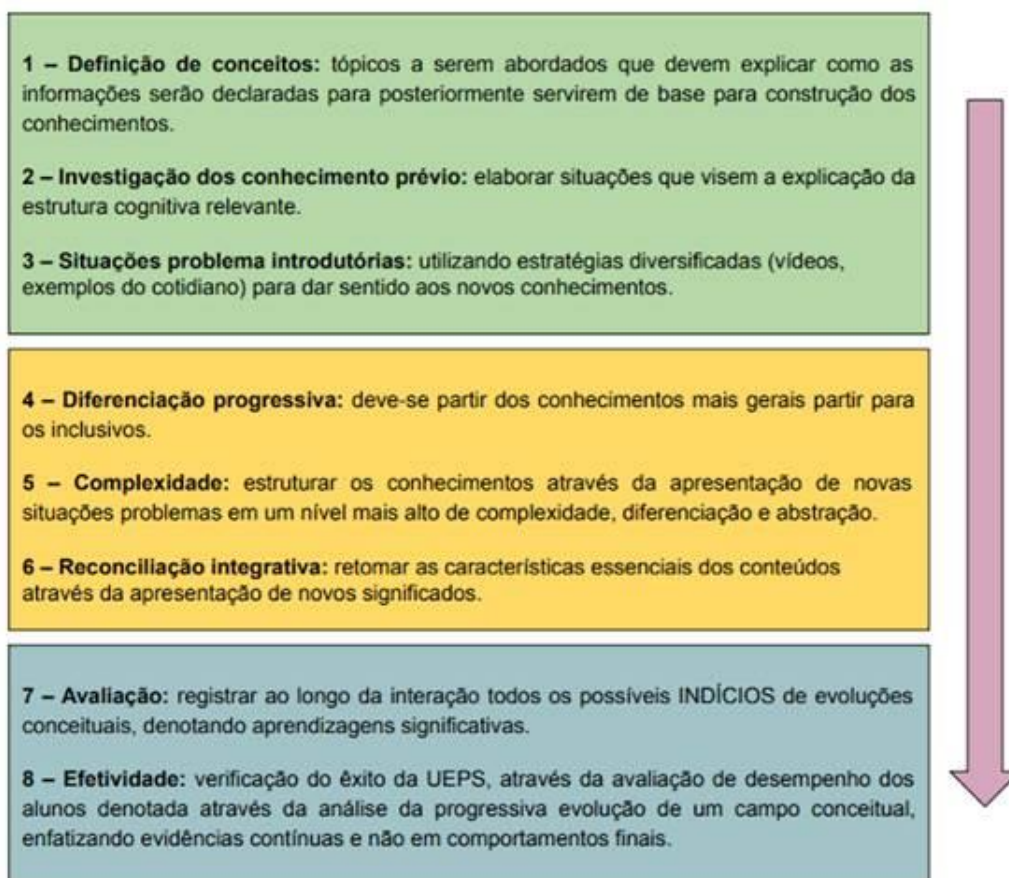
É por essa negociação de significados que a aprendizagem significativa se diferencia da aprendizagem mecânica. O conhecimento prévio interage com o novo conhecimento, modificando e enriquecendo a estrutura cognitiva prévia, que permite a atribuição de significados ao conhecimento.

Embora, de acordo com Ausubel, a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica sejam ambas contínuas, outros autores têm articulado que a aprendizagem significativa é mais duradoura. Isso ocorre porque memorizar mecanicamente não dá à informação a chance de se interconectar com o conhecimento prévio ou de ficar ancorada. Ela simplesmente permanece ligada ao contexto específico em que foi dada durante a transmissão do conteúdo, portanto se torna incapaz de ser usada além do que é inicialmente fornecido.

A aprendizagem é significativa quando o discente tem acesso a novas informações e consegue processá-las de forma eficiente, agregando o que ele já conhece acerca do assunto em questão e expandindo suas certezas em pensamentos mais complexos e detalhados, de forma coerente. Para que um conhecimento seja processado, há necessidade de um símbolo significativo, um conhecimento pré-adquirido, que será recordado para que o educando tenha um raciocínio básico para entender e contextualizar o que é novo (MOREIRA, 2006).



Moreira estrutura uma UEPS seguindo os seguintes passos, apresentados na **Figura 18** a seguir:



**Figura 18** – Síntese das etapas da UEPS  
Fonte: Hammel; Miyahara; Santos, 2020.<sup>5</sup>

A sequência de atividades propostas e desenvolvidas durante a realização da UEPS dessa proposição educacional foi baseada em uma estrutura orientada para a descoberta de uma relação de meio e fim, na busca da solução do problema. Esse tipo de abordagem, Ausubel (2003) conceitua como aprendizagem por descoberta. Deve-se considerar que a aprendizagem por descoberta envolve transformação, síntese, formulação de hipótese, argumentação, rearranjo, recombinação e integração.

<sup>5</sup> HAMMEL, C.; MIYAHARA, R. Y.; SANTOS, S. A. “Estudantes com deficiência intelectual e aprendizagem significativa: uma sequência didática sobre o tema – coronavírus”. **Revista Educação Especial**, v. 34, pp. 1-17, 2021, Universidade Federal de Santa Maria.

#### **4 BREVE REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ENSINO DE FÍSICA EM AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS**

Segundo Lima e Oliveira (2013), os espaços formais correspondem às instituições de ensino e suas dependências físicas - salas de aula, laboratórios, quadras esportivas, bibliotecas e outros -, onde o ensino é formalizado.

Já os espaços não formais, Vieira (2005) define como aqueles que acontecem fora do ambiente escolar, podendo ocorrer em vários espaços, institucionalizados ou não. Assim, a educação não formal pode ser definida segundo o autor como:

a que proporciona a aprendizagem de conteúdos da escolarização formal em espaços como museus, centros de ciências, ou qualquer outro em que as atividades sejam desenvolvidas de forma bem direcionada, com um objetivo definido (VIEIRA, 2005, p. 21).

Uma abordagem significativa para o ensino de Física pode ser feita em ambientes não convencionais de ensino, caracterizando-se como uma estratégia pedagógica contemporânea. Vale ressaltar que, nesses ambientes, os métodos de ensino não tradicionais giram em torno de atividades escolares práticas, que podem variar dependendo de sua especificidade. O principal benefício dessa abordagem é que ela promove o desenvolvimento cognitivo, emocional e o trabalho em equipe, facilitando a aquisição e retenção de conhecimento. Em essência, isso se alinha com a Teoria da Aprendizagem significativa de David Ausubel.

Ademais, mesmo caducados, mas ainda com influência nos currículos e sistemas educacionais, os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 1998; 2000) sugerem a realização de atividades de campo ou estudo do meio como alternativa para colocar em prática a observação e a problematização, além de desenvolver outras habilidades, como coletar, registrar e analisar dados. Terzi e Rossi (2015) entendem que o uso do meio indica a potencialidade de espaços não formais para a promoção da educação - destaque aqui para o ensino de ciências.

Diversas pesquisas realizadas em espaços não formais apontam que eles se apresentam como estratégias importantes de ensino e aprendizagem, em especial no ensino de ciências (CHAVES, 2016; ROCHA, FACHÍN-TÉLAN, 2010; JACOBUCCI *et al.*, 2009; MARANDINO, 2009; ROCHA *et al.*, 2007; VALENTE *et al.*, 2005).

Nos espaços não formais, a identidade do educador é representada pelos monitores, colegas ou mesmo o professor. É necessário planejamento ao se fazer uso do espaço não formal para poder explorar possibilidades de um estudo aprofundado,

propiciando aos alunos conhecimento e esclarecimentos sobre o que se pretende ensinar. Nessa direção, os espaços não formais de educação se apresentam como importantes instrumentos para conduzir o desenvolvimento e possibilidades de promover uma prática pedagógica em diferentes espaços educativos (CHAVES *et al.*, 2016)

Marandino (2009) destaca a importância desses espaços não formais para o ensino. Considera as possibilidades do desenvolvimento de práticas educativas, por meio de atividades motivadoras que contribuam para um novo aprendizado, relacionando os conhecimentos já existentes dos alunos. Contudo, é importante que o professor tenha claro os objetivos educacionais e a potencialidade do espaço não formal onde será realizada a atividade.

Segundo Rocha, Fachín-Téran (2010), Jacobucci *et al.* (2009), Marandino (2009) e Praxedes (2009), o ensino de ciências pode ocorrer em espaços além do escolar, como forma de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem de diferentes conteúdos, e tornar as aulas de ciências mais interessantes para os estudantes. Nesse sentido, também pode colaborar para formar cidadãos críticos para questões que envolvem a sociedade, promovendo a tomada de decisões oportunas e assertivas (REIS *et al.*, 2019)

Realizei uma pesquisa bibliográfica consultando o Google escolar, a SciELO, IOPscience, Physics Education e Repositório de Dissertações do MNPEF/UnB. O operador booleano “OR” foi assumido durante a pesquisa e utilizadas as seguintes palavras chaves: “Kartódromo”, “ensino de Física em ambientes não convencionais”, “ensino de Ciências em ambientes não convencionais”, “a Física nos parques de diversões”, “*amusement park*”, “*extramuro learning*”. Como resultado dessa pesquisa, obtive uma gama de trabalhos e artigos, em português e em inglês, que tratam da potencialidade de uma aprendizagem significativa em ambientes não convencionais, para o ensino de Física, bem como o de Ciências.

Os trabalhos mais relevantes encontrados foram:

<b>Título</b>	<b>Autor/Ano</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Contribuição</b>
Os espaços não formais amazônicos como potencializadores de aprendizagem para o ensino de ciências: uma perspectiva a partir da teoria fundamentada.	Andreza Rayane de Holanda Reis e Cirlande Cabral da Silva (2019)	Artigo	Aquisição e retenção do conhecimento a partir da percepção dos alunos quando visitam esses espaços.
O tema água em espaços não formais: possibilidades de aprendizagem em ciências.	Priscila Eduarda D. Morhy; Augusto Fachín	Artigo	Descrever possibilidades de trabalhar o tema água em espaços não formais.

	Terán; Ana Paula Melo Fonseca; (2019)		
Física, Química e Matemática: entenda a ciência dos parques de diversão	Alfredo Beleza (2021)	Texto de divulgação científica	Demonstrar que parte da emoção e do sistema de segurança dos brinquedos em um parque de diversões é obtido através dos princípios da Física.
Texto de divulgação científica sobre a utilização do parque de diversões no ensino de física: uma análise sobre a concepção de licenciado em física	Wellington Pereira de Queirós e Daniele Cristina de Souza (2016)	Artigo Investigativo	A visão que licenciandos de física possuem sobre a utilização de parques de diversão como espaços informais para o ensino de física no ensino médio.
Proposta de ensino de física em espaço não formal: uma aula de mecânica no parque de diversões	Fábio Henrique de Sousa Chagas (2018)	Dissertação e produto educacional	Elaboração de uma revista intitulada Ensino de Mecânica no Parque de Diversões Nicolândia.
<i>Forces in circular motion: discerning student strategies</i>	Ann-Marie Pendrill (2020)	Artigo	Uma série de tarefas diferentes envolvendo movimento circular.
Desenvolvimento de sistema de telemetria para corridas de kart.	Carolina Fernandes Frangeto (2023)	Dissertação	A proposição de um sistema de telemetria de baixo custo, incorporado a um <i>hardware</i> proprietário para monitoramento físico do piloto e o desempenho do kart.
Projeto GNU do cerrado <i>kart-cross</i> : descrição, ergonomia e análise estrutural	Welder Araújo Ribeiro (2014)	Monografia	Cálculos analíticos sobre a dinâmica veicular e suas consequências sobre o projeto estrutural.
Validação de modelo para análise estrutural de um chassi de kart.	Renan Ferreira Fraga Wanderley (2017)	Projeto de graduação	Simular situações reais que ocorrem com o <i>kart</i> durante uma corrida como frenagem, aceleração e as deformações resultantes da realização de curvas.
Ensino de física em espaços não-formais: vivências e experiências além dos muros da escola	Whasgthon Aguiar Almeida, Adan Sady Medeiros Valdecy Lima Araújo (2020)	Artigo	Evidenciar que o ensino de Física, se executado de forma mais concreta em espaços não-formais pode facilitar a compreensão dos alunos sobre os conteúdos ministrados em espaço formal.
<i>Aerodynamics in the amusement park: interpreting sensor data for acceleration and rotation</i>	Marcus Löffstrand e Ann-Marie Pendrill (2016)	Artigo	Oferecer muitos exemplos para o ensino de física, desde movimentos circulares simples, até aceleração e rotação envolvendo vários eixos.
<i>Classical physics experiments in the amusement park</i>	Sara Bagge e Ann-Marie Pendrill (2002)	Artigo	Adaptações de experimentos de física clássica para uso em passeios tradicionais aos parques de diversões.

<i>Pendulum rides, rotations and the coriolis effect</i>	Ann-Marie Pendrill e Conny Modig (2018)	Artigo	Analisar as forças em um grande passeio de pêndulo giratório, onde o efeito Coriolis é suficientemente grande para ser visível nos dados do acelerômetro.
<i>Rotating swings – a theme with variations</i>	Ann-Marie Pendrill (2016)	Artigo	Apresentar uma série de variações de tarefas dos alunos relacionadas ao tema dos passeios de balanço giratório.
<i>Training teachers to use playgrounds in physics teaching</i>	Ann-Marie Pendrill (2019)	Artigo	As atividades enfatizam como os experimentos em playgrounds podem conectar experiências muito concretas de aceleração e força a exemplos de livros didáticos e princípios físicos fundamentais.
<i>An amusement park physics competition</i>	Rachel F Moll (2010)	Artigo	Descrever uma nova competição de física em que os alunos usam ferramentas simples para fazer medições em parques de diversões e usam os dados para responder a perguntas desafiadoras do exame.

Desse conjunto de trabalhos encontrados, destaco as duas dissertações de Chagas (2018) e a de Frangeto (2023), bem como os dois artigos, o de Pendrill (2020) e o de Moll (2010), que possuem maior aproximação com o trabalho realizado por mim no kartódromo.

Chagas (2018) também realizou uma proposta de aprendizagem significativa em ambientes não convencionais de ensino, em sua dissertação de mestrado, intitulada “Proposta de ensino de Física em espaço não formal: uma aula de mecânica no parque de diversões”. Nela, ele apresentou resultados extremamente expressivos acerca do envolvimento dos estudantes nas atividades propostas. Descreveu, ainda, que as experimentações dos conteúdos passados em sala de aula foram essenciais à atividade proposta, que se deu por meio da aprendizagem significativa e interação pessoal de cada discente. O produto idealizado foi uma revista na qual os participantes do ensino responderam a perguntas relativas à matéria em questão. A revista ainda abordou vários conceitos, teorias e leis da Física, a exemplo da Primeira Lei de Newton, energia cinética, dentre outras, essenciais para solucionar certas questões ali descritas. Ademais, a revista representou uma excelente fonte de ensino da Mecânica e do funcionamento dos brinquedos no parque de diversões e pode auxiliar futuros docentes na explicação desses conceitos. A construção da revista reforça que

a iniciativa de lecionar em espaço não formal é uma opção válida na construção do conhecimento.

A estratégia utilizada por Chagas (2018), que partiu do ideal inerente à publicação da revista “Ensino de Mecânica no Parque de Diversões Nicolândia”, foi formular perguntas embasadas no estudo do movimento circular; Leis de Newton e forças do movimento circular. Esses questionamentos estão presentes na literatura que rege o ensino da Física, mais propriamente no currículo do ensino médio nacional. Ele ainda relata que a Física apreendida nos parques de diversões é uma maneira de reforçar conceitos de Física e motivar os estudantes a participar ativamente na descoberta e aplicação desses conceitos.

Ele concluiu que a pesquisa realizada após o evento demonstrou ser válido o uso de novos métodos didáticos que ensinem a Física de modo experimentado e participativo; que a escola da atualidade deve mobilizar o conjunto dos atores sociais e grupos profissionais em torno de um projeto comum, que é o de educar. Porém, a educação vai para bem além do espaço delimitado pelos muros escolares. Para muitos estudantes o passeio possibilitou que os cálculos e equações fossem compreendidos de maneira mais simples e menos chata, por verem o funcionamento dos brinquedos.

Frangeto (2023), em sua dissertação intitulada “Desenvolvimento de Sistema de Telemetria para Corridas de *Kart*”, apresenta uma forma de retirada de dados a partir de um sistema de telemetria de baixo custo, incorporado a um *hardware* proprietário para monitoramento físico do piloto e do desempenho do *kart*.

A dissertação desenvolve uma engenharia de Gestão de Redes de Telecomunicações para a telemetria do *kart*, a fim de proporcionar uma coleta efetiva dos dados para melhor desempenho em uma corrida, não especificamente para o ensino, ainda que os dispositivos ali apresentados sejam extremamente significativos para um estudo após saída de campo.

O sistema de telemetria proposto por Frangeto (2023) para corridas de *kart* consiste em um dispositivo com *display*, sensores e armazenamento dos dados coletados. O dispositivo atua coletando medidas como velocidade, temperatura ambiente, umidade, posição, tempo de volta e duração da corrida. Uma pulseira conectada ao piloto faz o monitoramento de estado físico, estresse e emoção do piloto durante a corrida, com sensores de temperatura, pressão arterial, oxímetro e

frequência cardíaca que envia os dados coletados via BLE (*Bluetooth Low Energy*) para o dispositivo no *kart*.

Esse sistema desenvolvido por ela tende a fornecer ao piloto e sua equipe informações essenciais para obter um melhor desempenho da equipe.

Em algumas competições, chamadas de *endurance*, as corridas podem durar horas, com a necessidade de troca de pilotos e *karts*. O monitoramento dos sinais vitais do piloto é de fundamental importância para que o piloto e sua equipe obtenham informações essenciais para alinhar as estratégias e tomadas de decisões.

Ao desenvolver uma pulseira que incorpora um multichip, Frangeto (2023) solda um (MCM) MPU-9250, cujo funcionamento do módulo, de maneira sintetizada, apresenta: acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, comunicação e configuração. O MPU-9250 se comunica com outros dispositivos, como microcontroladores ou processadores, por meio de interfaces, calibração eliminando interferências externas e processamento de dados.

O trabalho de Frangeto (2023) contempla uma estratégia que busquei realizar, utilizando um celular acoplado ao *kart*, porém, devido ao valor do aparelho e da forma de fixá-lo, interpretei a utilização como arriscada e acabei deixando de lado essa estratégia. No entanto, a pulseira é viável e é mais uma maneira de comparar dados reais de uma corrida e valores aproximados que temos nas aproximações matemáticas estudadas nos livros didáticos.

O artigo "*Forces in circular motion: discerning student strategies*", da Ph.D Ann-Marie Pendrill (2020), relata, muitas vezes, os estudantes usam estratégias incoerentes na resolução de problemas envolvendo força e movimento, quando solicitados a desenhar diagramas de força para brinquedos que envolvam movimento circular.

A autora expõe que, dependendo das questões colocadas, os trabalhos envolvendo movimentos circulares podem revelar diferentes tipos de estratégias, mais ou menos corretas e coerentes, utilizadas pelos estudantes.

Nesse artigo, Pendrill (2020) apresenta uma série de tarefas diferentes envolvendo movimento circular. Os desenhos alternativos – réplicas -, tal como encontrados nas respostas dos estudantes, são apresentados como um apoio para os professores discernirem as estratégias a serem utilizadas – ela trata como um discernimento educativo. Além disso, são apresentadas e discutidas diferentes

estratégias e exemplos referentes a diagramas de força sobre um corpo livre e aceleração, bem como graus de abstração e realismo, utilizados pelos livros didáticos.

O artigo foi inspirado na teoria da variação da aprendizagem (MARTON; BOOTH, 1997). A autora descreve que professores que gostariam de permitir que os estudantes explorassem variações adicionais em problemas de movimento circular poderiam escolher passeios adicionais e criar o seu próprio conjunto de alternativas, com base nas estratégias discutidas a partir da composição de movimentos circulares, ou utilizá-los para perguntas de resposta livre ou discussões em sala de aula.

O artigo também retrata que, para cada situação apresentada no parque de diversões referente ao brinquedo estudado - chapéu mexicano, montanha-russa e barco viking -, havia cinco respostas possíveis para os estudantes desenharem os diagramas de forças - nem todas corretas. Um estudante exclamou: “Não estamos realmente treinados para olhar para um problema onde temos coisas mais realistas e mais complexas acontecendo!”

Neste artigo, Ann-Marie Pendrill ainda questiona qual é a melhor maneira de ensinar movimento circular. Citando Arons (1981), responde:

A explicação didática e um exercício corretivo concentrado não ajudam a maioria dos estudantes a superar uma dificuldade cognitiva. Um sucesso muito maior é alcançado proporcionando aos estudantes oportunidades repetidas, em situações ligeiramente diferentes, de traçar a linha de raciocínio e articulá-la com suas próprias palavras (ARONS, 1981, p. 38).

Apoiada nessa e em outras citações presentes em seu artigo, ela conclui que muitas abordagens podem ser usadas para criar situações em que os estudantes articulem a Física, dentre elas a resolução colaborativa de problemas em grupo, a instrução por pares e outros exemplos. Ela finaliza relatando que o artigo pode levar a discussões esclarecedoras entre os estudantes, em ambientes fora da sala de aula, bem como em discussões em pequenos grupos, mas as intervenções e o acompanhamento dos professores são essenciais para ajudar os estudantes a descobrir diferentes formas de pensar sobre um dado problema.

Por último, o artigo “*An Amusement Park Physics Competition*”, de Rachel F. Moll (2010), na Colúmbia Britânica (BC), Canadá.

Mais de 10.000 estudantes participam anualmente de um programa de Física em parque de diversões, realizado no Playland Amusement Park, na Pacific National Exhibition (PNE), em Vancouver, BC, Canadá.



O programa, originalmente desenvolvido, há 21 anos, por um professor do ensino médio local, começou como um convite às aulas de ensino médio para experimentar e calcular a física dos brinquedos nos parques de diversões.

Em 2006, foi criada uma iniciativa baseada em pesquisas que estavam sendo realizadas sobre a aprendizagem de estudantes durante uma competição de Física, em um parque de diversões, chamada BC's Brightest Minds.

Para competir, pares de estudantes andam em parques de diversões, usam ferramentas simples para fazer medições e responder a questões desafiadoras, usando seus dados e observações.

Rachel F. Moll (2010) descreve, nesse artigo, as características únicas dessa competição e fornece evidências de pesquisas sobre seu potencial para melhorar as experiências de aprendizagem de Física dos estudantes.

Nele, ela relata que as saídas de campo em parques de diversões para investigar Física se tornaram uma prática popular. Vários artigos foram publicados por professores sobre como eles estavam usando a Física, em parques de diversões, para enriquecer a compreensão da Física dos estudantes. Alguns utilizaram a experiência como exercício de laboratório, outros realizaram a prova final do curso no parque de diversões.

No artigo, Rachel F. Moll, citando Escobar (1990), escreve:

A experiência reforça o que aprenderam nas aulas, levanta novas questões, contraria o mito predominante de que a física é abstrata... e, o melhor de tudo, integra prazer e atividade intelectual. A física no parque de diversões é simples, é real e é divertida. (ESCOBAR, 1990, p. 446.)

Cita também uma série de artigos escrita para Educação em Física, por Anne-Marie Pendrill, que descreve uma gama de oportunidades de ensino de Física em contextos de parques de diversões na Europa. Em um desses artigos, Anne-Marie Pendrill descreve o uso de tecnologias como sensores de movimento para estudar o movimento de montanhas-russas e outros brinquedos. Expõe quão interessante é a capacidade de criar gráficos 3D de aceleração e velocidade e de explorar esses conceitos em diferentes sistemas de coordenadas. Um segundo artigo descreve detalhadamente a análise 1D, 2D e 3D de dados de sensores de movimento coletados de vários recursos diferentes de montanhas-russas, como *loops* e *saca-rolhas*. Embora a Física complexa possa ser explorada, outro resultado importante dessa

análise é a demonstração de erros introduzidos por aproximações comuns em cálculos físicos, como tratar corpos como fontes pontuais.

Finalizo dizendo que o artigo contribui para este conjunto de literatura ao descrever uma competição concebida com base no que foi aprendido sobre aprendizagem significativa em contextos de parques de diversões.

Ressalto que a participação em atividades escolares em ambientes não convencionais de ensino tem potencial para cultivar um sentido de vitalidade e dinamismo, pois permite que os estudantes se envolvam com o mundo que os rodeia, nas diversas situações cotidianas. Apesar da falta de deveres “burocráticos”, essas atividades são concebidas para estabelecer uma ligação entre propósito e ação ou um vínculo entre processo e resultado e para incentivar o envolvimento dos estudantes em um ambiente colaborativo que se baseia em suas capacidades e aptidões pessoais.

Compreendendo a totalidade desse assunto, explorar os inúmeros conceitos de Física é altamente significativo e pode ser trabalhado em ambientes não convencionais de ensino, como parques de diversões e Kartódromos, que fomentam e induzem os efeitos de aprendizagem cognitiva da TAS. Ambientes amparados por essas literaturas já experimentadas embasam e corroboram para a fundamentação desta dissertação.

## 5 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como fundamento teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel.

As UEPS sugeridas por Moreira foram um norteador e balizaram a proposta de aprendizagem deste trabalho, constituída de uma sequência didática cadenciada. Ela foi ministrada em cinco encontros, de aulas duplas de 50 minutos cada. Foi utilizado um questionário, que possibilitava respostas amplas e pessoais, para aferir os subsunçores já existentes de forma inata e os adquiridos ao longo da vida estudantil dos estudantes envolvidos, bem como conceitos intuitivos advindos da percepção de mundo em que inseridos - ambiente familiar e social, internet, parques de diversões e outras experiências de vida -, acerca do conhecimento que possuem sobre velocidade, aceleração, aceleração centrípeta, dentre outros.

O intuito da atividade proposta, aplicação do questionário, tem como pano de fundo identificar e organizar os subsunçores. Coube ao docente mediar e conduzir os estudantes para, após as respostas aos questionários, ocorrer um debate, onde as respostas apresentadas pudessem ser compartilhadas oralmente. Possíveis respostas certas - condizentes com os conceitos acerca de cada grandeza física - e erradas - equívocos sobre os conceitos acerca das grandezas - poderiam servir de base para uma segunda etapa.

A segunda etapa consiste em entregar novamente o questionário, respondido a partir de uma pesquisa feita em fontes bibliográficas confiáveis. Os conhecimentos pré-existentes puderam ser enriquecidos ou até mesmo modificados na medida em que as novas informações foram sendo anexadas à estrutura cognitiva do aprendiz, ainda no processo dialógico implicado pelas comunidades de investigação.

A sequência didática foi construída a partir das respostas dos estudantes nos dois questionários conceituais propostos de forma investigativa, sempre voltados para a articulação dos conceitos em contextos diferentes daqueles em que foram aprendidos, visto que uma das condições necessária para um salto de aprendizagem se dá após a disposição do aprendiz de relacionar de maneira substantiva, e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva.

As concepções de aprendizagem significativa de Ausubel sugerem que o aprendiz deva ter como estrutura cognitiva a organização e a integração dos novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva. Dessa maneira faz-se necessário criar ou

desenvolver subsunçores capazes de interligarem o que se sabe e o que se deve saber, promovendo assim o pensamento reflexivo.

As informações que o indivíduo possui com pouca ou nenhuma interação com os novos conhecimentos poderão ser transformadas em subsunçores de novos saberes desde que o indivíduo crie elementos para a ancoragem, a partir de novas experiências em uma perspectiva de um ambiente não convencional de ensino, que o estimule a fazer as devidas conexões entre o que foi experimentado na prática e a teoria apresentada em sala de aula.

A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Esta condição implica que, independentemente de quão potencialmente significativa seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos). De maneira recíproca, independentemente de quão disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo (MOREIRA, 2019, p. 164).

Aqui, entra a construção de materiais potencialmente significativos, bem como de organizadores prévios, diante das dificuldades apresentadas, além do estabelecimento de uma rota lógica, a partir dos subsunçores apresentados. Espera-se a facilitação do processo de assimilação do conteúdo, uma vez que os organizadores prévios facilitam a aplicação dos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Procurou-se desenvolver uma sequência didática que fosse potencialmente capaz de permitir que o estudante alcançasse uma aprendizagem significativa (SILVA FILHO; FERREIRA, 2022)

Definido o conteúdo a ser trabalhado com os estudantes, a elaboração das etapas de uma sequência didática estruturada tende a privilegiar os elementos de pensamento de ordem superior, gerando uma maior qualidade de aprendizagem.

### **5.1 Sequência Didática**

Tomando como base as recomendações metodológicas de Moreira (2012), elaboramos a sequência didática conforme o que se entende como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Foi pensada uma sequência didática de cinco aulas e uma saída de campo em turno contrário, com o objetivo de que, ao término delas, o estudante alcançasse o

entendimento dos conceitos que aparecem no estudo do movimento circular, em particular, o da aceleração centrípeta.

Para isso, foram definidos os seguintes passos:

I – Definição de conceitos pressupostos.

Para essa etapa foi elaborado um questionário contendo 6 (seis) questões, a saber:

- 1- O que você acha que é velocidade?
- 2- O que você acha que é aceleração?
- 3- O que você acha que é aceleração centrípeta?
- 4- Como você faria para medir o raio de uma curva?
- 5- Ao entrar em uma curva você acha que é melhor entrar freando ou acelerando?
- 6- Descreva como você faria para medir a distância de uma curva e o tempo gasto para um *kart* percorrê-la.

Ao término da atividade, os estudantes entregaram o questionário respondido ao professor regente, que os recolheu.

II – Investigação dos conhecimentos prévios.

Propõe-se nessa segunda etapa uma discussão das respostas com os estudantes que se sentissem à vontade em partilhar o que responderam. Coube ao professor mediador instigar uma participação efetiva, mesmo diante das repostas repetitivas. Após cerca de quinze minutos de breves participações, buscou-se um momento de “*brainstorm*”, chuva de ideias, valendo-se do aplicativo “mentimeter” - <https://www.mentimeter.com/pt-BR> -, formando uma nuvem de palavras.

III – Situações-problema introdutórias.

Objetivando construir um conhecimento mais robusto, o docente aplicou novamente o mesmo questionário, que foi respondido com o auxílio de uma pesquisa em meios físicos - livros didáticos - e virtuais - acesso à internet, via celular ou tablet. Os estudantes retomam o contato com o questionário, agora apresentado da seguinte forma, a saber:

Pesquise e responda:

Agora de posse dos conceitos que você pesquisou, responda as seguintes questões.

- 1- O que é velocidade, quais são as grandezas envolvidas?
- 2- O que é aceleração, quais são as grandezas envolvidas?

3- O que é aceleração centrípeta, como calcular, como se chegou a esta equação?

4- Como calcular a velocidade máxima que um kart pode fazer a curva sem derrapar.

Esse questionário foi entregue ao professor, finaliza a segunda aula.

IV – Diferenciação progressiva.

Ainda em sala de aula o professor deve retomar o desenvolvimento das atividades desenvolvidas nas duas primeiras aulas e salientar que as primeiras especulações, para alguns, estavam de acordo com o que o conceito correto nos diz e, para outros, precisavam ser revisitadas e reformuladas. Estimula-se a participação dos discentes que conseguirem perceber esse fato a externalizar sua concepção anterior e posterior à pesquisa feita. Aliado a isso, o professor deve, neste momento, focar no conceito de aceleração centrípeta, que será amplamente vivenciado na próxima etapa.

V – Complexidade.

A situação-problema aqui apresentada é o estudante perceber a aceleração centrípeta na prática. Propõe-se aos estudantes uma saída de campo ao Kartódromo Carreira, situado no Parque da Cidade Sarah Kubitschek.

VI – Reconciliação integrativa.

Nesta etapa ocorrerá uma aula expositiva dialogada integradora final. Após o retorno da saída de campo, propõe-se uma aula que permita rever os conteúdos desenvolvidos na sequência, retomar os conceitos e colocá-los em “xeque” em relação à sensação experienciada no *kart*, a cada curva feita por ele.

VII – Avaliação.

Esta atividade será baseada nas respostas individuais dos estudantes. Ao final da corrida, propõe-se que o professor questione seus estudantes e registre por meio de filmagem.

VIII – Efetividade.

A validação da sequência didática será feita, a partir dos resultados de aprendizagem apresentados, coligada aos posicionamentos dos estudantes nos debates e na evolução da construção conceitual elaborada pelos estudantes na aula expositiva dialogada integradora final.

### 5.1.1 Descrevendo as aulas de forma minuciosa

#### a) Primeira Aula: aula dupla de 50 minutos

O objetivo desta primeira aula foi apresentar a sequência didática, começando por realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, obtidos por meio da aplicação de um questionário. Com isso, procurou-se conhecer os subsunçores que os estudantes possuíam. Esses subsunçores foram adquiridos ao longo da história escolar e/ou pessoal de cada estudante, apresentando-se, por vezes, de forma concisa e bem organizada, por outras, de forma incompleta ou equivocada, necessitando, portanto, de complemento ou ajustes.

Foram apresentadas, de forma expositiva, as cinco aulas e como elas deveriam ser trabalhadas. Na sequência de sua explanação, foi entregue o questionário contendo as questões apresentadas no tópico 1 da sequência didática. Vale ressaltar que o docente teve total transparência, neste primeiro momento, deixando claro para o estudante que o mais relevante é que ele escrevesse seus pensamentos, motivo pelo qual as perguntas iniciavam com: O que você acha...? Na medida em que os estudantes iam escrevendo suas percepções acerca das grandezas questionadas e estratégias pensadas de medição, o professor salientou a importância de que todos os estudantes entregassem o questionário ao término da atividade.

Coube ao professor regente desenvolver uma breve discussão, retomando o questionário. O objetivo dessa segunda etapa foi socializar conhecimento, aprender com o outro. Contudo, não se pode perder de vista o conhecimento que o estudante já possuía. O debate e a discussão foram momentos que privilegiaram a participação oral dos estudantes menos envergonhados. Foi competência do professor manter-se atento e instigar os estudantes mais tímidos a participarem apresentando seu ponto de vista.

Após as respostas individuais, foi sugerido que ocorresse um momento de “*brainstorm*”, chuva de ideias, posteriormente utilizada em outro aplicativo, “*mentimeter*”, para formar uma nuvem de palavras, que evidenciou o conceito ou a grandeza mais relevante. Na sequência, a ideia foi reunir em grupos para que ocorresse a socialização e o debate.

b) Segunda Aula: aula dupla de 50min.

O objetivo dessa segunda aula foi evidenciar os conceitos corretos, em um segundo questionário, acerca das grandezas apresentadas.

Objetivando construir um conhecimento mais robusto, o docente aplica novamente o mesmo questionário, que agora deverá ser respondido com o auxílio de pesquisa nos meios físicos - livros didáticos - e virtuais - acesso à internet, via celular ou tablet. Os estudantes retomam o contato com o questionário, mais enxuto e direcionado às grandezas derivadas, fechando com uma questão intrigante, que envolve atrito e outras variáveis que não serão mencionadas neste momento.

Previamente, o professor solicitou que os estudantes interpretassem as respostas obtidas por eles e concluíssem que o conceito de velocidade de um corpo corresponde à taxa de variação de sua posição em função do tempo e que, por se tratar de uma grandeza vetorial, a velocidade possui módulo, direção e sentido. O módulo da velocidade é a sua intensidade, medida no SI em metros por segundo. Está associado ao conceito de rapidez e pode ser expresso por meio da equação  $V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ . Eles apresentaram uma explanação acerca de tudo isso.

Na medida em que os estudantes forem concluindo a atividade, o professor se pode valer de algumas respostas para dar indícios de como será trabalhado esse conteúdo na próxima aula.

Foi colocado como atividade de casa assistir as videoaulas disponibilizadas nos links: <https://youtu.be/QyxFcbIBOfg> e <https://www.youtube.com/watch?v=V3CJV9wZOww>.

c) Terceira Aula: aula dupla de 50 minutos

O objetivo desta terceira aula foi definir formalmente o conceito de aceleração centrípeta. Para isso, o docente retomou as discussões e debates desenvolvidos nas duas primeiras aulas. Elencou as divergências e atenuou essas concepções apresentando os conceitos corretos. Coube ao professor questionar se algum estudante já havia percebido que estava aquém do conceito correto e se já conseguia compreender uma nova concepção após ter feito a pesquisa. Vale ressaltar que a participação oral deste estudante foi de suma relevância para o crescimento de toda a turma, externalizar seu ponto de vista de forma coesa agregou um saber investigativo alcançado por meio da pesquisa.



*A posteriori*, o professor apresentou a equação da aceleração centrípeta, como se obtém e onde ela é utilizada. O professor de posse de um barbante, um pedaço de cano e a borracha de um estudante – organizador prévio – trabalhou os conceitos de resultante centrípeta, velocidade tangencial, aceleração centrípeta e força de atrito.

A atividade de casa foi refazer o experimento e avaliar na prática o que ocorre com a resultante centrípeta com o aumento da velocidade tangencial, a diminuição do raio e o aumento da massa pendurada no barbante.

#### *Saída de Campo: Experimentando a Física - Carrera Kart*

O objetivo principal dessa atividade foi proporcionar aos estudantes a oportunidade de aprender de forma significativa os conceitos básicos da Física envolvidos em um movimento não retilíneo, em particular o de aceleração centrípeta.

Como elementos para alcançar esse objetivo foram feitos os seguintes processos:

- compreender a diferença entre sistema de referência inercial e não inercial;
- analisar se o artifício procedimental de obtenção de medidas da pista auxilia no processo de aprendizagem significativa e na transposição didática do conceito de aceleração centrípeta;
- aplicar os conceitos da Dinâmica para avaliar as condições necessárias para melhor rendimento em uma corrida de Kart;
- calcular a velocidade máxima em cada curva da pista de Kart;
- propor estratégia de corrida a partir de dados coletados e grandezas físicas calculadas.
- compreender o sistema de referência inercial;
- compreender a Física aplicada no contexto de corrida de automobilismo.

O horário de funcionamento é de terça a sexta, de 15h30 a 22h. A proposta é chegar com os estudantes às 14h, para fazer a medição das curvas. Posteriormente, irei detalhar todo o passo a passo da saída de campo.

#### d) Quarta Aula: aula dupla de 50 minutos

O objetivo desta quarta aula foi retomar os conceitos de aceleração centrípeta e sua equação, colocando-os em “xeque” em relação à sensação vivenciada no *kart*.

Após o retorno da saída de campo, houve uma aula na qual foram revistos os conteúdos desenvolvidos na sequência didática. Nesta etapa, ocorreu uma aula expositiva dialogada integradora final. Coube ao professor gerenciar o tempo entre a finalização dos cálculos anotados no Kartódromo e a comparação com os exercícios tradicionais apresentados no livro-texto dos estudantes.

Evidenciaram-se os novos significados acerca de aceleração centrípeta, agora acentuados pela prática, a serem empregados, a partir de então, com exatidão. Alguns estudantes ainda utilizaram termos coloquiais. Coube ao professor aproximar essa linguagem coloquial da linguagem científica, corrigindo devidamente as falas.

Vale frisar que a sensação “de escorregão” em uma curva, dentro do *kart*, dá-se devido à uma força centrípeta estudada e testada anteriormente.

e) Quinta Aula: aula dupla de 50 minutos.

A quinta aula tem como objetivo avaliar a sequência didática. Após o professor relembrar a sequência didática ministrada, foi proposto aos estudantes que, divididos em grupos menores, a avaliem, validando ou invalidando os pontos positivos e negativos, sujeitos a alterações.

## 6 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DISCUSSÕES

Para os estudantes matriculados, em 2021, no nono ano do Ensino Fundamental II, do colégio Batista de Brasília, foi entregue o questionário sem que eles sequer tivessem contato com a grandeza aceleração. Isso gerou uma desestabilização da turma como um todo, pois grande parcela dos estudantes estava acostumada a serem avaliados sempre após terem visto um determinado assunto ou tema recorrente, por vezes já trabalhado pelo professor em aulas anteriores. Como “errar” é visto como algo muito negativo, demandou bastante tempo para que, em grupos menores, eles acreditassem que aquele questionário estava sendo aplicado com o propósito de o docente realizar o levantamento dos conhecimentos prévios; que o intuito não era “acertar” ou “errar” e sim que eles escrevessem o que realmente tinham como compreensão das grandezas ali envolvidas.

Cada turma de nono ano, A e B, era composta por 31 estudantes. Eles receberam o questionário e responderam individualmente, tendo sido disponibilizado 50 minutos para execução. Alguns estudantes questionaram sobre o que responder, devido à pergunta ser direcionada ao que eles sabiam sobre velocidade, aceleração. O questionamento era feito da seguinte forma: “- Professor o senhor quer a fórmula ou o conceito?” O professor fazia as devidas intervenções, deixando claro que a resposta era o que eles sabiam, independente de ser fórmula ou conceito. Caso eles quisessem colocar ambas as respostas, também poderiam fazê-lo.

Na medida em que os estudantes entregavam o questionário ao professor, este destacou algumas respostas, relacionadas a palavras corriqueiras como rapidez, distância, tempo, mais rápido, veloz, dentre outras. Logo após, foi sugerido um momento de chuva de ideias, no qual os estudantes pudessem compartilhar suas respostas. O professor instigou os estudantes a apresentarem suas respostas oralmente, ainda sem emitir o que velocidade, aceleração e demais grandezas apresentadas no questionário significavam ou tinham como conceito. Ao passo que foram sendo partilhadas as ideias e respostas, os próprios estudantes iam apresentando outros argumentos, dando maior coesão aos conceitos de velocidade, aceleração e demais grandezas.

Foi interessante perceber que os estudantes do nono ano do ensino fundamental tiveram bastante dificuldade em separar velocidade de aceleração. Para muitos estudantes eram conceitos similares, quiçá idênticos. Alguns estudantes,

durante a exposição de suas ideias, aumentavam o tom de voz, querendo que seus argumentos prevalecessem “no grito” sobre os demais. Coube ao professor acalmar os ânimos e retomar a ordem.

Posteriormente, foi sugerido que os estudantes se dividissem em grupos menores, para ainda discutir sobre os conceitos, ocorrendo assim uma socialização mais contundente das discussões.



**Foto 1** – Nono Ano A  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 2** – Nono Ano B  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Na segunda aula, o professor entregou o segundo questionário, contendo menos questões, e indicou que a resolução se fizesse por meio de pesquisa na

internet e nos livros didáticos. Os estudantes tiveram cinquenta minutos para desenvolver essa atividade. O professor destacou que o foco eram as grandezas envolvidas que compunham as devidas equações de velocidade média, aceleração, aceleração centrípeta e velocidade máxima. Observou-se que a primeira aula foi de suma importância, pois norteou os estudantes acerca dos conceitos de velocidade e aceleração. Para alguns estudantes, essa aula foi o primeiro contato com o tema. A segunda etapa foi facilitada devido à estratégia utilizada na última aula, pois a busca das grandezas envolvidas em cada equação já estava dentro dos subsunçores adquiridos. Eles já possuíam uma ideia do que vinha a ser velocidade e aceleração, bem como as demais grandezas expostas no primeiro questionário.

A execução da resolução do questionário se deu de forma abreviada e coube ao professor extrair daqueles estudantes que entregaram precocemente o entendimento do que eles haviam escrito, arguindo-os oralmente. Percebeu-se então que ocorreu apenas uma mera cópia advinda dos meios virtuais de pesquisa sem reflexão acerca do proposto: entendimento das grandezas que aparecem em um movimento circular.

Ao término dos 50 minutos propostos para a atividade, o professor iniciou uma nova discussão com base no que pesquisado na internet. Solicitou que alguns estudantes apresentassem os erros cometidos ao responder o primeiro questionário e fizessem uma ponte com o que foi aprendido ao responder o segundo questionário.

Percebeu-se que os estudantes prontamente apresentaram os erros cometidos e reorganizaram seus pensamentos, distinguindo principalmente velocidade de aceleração, erro comum nas duas turmas de nono ano.

Observou-se também uma grande dificuldade por parte dos estudantes em responder a última questão do segundo questionário, que versa sobre como calcular a velocidade máxima em que um *kart* pode fazer uma curva sem derrapar. Coube ao professor incentivar a pesquisa de artigos e orientar a busca sobre o conceito de força de atrito.

No terceiro momento, o professor iniciou a aula retomando as discussões ocorridas nas duas primeiras aulas, com enfoque na atividade de casa passada no último encontro. O professor questionou os estudantes sobre o que foi visto nas videoaulas e se havia surgido alguma dúvida.

Um dos estudantes questionou sobre a decomposição do vetor normal que ele viu no vídeo posterior à aula indicada e coube ao professor uma pequena explanação

sobre como proceder a decomposição vetorial nos eixos cartesianos X e Y. Para isso, reproduziu o trecho do vídeo em sala, pausando-o e explicando passo a passo como obter as forças ali analisadas.

Na sequência, o professor explicou sobre velocidade, iniciando pelos conceitos básicos de cinemática. Pediu que os estudantes tomassem nota e ditou os conceitos de ponto material, corpo extenso, trajetória, posição, referencial, repouso, movimento, deslocamento, caminho percorrido e velocidade escalar média.

Dando alguns passos em sala de aula, explicou a diferença entre caminho percorrido e deslocamento. A estratégia foi caminhar cinco passos de sua mesa em direção à porta, contando em voz alta a cada passo: um metro, dois metros, três metros, quatro metros, cinco metros. Parou e perguntou aos estudantes: “qual foi meu caminho percorrido?” Resposta em coro: “cinco metros!”. Em seguida, questionou: “e o meu deslocamento?” Novamente, a resposta em coro: “cinco metros!” Retomou a posição inicial, caminhou os cinco passos em direção à porta e retornou três passos. Questionou novamente: “qual foi meu caminho percorrido?” Resposta: “oito metros!” “E o meu deslocamento?” Respostas: “oito, três, dois”. Novamente o professor, sem dar nenhuma afirmativa, retoma a posição inicial, anda cinco passos em direção à porta e cinco passos em direção à mesa. E questiona: “qual foi meu caminho percorrido?” Resposta: “dez metros”. “E o deslocamento?:” “Zero”. “Ahmm”. Mais uma vez o professor retoma a posição inicial, caminha cinco passos em direção à porta e seis passos em direção à mesa. E questiona: “qual foi meu caminho percorrido?” Resposta em coro: “onze metros”. “E o deslocamento?” Resposta em coro: “menos um!”

Com essa simples demonstração, ele consegue diferenciar bem a soma de todos os segmentos de uma dada trajetória - caminho percorrido - do segmento de reta que une a posição inicial à posição final - deslocamento.

Apresentou a equação de velocidade escalar média e comentou, de forma sucinta, sobre manter essa velocidade constante, caracterizando o movimento retilíneo uniforme, que será estudado posteriormente, de forma mais detalhada, com sua função específica e seus gráficos.

Após falar sobre a relação entre distância percorrida em um determinado intervalo de tempo, o professor retomou a última fala a respeito da velocidade ser constante. Questionou os estudantes como isso poderia acontecer e como isso

poderia mudar. Alguns estudantes emitiram suas opiniões já trazendo para o presente momento o conceito de aceleração.

O professor escreveu a equação de aceleração média no quadro e reforçou a questão da variação da velocidade em um determinado intervalo de tempo. Retomou algumas falas dos estudantes sobre não pode haver aceleração para manter a velocidade constante. Demonstrou que isso se dá devido à subtração entre velocidade final e inicial resultar em zero - se  $\Delta V = V - V_0$ , caso a velocidade seja constante, não teremos variação da velocidade, logo não há aceleração. O professor questionou os estudantes: "Para que isso ocorra o intervalo de tempo é pequeno ou grande?" Surgiram várias respostas, mas a grande maioria respondeu "pequeno". O professor exemplificou com alguns fatos do cotidiano: escada rolante, roda-gigante, avião, trem, paraquedas, hélice de ventilador, CD, entre outros. Finalizou com o seguinte exemplo: "E se pensarmos em um automóvel no trânsito convencional ou uma bicicleta a caminho da escola, o que vocês acham? Por fim, o professor comentou, de forma ampla, a ação da aceleração sobre esses exemplos.

Iniciou uma explanação sobre aceleração centrípeta, foco da aula em questão. Com um barbante, um pedaço de cano e a borracha de um dos estudantes, foram trabalhado os conceitos de força centrípeta, velocidade tangencial, aceleração centrípeta. O professor amarrou a borracha na extremidade do barbante, passou a outra extremidade dentro do cano de pvc e a segurou. Começou a girar demonstrando que um corpo de massa qualquer, efetuando um movimento circular, está sujeito a uma resultante centrípeta. Em seguida, o professor escreveu, no quadro, a equação:  $F_c = m \cdot a_c$ . Em seguida, rodou novamente a borracha e questionou as grandezas envolvidas. Como os estudantes haviam respondido o questionário anteriormente, a resposta dada foi quase uníssona: velocidade tangencial e raio. O experimento apenas demonstrou qualitativamente a equação da força centrípeta, uma vez que os estudantes já se tinham apropriado da equação no seguinte formato:  $F_c = m \cdot \frac{V^2}{R}$ . O professor retomou o experimento, fazendo-o girar mais rápido e mais devagar, bem como variou o raio. Como tudo foi demonstrativo, ficou como atividade de casa a reprodução do experimento e aferição do que ocorrido com a força centrípeta com essas variações.

### *Saída à Campo: Experimentando à Física - Carrera Kart*

A saída de campo envolveu uma organização prévia do professor em apresentar a ideia à equipe diretiva do Colégio Batista de Brasília, situado no SGAS 905, conjunto D, avenida W5, Asa Sul, na figura da diretora e do coordenador do ensino médio. Após o endosso para aplicação do produto educacional, foram articuladas as informações aos pais e responsáveis.

Coube ao professor a demanda de pesquisa, preço, horário, quantidade de pessoas e equipamentos de segurança. Para isso, entrou em contato telefônico e por *e-mail* para organização de todo o processo.

No final de 2018, foi feita uma visita ao kartódromo Carrera Kart, para uma primeira sondada, objetivando a aplicação do produto. Somente em 2021 foi viabilizada a saída de campo para o Carrera Kart, situado no Parque da Cidade, estacionamento 11, SRPS - Asa Sul, Brasília - DF, 70610-300, Brasil. O professor esboçou o projeto e se colocou à disposição para demais informações sobre a estratégia metodológica pretendida.

No dia 14 de agosto de 2021, novamente foi feito um contato com a equipe de gerentes, para acertos finais de valores e agendamento de data.



**Foto 3 – Banner Carrera Kart**  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Em parceria com o coordenador de área e atual coordenador pedagógico do ensino médio, elaborou-se um comunicado aos pais e responsáveis - vide anexo 1.



No dia 17 de setembro de 2021, foram feitas imagens da pista do kartódromo utilizando-se um drone.<sup>6</sup>



**Foto 4 – Drone MAVIC 2**  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

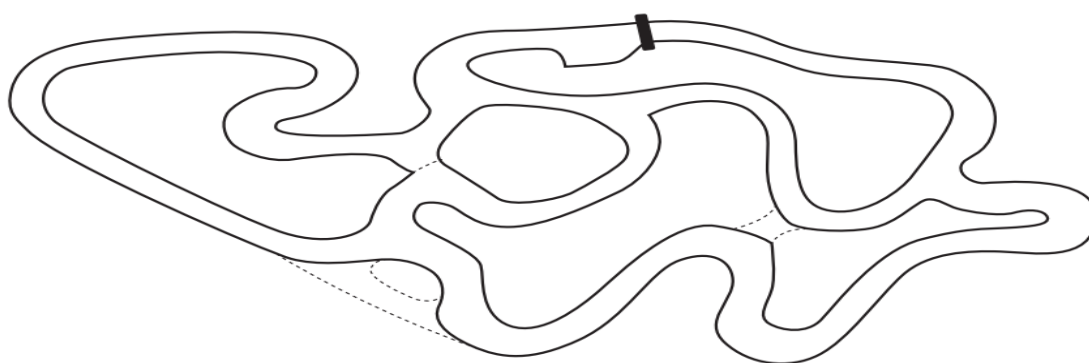
A partir das imagens obtidas pelo drone, o professor recorreu a uma *designer* gráfica para converter as imagens em curvas, sendo este o resultado obtido:



**Figura 19 – Kartódromo Carrera**  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

---

<sup>6</sup> As imagens foram feitas por um policial civil que atua em operação de drones, com habilitação em RPAs (*Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronaves Remotamente Pilotadas), utilizando o Drone MAVIC 2.



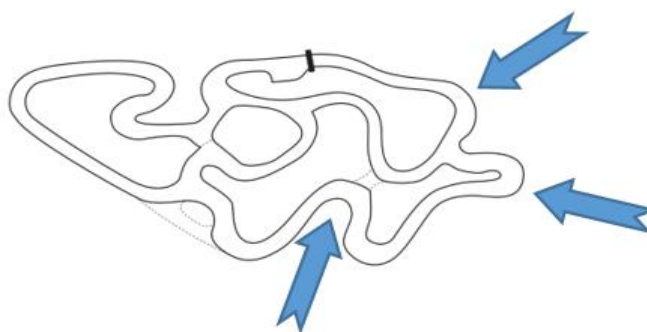
**Figura 20** – *Layout da pista*  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

No dia 21 de setembro de 2021, o *layout* acima exposto foi enviado ao coordenador do ensino médio para reprodução de cópias a serem entregues aos estudantes. Neste mesmo dia, no turno vespertino, ocorreu a primeira saída, que contou com um grupo de 29 estudantes dos nonos anos A e B.

Vale ressaltar que as aulas anteriores embasaram toda a articulação da saída, seguindo os pressupostos da TAS para as subsunções, bem como as orientações feitas com antecedência, ainda em sala de aula.

Coube ao professor, em sala de aula, reforçar a estratégia metodológica da saída de campo. Por meio das imagens feitas pelo drone, foi possível expor aos estudantes como deveriam proceder na obtenção de tempo e quais curvas seriam analisadas para obtenção da aceleração centrípeta. O professor reforçou a necessidade de levarem caneta, lápis e celular (cronômetro). Optou por entregar o *layout* da pista apenas no local, para evitar que algum estudante o esquecesse.

O professor solicitou que os estudantes chegassem às 14h30 para medição da pista. Foram elencadas as três curvas em destaque na figura abaixo para obtenção da aceleração centrípeta.



**Figura 21** – *Curvas em destaque*  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

De posse de um rolo de barbante e trena, o professor auxiliou os estudantes a obter, de forma aproximada, a distância entre dois pontos dentro de cada uma das curvas escolhida. Um dos estudantes esticava o barbante colocando-o bem no centro da pista fazendo todo o contorno da trajetória por onde o *kart* “supostamente” iria passar, enquanto o professor segurava a outra extremidade e orientava para que ficasse o mais próximo do centro da pista. Ao término, foram feitas as marcações no barbante e uma dupla de estudantes media o comprimento do barbante esticado com a trena. Após terem sido feitas todas as três curvas, revezando os “ajudantes”, os valores obtidos foram repassados para todos os demais estudantes. Esses valores foram anotados no *layout* da pista.

Uma situação que só foi percebida pelo professor na execução da primeira bateria e que gerou certo desconforto é que o Carrera Kart tem toda uma documentação própria para menores de 18 anos, onde o pai ou responsável deve assinar um termo de responsabilidade e emitir a cópia do documento de identidade ou CNH do maior responsável. Desse modo, o professor pediu que cada estudante que não havia entregue a documentação entrasse em contato com o responsável e solicitasse o envio de uma foto do documento - estratégia resolvida em concordância com a gerente administrativa, que nos amparou diante da situação, em conjunto com o auxiliar disciplinar. O professor preencheu novamente todos os documentos próprios do Carrera Kart e anexou as autorizações geradas na escola.

Na sala de *briefing*, 15 minutos antes da largada, foram repassadas as bandeiras e seus significados, bem como as penalidades, ao passo que um instrutor entrega a balaclava, o capacete, um par de luvas e o número correspondente ao seu *kart* para cada piloto. Os pilotos, já em seus devidos *karts*, fazem uma tomada de tempo para o posicionamento no *grid* de largada.



**Foto 5** – Sala de *briefing*  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 6** – Preparação para tomada de tempo.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 7** – Grid de largada.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Os *karts* são todos semelhantes. Possuem um chassi moro, com motor honda de 6,5 HP, movido a gasolina e podem atingir 65km/h. Agora é a vez de cada piloto procurar o traçado ideal, de forma consistente, buscando pilotar o *kart* no limite, em cada parte da curva: entrada, meio e saída.

Depois de se manter no traçado ideal de uma curva, sua maior prioridade é aperfeiçoar sua saída, ou seja, a fase de aceleração.

Dada a largada, os participantes têm 15 minutos para aplicar todos os conceitos outrora estudados em uma corrida. É muita emoção e diversão. Enquanto isso, do lado de fora, os demais estudantes munidos de cronometro e do *layout* da pista estão incumbidos de registrar 10 marcações de tempo em cada curva delimitada.



**Foto 8** – Anotações.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 9** – Registro de tempo em cada curva demarcada.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Ao término da corrida, o professor questionou alguns estudantes, ainda muito eufóricos, se foram válidas as experiências de aprender em ambientes não convencionais e se a Física os auxiliou em sua colocação no pódio. Os registros foram feitos por meio de filmagens.

Cabe ressaltar o amparo do Colégio Batista de Brasília, que solicitou uma equipe de filmagem, bem como a presença dos auxiliares disciplinares, que conduziram os estudantes no retorno à instituição.



**Foto 10** – Retorno à Instituição.  
Fonte: arquivo pessoal (2021)

Na aula seguinte à saída de campo, o professor solicitou que os estudantes concluíssem os cálculos, orientando-os a fazerem uma média da medida do tempo obtido e que obtivessem a velocidade do *kart* em cada curva. Solicitou que, após a obtenção da velocidade, eles aplicassem a equação da aceleração centrípeta.

O professor reforçou que o raio aferido foi obtido a partir de uma aproximação feita pelos estudantes, que consideraram cada curva como um arco de um círculo perfeito. Comentou também a questão de uma curva ser mais fechada do que a outra e questionou se a “sensação” - sentida ao pilotar o *kart* durante a execução da curva - estava de acordo com o valor obtido na equação. Por fim, destacou que a força resultante é a força centrípeta.

Como nem todos os estudantes participaram da metodologia proposta, foi difícil executar uma avaliação diagnóstica em termos quantitativos. Porém, qualitativamente, observou-se um grande entusiasmo e vínculo dos estudantes que participaram das estratégias propostas, em detrimento dos estudantes que não foram, fato este bastante significativo no comprometimento em executar as demandas do pós saída de campo.

### *Características do Ensino Médio do Colégio Batista de Brasília*

Os estudantes do ano se inserem no ensino médio do Colégio Batista de Brasília em uma faixa etária que corresponde ao final da transição entre infância e adolescência, marcada por intensas mudanças decorrentes de transformações biológicas, psicológicas, sociais e emocionais. Recebem uma formação que contribua para que eles sejam jovens críticos e autônomos, entendendo a crítica como a compreensão informada dos fenômenos naturais e culturais e a autonomia como a capacidade de tomar decisões fundamentadas e responsáveis. Vivenciarão experiências e processos intencionais que lhes garantam as aprendizagens necessárias para promover situações nas quais o respeito à pessoa humana e aos seus direitos sejam permanentes. A instituição quer assegurar aos estudantes uma formação que, em sintonia com seus percursos e histórias, faculte-lhes definir seus projetos de vida, tanto no que diz respeito ao estudo e ao trabalho quanto no que concerne às escolhas de estilos de vida saudáveis, sustentáveis e éticos.

A rotina, os objetivos, a metodologia e o material didático da Instituição Colégio Batista de Brasília estão descritos no anexo 2.

## 6.1 Aplicação da sequência didática no ensino médio

O ensino médio do Colégio Batista de Brasília, em 2021, possuía duas turmas de primeira série, duas turmas de segunda série e uma turma de terceira série, sendo o 1º A composto por 33 estudantes, o 1º B por 32 estudantes, o 2º A por 26 estudantes, o 2º B por 27 estudantes e o 3º A por 44 estudantes.

Para os demais estudantes do ensino médio, estudantes da 1ª, 2ª e 3ª série, a estratégia se deu de forma bastante similar, porém os estudantes com suas respostas prontas tiveram um menor envolvimento, abreviando o tempo de resposta ao questionário, induzindo o professor, a prosseguir com o debate e execução da aula.



**Foto 11** – Aplicação do primeiro questionário.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Outro fato percebido foi de que, após receberem o segundo questionário, a pesquisa nos meios não agregou muito aos estudantes, pois grande parte dos conceitos já estavam alicerçados. A sensação tida pelo professor foi de execução “pró forma” do segundo questionário, porém o momento de debate foi extremamente valioso.

Após uma avaliação mais minuciosa, o professor percebeu que houve sim crescimento, ganho conceitual, entre o primeiro e o segundo questionário, visto que alguns estudantes, mesmos em séries mais avançadas, ainda não haviam assimilado os conceitos de cinemática apresentados nas questões.

Talvez o comparativo que o professor teve, em aderir à proposta com maior entusiasmo, entre os estudantes do nono ano e os estudantes do ensino médio, tenha causado estranheza. Percebeu o crescimento intelectual apenas posteriormente, ao



analisar os questionários respondidos. Alguns estudantes escreviam no primeiro questionário: “Não sei!” ou conceitos superficiais; já, no segundo, transcorrida a pesquisa, as respostas tinham maior coesão e deram base para a discussão. O debate realmente foi o ponto ápice da aprendizagem significativa.



**Foto 12** – Aplicação do primeiro questionário.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)





**Fotos 13 e 14** – Aplicação do segundo questionário.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

A atividade em questão foi desenvolvida após o retorno dos estudantes às aulas presenciais, desse modo o ensino ainda se dava de forma híbrida, porém o questionário contemplou os estudantes que acompanhavam de forma remota e síncrona.



**Foto 15** – Ensino híbrido, remoto e presencial.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Um fato que pode ilustrar o quanto pode ser motivante atividades em ambiente não convencional consistiu no retorno de três estudantes (uma aluna do 9º Ano, um

estudante da 1ª Série e um estudante da 2ª Série) ao ensino presencial, após terem participado da saída de campo. Além disso, outros dois participaram da saída de campo, mas se mantiveram no ensino *on-line*.

Relato que a saída de campo contemplou estudantes que apresentavam laudos comportamentais, como um estudante da segunda série que apresenta diagnóstico de autismo. Após participar da corrida, pilotando o *kart*, ele relatou que foi um dos melhores momentos vivenciados naquele ano. Ele acabou participando da entrevista feita pelo professor e deu uma explicação bastante rebuscada do que vivenciou.

Na saída de campo, planejava-se acoplar o celular ao *kart* e obter sua aceleração, principalmente nas curvas, por meio do aplicativo *phyphox*, que usa o acelerômetro do celular. Esse planejamento foi abandonado devido ao risco de danos aos celulares nos momentos de colisões.

Em lugar dessa atividade no kartódromo, uma outra foi desenvolvida com os estudantes da primeira e da terceira série em sala de aula.

Em sala, a atividade se desenrolou de forma bastante interessante. O professor solicitou que os estudantes girassem seu celular em um movimento circular e, depois, obtivessem a aceleração do celular, usando os modos numérico e gráfico que o aplicativo fornecia. Posteriormente, a aceleração da gravidade foi obtida em um movimento de queda livre. Os resultados obtidos estavam dentro da ordem de grandeza do valor esperado para Brasília.





Fotos 16 e 17 – Testando o aplicativo phyphox nos celulares.  
 Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Após testarem, obtiveram alguns resultados. As imagens abaixo indicam os resultados alcançados. Elas serviram de ponto de partida para a discussão sobre o funcionamento do aplicativo.

Ao abrir o aplicativo *Phyphox*, este contém uma descrição muito intuitiva, que se limita a fazer os cálculos com e sem a aceleração da gravidade. Assim diz ele: Aceleração (sem g): Obtenha valores do acelerômetro linear, que dá a aceleração atual sem contar a aceleração devido à gravidade. Diferente do “acelerômetro (com g)”, este sensor retorna 0 quando o aparelho está em repouso.

Giro circular sem gravidade:

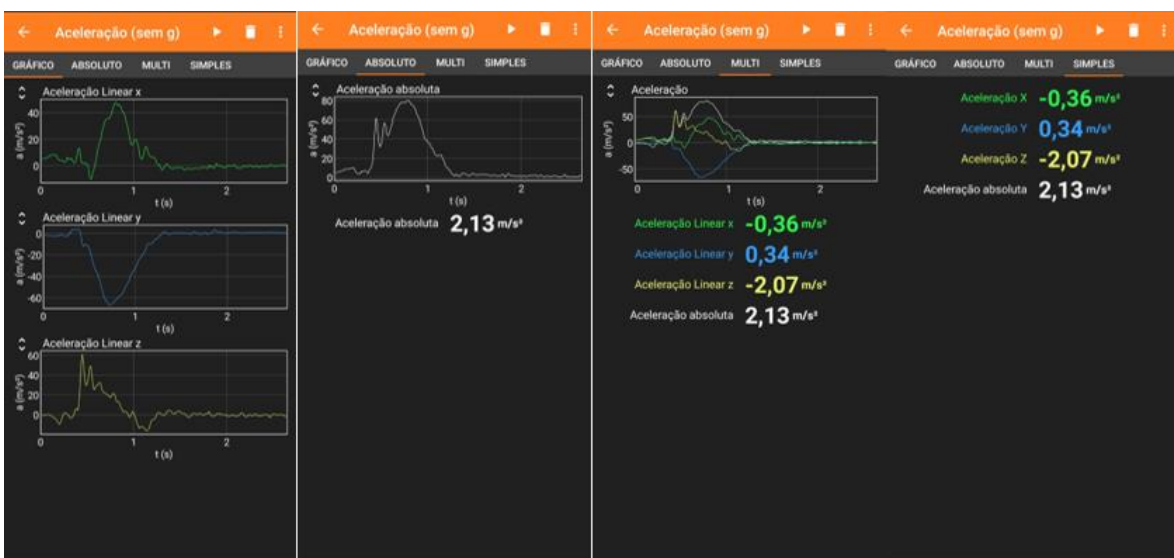
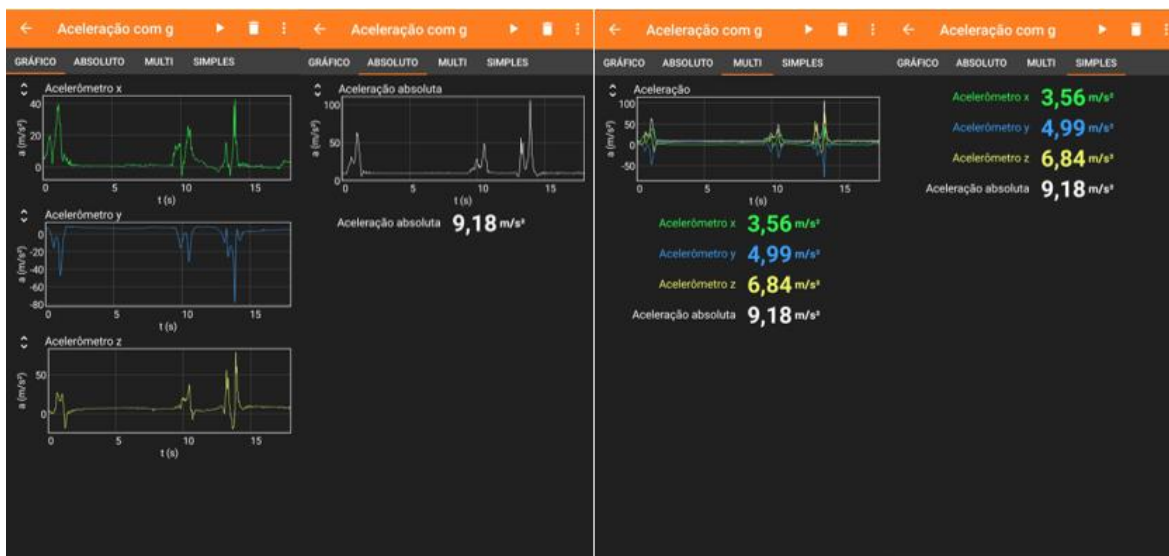


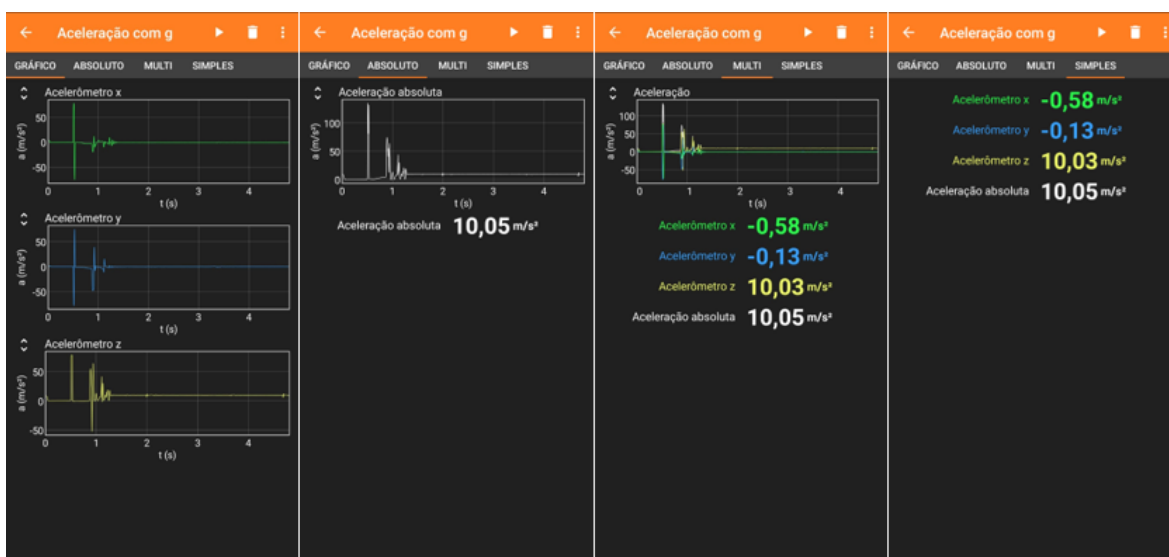
Figura 22 – Gráficos do aplicativo – Giro circular sem gravidade.  
 Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Giro circular com gravidade:



**Figura 23** – Gráficos do aplicativo – Giro circular com gravidade.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Queda livre:



**Figura 24** – Gráficos do aplicativo – Queda livre.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

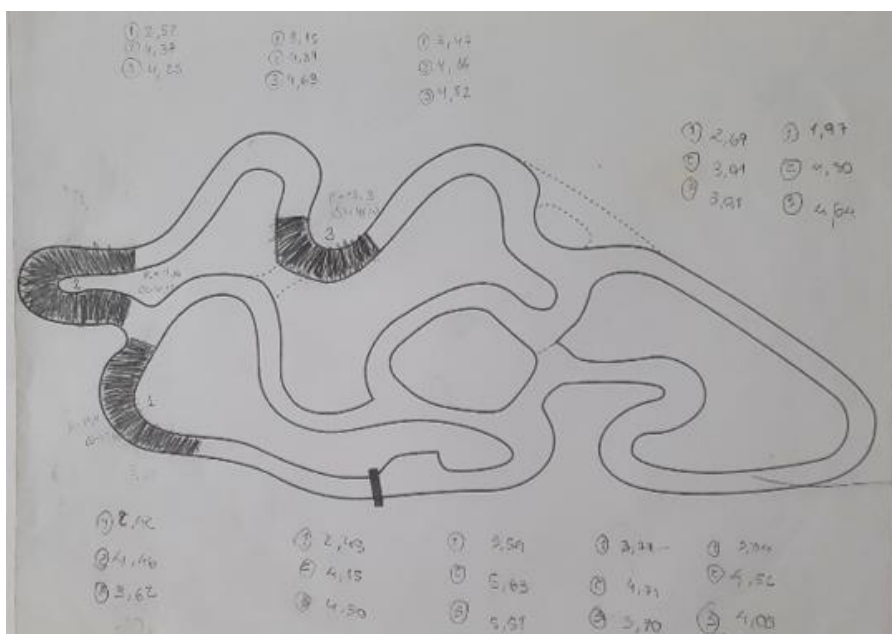
Na aula posterior à saída de campo, o professor pediu que os estudantes participantes da saída relatassem o que havia ocorrido na atividade, uma vez que o número de participantes foi bem menor que o do Ensino Fundamental II – as turmas de nono ano. Depois de um rico depoimento, o professor procurou sistematizar o que havia sido mencionado. Essa estratégia aproximou os estudantes que não participaram efetivamente da saída de campo do que foi vivenciado no kartódromo.

Para garantir a aprendizagem dos estudantes que não participaram da saída de campo, o professor apresentou algumas fotos e projetou o *layout* do circuito no quadro, destacando as curvas escolhidas para a realização das medidas do comprimento da curva, do tempo para percorrê-la e do raio dessa curva.

Em seguida, entregou uma cópia do *layout* para cada estudante presente em sala. Depois, utilizando os dados coletados pelos estudantes, após fazer a média do tempo, obteve-se o módulo de velocidade tangencial e, posteriormente, o da aceleração centrípeta sofrida pelo *kart* na curva escolhida.

Mesmo com a tentativa de reproduzir o que havia ocorrido, ficou claro que o envolvimento e a compreensão do assunto foi muito maior dos que haviam participado da saída de campo do que dos que não puderam participar.

Novamente, observa-se que o envolvimento dos participantes é superior ao dos estudantes que apenas desenvolvem os cálculos em sala. Na terceira série, três alunas que possuem muita desenvoltura fizeram uma aula expositiva sobre a experiência vivenciada no kartódromo e sobre o passo a passo do cálculo de aceleração. Retomaram falas do professor e transmitiram com uma linguagem mais próxima a dos demais estudantes, enfatizando o quão valiosa foi a saída de campo. Logo depois, sequenciaram a aula com o conteúdo que estava sendo estudado: energia.



**Foto 18** – Registro dos tempos nas curvas selecionadas.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

1.  $D = 44,15 \text{ m}$     $\omega = \frac{44,15}{3} = 14,7 \text{ m/s}$     $a = \frac{V^2}{R}$     $a = \frac{14,7^2}{14,5} = 14,9 \text{ m/s}^2$   
 $R = 14,5 \text{ m}$   
 $f = 3 \text{ s}$

2.  $D = 41,1 \text{ m}$     $\omega = \frac{41,1}{4,55} = 9,03 \text{ m/s}$     $a = \frac{9,03^2}{11,2} = 7,2 \text{ m/s}^2$   
 $R = 11,2 \text{ m}$   
 $f = 4,55 \text{ s}$

3.  $D = 45,10 \text{ m}$     $\omega = \frac{45,10}{4,3} = 10,4 \text{ m/s}$     $a = \frac{10,4^2}{13,3} = 8,13 \text{ m/s}^2$   
 $R = 13,3 \text{ m}$   
 $f = 4,3 \text{ s}$

**Foto 19** – Cálculo da aceleração centrípeta.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 20** – Aula ministrada pelas estudantes da terceira série.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

A saída de campo repercutiu nas mídias sociais da escola tendo um alcance social significativo, pois a interação e a socialização foram compreendidas como contribuições responsáveis para o desenvolvimento de múltiplas linguagens. A socialização da ação resulta em um estreitamento entre as famílias e a escola e evidencia a organização do trabalho pedagógico - imagens e contrato no anexo 3.

## **6.2 Aplicação da sequência didática em outra instituição de ensino**

Alicerçado pela experiência da aplicação do produto educacional no Colégio Batista de Brasília, o professor autor desta dissertação ampliou a aplicação desse mesmo produto em outra instituição de ensino em que trabalha.

Em conversa com a equipe diretiva do Colégio Passionista Mãe da Santa Esperança, situado no Riacho Fundo, QN 5, Área Especial 2, Riacho Fundo I, Brasília - DF, 71805-432, na figura da coordenadora do ensino médio. O professor expôs o produto educacional e as devidas demandas a serem executadas.

Havia a pretensão de levar 40 estudantes, porém, no dia 13 de setembro de 2021, retomei o contato com a equipe do Carrera Kart, informando que somente 10 estudantes tinham aderido à proposta, devido à questão financeira. Porém, mantive o agendamento e optei por desenvolver a atividade com os dez estudantes.

Na semana do dia 18 de outubro, ocorreu a aplicação do questionário 1 e 2. Essa ação se deu de forma bem mais abreviada, pois no Ensino Fundamental II – Nono Ano, com 32 estudantes, o professor só disponibiliza de uma aula de 50 minutos por semana. Desse modo, teve que solicitar à coordenação pedagógica um remanejamento na grade horária, no dia 18, para execução do levantamento prévio, utilizando a aula de outro professor, cedida para o preenchimento do questionário, ficando a cargo do professor da disciplina a aplicação do segundo questionário e o debate acerca das grandezas envolvidas.

### *Características do Ensino Médio do Colégio Passionista Mãe da Santa Esperança*

O Colégio Passionista Mãe da Santa Esperança é uma escola confessional católica, filantrópica, mantida pela Congregação das Irmãs Passionistas de São Paulo da Cruz, Província Maria Rainha da Paz. Educar é reconduzir ao coração. A educação



Passionista incentiva e promove a educação integral nos diversos níveis, com o objetivo de tornar as crianças protagonistas ativas e conscientes do próprio processo de desenvolvimento.

A rotina, os objetivos da educação, do ensino e das aprendizagens, bem como as metodologias de ensino adotadas, encontram-se descritas no anexo 5.

### *Aplicação da Sequência Didática*

O Ensino Médio do Colégio Passionista Mãe da Santa Esperança é composto por uma turma de cada série. A primeira série possui 25 estudantes, a segunda série, 19 estudantes, e a terceira série, 21 estudantes.

Nessas turmas, a aplicação do questionário ocorreu no horário da própria disciplina de Física, contemplada com quatro horas semanais.

Em virtude do tempo que antecedia à saída de campo, o professor optou por trabalhar os questionários em dois horários de 50 minutos. No primeiro, ocorreu a aplicação do primeiro questionário, seguido da “chuva” de ideias e anotações no quadro. No segundo horário, foi realizada a pesquisa e a segunda aplicação do questionário, discussão em grupos de três estudantes e o debate final.

Após as considerações dos estudantes, o professor munido de um pedaço de cano pvc, barbante e borracha de um dos estudantes da sala, fez um experimento que permite demonstrar a ação da força centrípeta. Posteriormente à demonstração e às indagações acerca da equação de força centrípeta, o professor solicitou, como atividade de casa, a reprodução do experimento, solicitando que os estudantes variassem o comprimento do barbante, aumentassem e diminuíssem o raio e girassem de forma mais rápida ou mais lenta aumentando ou diminuindo a velocidade tangencial.

### *Saída à Campo: Experimentando à Física - Carrera Kart*

No dia 18 de outubro de 2021, o professor, auxiliado pela coordenadora do ensino médio, recolheu a documentação dos estudantes que fizeram o acerto financeiro, a saber, dois estudantes do 9º Ano, cinco estudantes da 1ª Série, dois estudantes da 2ª Série e um estudante da 3ª Série.

No dia 20 de outubro de 2021, às 14h30, ocorreu a saída de campo. A atividade teve um número maior de participantes que foram até ao Kartódromo para realização dos cálculos envolvidos. Esses estudantes queriam participar, mas não podiam pagar o valor da corrida de *kart*.

Para melhorar a estratégia de medida da pista do kartódromo, o professor fez a aquisição de uma trena com rodas.



**Foto 21** – Trena com rodas.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

A trena permitiu medir com maior acuidade a grandeza deslocamento do *kart* nas curvas escolhidas e, conseqüentemente, um cálculo mais acurado da aceleração centrípeta.

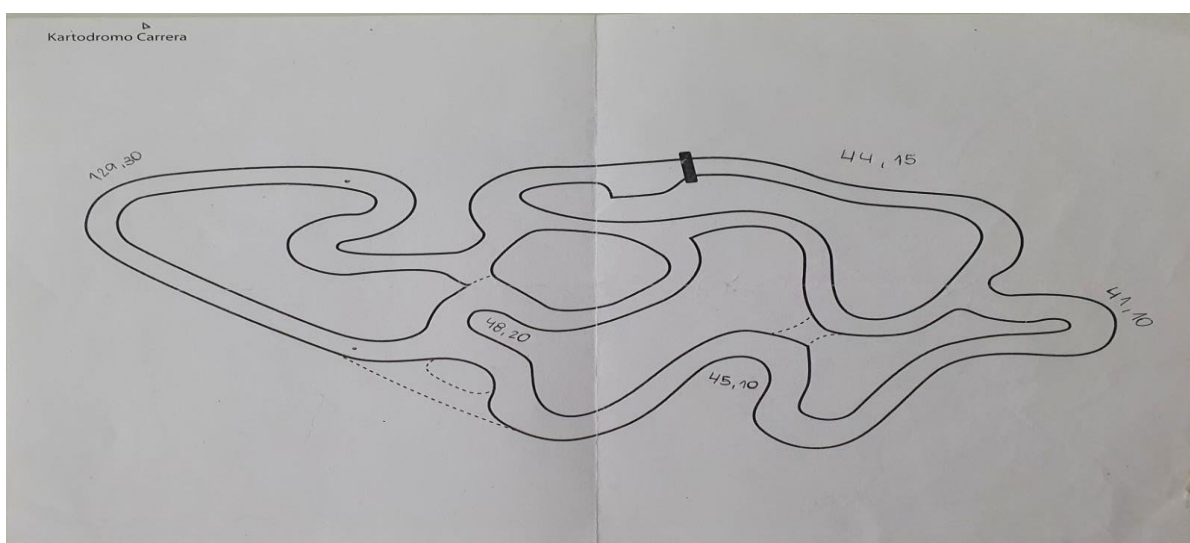


**Foto 22** – Aferindo a medida da curva utilizando a trena com rodas.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Fotos 23 e 24** – Estudantes realizando os registros acerca das medidas da pista do kartódromo.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

A imagem anterior contempla três estudantes do terceiro ano fazendo as medições de distância e tempo. Obteve-se o seguinte resultado:



**Foto 25** – Valores obtidos utilizando a trena com rodas.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Quinze minutos antes da corrida, na sala de *briefing*, o instrutor repassa as orientações acerca das bandeiras e das penalidades. Em seguida, os estudantes buscaram aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula em suas estratégias de corrida.



**Foto 26** – Explicação das bandeiras.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 27** – Estudantes atentos aos detalhes repassados pelo instrutor.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)



**Foto 28** – Comemoração após a corrida.  
Fonte: Arquivo pessoal (2021)

Ainda bastante eufóricos, relataram quão interessante foi a saída de campo e aplicar os conceitos da Física aprendidos em sala em um ambiente não convencional.

Vários estudantes, de ambos os colégios, relataram que aprender a Física em um ambiente não convencional foi muito legal. Destaco o relato de uma aluna: “Vir no kartódromo para aprender Física é muito legal. Está sendo muito legal, pra ver o conceito de aceleração centrípeta, o raio, a curva, a velocidade, enfim está muito divertido!” A estudante do 1º Ano A disse: “A experiência de correr no *kart* foi muito legal. A gente foi aplicando o que aprendemos na aula de Física, para frear na curva, pra não perder a aderência e não ultrapassar a velocidade, e pra continuar sem derrapar. Foi uma experiência muito legal! Eu corri com outras pessoas, para ultrapassar e também frear e desenvolver sem se chocar com alguém”. Outro estudante disse: “Realmente foi algo bem emocionante. A Física por trás disso parece bem intensa. Todas as acelerações, especialmente as laterais, nas curvas, particularmente foram bem difíceis, especialmente as mais fechadas com essa daqui do começo. Tinha uma outra lá perto do final, mas essa daqui foi mais difícil, os controles eu achei bons, mas, ‘mano’ você viu meu carro, ele derrapou e ficou dando pirueta. Agora, eu entendo esses corredores profissionais de Fórmula 1, *rally* e competições lá e tudo mais, quando eles enfrentam essas curvas em que a aceleração é extrema. Imagina só, eles chegando a velocidades extremas também!”. Por fim, encerro com este último depoimento: “A sensação que tive é que o *kart* é colado no chão, então tive coragem de ir no limite mesmo, quase raspando os pneus. Analisei

que, aproveitando essa vantagem, eu conseguia tangenciar muito bem essas curvas, então já saía de uma entrando na outra! – Então você fez uma estratégia baseada na Física para ganhar a corrida? - É, eu tentei reduzir a distância de eu andar, já que todos os *karts* são tecnicamente iguais, né!? Eu me aproveitei da vantagem, de poder fazer um trajeto menor, já que analisei os meus oponentes. A maioria dos que eu vi não estava fazendo isso, então eu me aproveitei dessas entradas fortes nas curvas. Consegui dar boas voltas, mas a parte mais legal é a “retona” quando eu ouvi o motor gritando”.

Na aula subsequente à saída de campo, o professor solicitou que os estudantes participantes relatassem suas experiências. Observou-se que os demais estudantes desejavam participar e questionaram se no próximo ano iria ter novamente. O professor afirmou que sim, porém endossou que necessitaria de uma liberação por parte da equipe diretiva da escola. Retomando a aula, o professor se valeu da experiência vivenciada e compartilhada e demonstrou, com valores de tempos fictícios, pois ainda não havia recebido as anotações dos estudantes, como obter a aceleração nas curvas. Vale ressaltar que a aula, mesmo sendo de demonstração matemática, teve outra conotação após o relato de como foi obtida a distância da curva, de como foi feito o levantamento do raio, a marcação da tomada de tempo referente a cada curva, a obtenção do tempo médio. O envolvimento com os cálculos foi outro. A turma toda ficou muito mais atenta e imbuída do desejo de concluir a operação, para obter um valor referente à aceleração centrípeta de cada curva.

A aula contribuiu para a socialização do aprendizado obtido pelos participantes da saída de campo. A aprendizagem se deu de forma significativa e sua construção, que se iniciou fora da sala de aula, a partir da vivência dos estudantes no kartódromo, retomou o convencional, porém com uma abordagem mais atraente e compreensível.

A socialização de vídeos da saída de campo entre os estudantes e nas mídias sociais teve um grande alcance dentro da comunidade em que a instituição está inserida.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação foi explorado um método não convencional de ensino de Física, utilizando uma pista de *kart*. O objetivo era criar uma abordagem que tornasse o conteúdo de movimento circular mais envolvente e compreensível. Nela, foi descrito o fundamento, o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo por referência aportes da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). O experimento teve como objetivo incorporar aplicações práticas de conceitos da Física por meio de uma pista de *kart*. A estratégia envolveu estimular os estudantes a conectar conceitos teóricos com experiências cotidianas, utilizando o ato de dirigir um *kart* como meio de investigação.

Os estudantes reagiram positivamente às atividades investigativas, independentemente do formato, questionário ou grupo. Demonstraram bastante interesse em desenvolver as atividades propostas, inclusive para temas de Física clássica que costumam ser apresentados durante a primeira série do ensino médio. Essa constatação reforça o quanto é fundamental que nós, professores, adotemos uma atitude proativa ao ensinar Física por investigação. Literalmente, é um facilitador que orienta o aprendizado do estudante e o faz compreender que ele é o principal responsável pela obtenção do conhecimento científico. Ao mesmo tempo, aprende-se a trabalhar em equipe, método utilizado tanto por cientistas quanto por vários outros segmentos profissionais.

Igualmente enfatizada é a necessidade de interações professor-estudante por meio do diálogo, criando momentos de discussão – uma qualidade definidora de um método eficaz de ensino. Essa interação, contudo, exige cautela e planejamento adequado, principalmente em disciplinas de ensino médio.

A Saída de Campo se destaca como forma de ensino capaz de imprimir, de forma descontraída, nos estudantes uma atitude de aprendizado, com forte engajamento em todas as atividades planejadas.

A aula expositiva dialogada integradora serve para refinar o raciocínio científico. Constata-se que esses esforços devem ir além de simplesmente apresentar ideias sem qualquer profundidade de interesse ou significado para os estudantes. A sistematização e o aprofundamento acerca dos conceitos estudados são vitais para os estudantes terem uma aprendizagem significativa, tendo como objetivo final aprimorar suas habilidades de raciocínio científico.

Uma sequência didática baseada em aprendizagens significativas e realizada em ambientes não convencionais, para ser bem-sucedida, envolve demandas específicas, com várias dificuldades operacionais. Contudo, o ganho no aprendizado dos estudantes é motivo suficiente para sua realização.

A aprendizagem significativa é um tema de discussão que vem sendo trabalhado há várias décadas e evoluiu, ao longo do tempo, de uma perspectiva clássica para uma perspectiva crítica. No entanto, o objetivo final da aprendizagem significativa continua a ser a criação de novos conhecimentos, baseados em interações não arbitrárias e não literais enraizadas no conhecimento prévio dos estudantes.

Recomenda-se incentivar o uso de ambientes de ensino inovadores a fim de promover uma aprendizagem significativa. Para facilitar isso, mudanças nos processos educativos devem ser implementadas. Ao promover uma atmosfera que estimula o pensamento crítico, os alunos aprenderão a aplicar o conhecimento de maneiras novas e diversas, promovendo uma experiência de aprendizagem significativa (TAS). Em conclusão, o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa nas instituições educativas deve ser uma prioridade para os professores, conduzindo a um impacto transformador nas gerações futuras.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. A.; MEDEIROS, A. S.; ARAÚJO, V. L. **Ensino de Física em Espaços Não Formais: vivências e experiências além dos muros da escola.** REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 173–188, 2020. DOI: 10.26571/reamec.v8i3.10623. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/10623>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ARONS A. Pensamento, raciocínio e compreensão em cursos introdutórios de Física. **Ensinar.** v.19, p.166. 1981.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003. Disponível em: <[https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2022.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning.** New York: Grune & Stratton, 1963. 272p.

AZZI, R. G., FERREIRA, L. C M., BASQUEIRA, A. P., GUEDES, M. do C. & GIANFALDONI, M. H. T. A. (2019). Citações de Obras de Bandura em Artigos de Periódicos de Psicologia Brasileiros: Uma Análise Preliminar. **Psicologia: Ciência e Profissão**, 2019 v. 39, e187551 1-14. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1982-3703003187551>>. Acesso em: 15 set. 2023.

BELEZA, A. **Física, Química e Matemática: entenda a ciência dos parques de diversão.** Publicado em TECH&NET. Disponível em: <<https://www.techenet.com/2021/12/entenda-ciencia-dos-parques-de-diversao/>>. Acesso em: 24 out. 2023.

BORGES, R.; SOBRINHO, M. F. Análise da atuação de um profissional da sala de atendimento multifuncional na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa. **Revista Pesquisa Qualitativa.** 2018. v.6. n.12. p. 239.

BRAATHEN, P. C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de química. **Revista Eixo**, 1(1), 63-69. <https://doi.org/10.19123/eixo.v1i1.53>. Disponível em: <<http://revistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/53>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

CARVALHO, A. M. P. de (Org). **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico.** São Paulo: Scipione, 199p. p.43-55, 1998.

CHAGAS, F. H. S. **Proposta de ensino de Física em espaço não formal: uma aula de mecânica no parque de diversões.** Parque de Diversões: Ensino de Mecânica no Parque Nicolândia. Brasília: UnB, 2018. 132p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2018. Orientação: Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

DÍAZ, F. **O processo de aprendizagem e seus transtornos**. Salvador: EDUFBA, 2011. 396p. Dissertações MNPEF, c.2022. Página inicial. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes>>. Acesso em: 10 fev. 2023.

ESCOBAR, C. Amusement park physics. **The Physics Teacher**, v. 28, n. 7, p. 446-453, 1990.

FERNANDES, E. **David Ausubel e a aprendizagem significativa**. 1º de dezembro de 2011. Disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/imprima-essapagina.shtml>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

FERREIRA, M. *et al.* Formação continuada de professores de Ciências em caráter investigativo, interdisciplinar e com mediação por tecnologias digitais: reflexões acerca do curso ciência é 10 na universidade de Brasília. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 18, n. 39, p. 1–39, 2022. DOI: 10.21713/rbpg.v18i39.1971. Disponível em: <<https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/1971>>. Acesso em: 18 dez. 2023.

FERREIRA, M. *et al.* Análise de temas, teorias e métodos em dissertações e produtos educacionais no MNPEF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210322, 2021.

FERREIRA, M., SILVA, A. L. S. DA, SILVA FILHO, O. L. DA, & PORTUGAL, K. O.. Atividade Experimental Problematizada (AEP): Asserções Praxiológicas e Pedagógicas ao Ensino Experimental das Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, 27(1), 308–322, 2022b. Disponível em: <<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p308>>. Acesso em: 18 dez. 2023.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. da. Ensino de física: fundamentos, pesquisas e novas tendências. **Plurais - Revista Multidisciplinar**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 9–19, 2021. DOI: 10.29378/plurais.2447-9373.2021.v6.n1.12199. Disponível em: <<https://www.revistas.uneb.br/index.php/plurais/article/view/12199>>. Acesso em: 15 dez. 2023.

HAMMEL, C.; SANTOS, S. A. dos; MIYAHARA, R. Y. Alunos com deficiência intelectual e aprendizagem significativa: uma sequência didática sobre o tema - coronavírus. **Revista Educação Especial**, [S. l.], v. 34, p. e1/1–17, 2021. DOI: 10.5902/1984686X61983. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/61983>>. Acesso em: 22 dez. 2023.

KHAN ACADEMY BRASIL. **Prova de cálculo da fórmula da aceleração centrípeta**. Youtube, 3 de julho de 2012. Disponível em: <<https://youtu.be/QuyFcbIBOfg>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

KULLBERG, A., RUNESSON K. U., MARTON, F. What is made possible to learn when using the variation theory of learning in teaching mathematics?. **ZDM Mathematics Education** 49, 559–569 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0858-4>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-017-0858-4#citeas>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

LAKOMY, A. M. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. 2. ed. rev. e atual. Curitiba: Ibpex, 2008. 93 p. p.61.

LIBÂNEO, J. C. O Campo Teórico-Investigativo da Pedagogia, a Pós-Graduação em Educação e a Pesquisa Pedagógica. **Revista Educativa - Revista de Educação**, Goiânia, Brasil, v. 11, n. 1, p. 109–121, 2009. DOI: 10.18224/educ.v11i1.662. Disponível em: <<https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/educativa/article/view/662>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

MACHADO, A. M.; PROENÇA, M. (Orgs.). **Psicologia escolar: em busca de novos rumos**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2004. p. 19-38.

MARANDINO, M. **Museus de ciências, coleções e educação: relações necessárias**. *Museologia e Patrimônio*, v. 2, p. 1-12, 2009. Disponível em: <<http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmus/article/view/63/68>>. Acesso em: 23 dez. 2023.

MARTON, F., BOOTH, S. (1997). **Learning and Awareness** (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203053690>. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/49617592\\_Marton\\_Ference\\_Booth\\_Shirley\\_1997\\_Learning\\_and\\_awareness\\_Marton\\_Ference\\_Booth\\_Shirley\\_1997\\_Learning\\_and\\_awareness](https://www.researchgate.net/publication/49617592_Marton_Ference_Booth_Shirley_1997_Learning_and_awareness_Marton_Ference_Booth_Shirley_1997_Learning_and_awareness)>. Acesso em: 02 nov. 2023.

MCGEHEE, J. Physics students' day at Six Flags/Magic Mountain. **Phys. Teach.** 1 January 1988; 26 (1): 12–17. <https://doi.org/10.1119/1.2342405>. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/aapt/pte/article-abstract/26/1/12/269950/Physics-students-day-at-Six-Flags-Magic-Mountain?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

MOLL, R. (2010). An amusement park physics competition. **Physics Education**. 45 (4). DOI:10.1088/0031-9120/45/4/006. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/45/4/006>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Cultural La Laguna**. Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 193–232, 2016. Disponível em: <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/634>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

MOREIRA, M. A. Monografia nº 10 da **Série Enfoques Teóricos**. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS. Originalmente divulgada, em 1980, na série “Melhoria do Ensino”, do Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino Superior (PADS)/UFRGS nº 15. Publicada, em 1985, no livro “Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos”, São Paulo, Editora Moraes, pp. 61-73. Revisada em 1995 e 2009.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006. 186p. p.13-48

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999a. 29p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999b.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983. 192p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982. 112p.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006. 112p.

MOURA, F. A. de; SILVA, R. Uma Proposta para o Estudo de Empuxo por meio de Atividades Investigativas. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 155–176, 2019. DOI: 10.26512/rpf.v3i1.21160. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/21160>. Acesso em: 18 dez. 2022

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica 1: Mecânica. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013. p.77-82.

OLIVEIRA, A. R. H. R. DE, & DA SILVA, C. C. Os espaços não formais amazônicos como potencializadores de aprendizagem para o ensino de Ciências: uma perspectiva a partir da teoria fundamentada. **Investigações em Ensino de Ciências**, 24(3), 59–73, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p59>>. Acesso em: 24 out. 2023.

PELLIZZARI, A. *et al.* Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

PENDRILL, A. M. Forces in circular motion: discerning student strategies. **Physics Education** 55 (4) 045006, 2020. DOI: 10.1088/1361-6552/ab8047. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ab8047/pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PENDRILL, A. M. Understanding acceleration: An interplay between different mathematics and physics representations. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2019. p. 012070. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1286/1/012070/meta>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PENDRILL, A. M. Rotating swings — a theme with variations. **Physics Education** 51 (1), 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/51/1/015014>. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/51/1/015014>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PER CHRISTIAN, B. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa. **Revista Eixo**, v. 1, n. 1, p. 74-86.

QUEIROZ, G. *et al.* Construindo saberes da mediação na educação em museus de ciências: o caso dos mediadores do museu de astronomia e ciências afins/ Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 2, n. 2, p. 77-88, 2002.

QUEIROZ, R. M. *et al.* A caracterização dos espaços não formais de educação científica para o ensino de ciências. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 4, n. 7, p.12-23, ago-dez 2011.

REIS, E. F. dos; SOUSA, M. F. da C.; ALVES, D. dos S.; PINHO, M. I. M.; RIZZATTI, I. M. **Espaços não formais de educação na prática pedagógica de professores de Ciências**. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 23–36, 2020. DOI: 10.26571/reamec.v7i3.8265. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/8265>>. Acesso em: 24 out. 2023.

ROCHA, S. C. B. & TERÁN, A. F. **O uso de espaços não formais como estratégia para o ensino de ciências**. Manaus: UEA/Escola Normal Superior/PPGEECA, 2010. Disponível em: <[file:///C:/Users/genil/OneDrive/Área%20de%20Trabalho/Mestre/inrterdisciplinaridade/espaco%20nao%20formal/2010\\_08\\_31\\_LivroUsodeEspacosnaoFormaisdeEnsino%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/genil/OneDrive/Área%20de%20Trabalho/Mestre/inrterdisciplinaridade/espaco%20nao%20formal/2010_08_31_LivroUsodeEspacosnaoFormaisdeEnsino%20(1).pdf)>. Acesso em: 23 out. 2023.

SANTOS, J. A. S.. Teorias da aprendizagem: comportamentalista, cognitivista e humanista. **Revista Sigma**, n. 2, p. 97-111, 2008. Disponível em: <[https://noctuam.files.wordpress.com/2018/10/teorias\\_da\\_aprendizagem\\_comportamentalista\\_cognitivista\\_e\\_humanista-pages-1-15.pdf](https://noctuam.files.wordpress.com/2018/10/teorias_da_aprendizagem_comportamentalista_cognitivista_e_humanista-pages-1-15.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2023.

SILVA, A. L. S.,MOURA, P. R. G.,& DEL PINO, J. C. Subsídios pedagógicos e epistemológicos da Atividade Experimental Problematizada. **Revelli**, v.10, n. 4, dezembro, 2018. p. 41-66. Disponível em: <<https://www.revista.ueg.br/index.php/revelli/article/view/7568>>. Acesso em: 20 dez. 2023.

SILVA, A. L. S.,MOURA, P. R. G.,& DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o Ensino de Ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, 2017. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/646>>. Acesso em: 20 dez. 2023.

SILVA, A. L. S.,MOURA, P. R. G.,& DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada: uma proposta de diversificação das atividades para o Ensino de Ciências. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, 2015, p. 51-65. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/537>>. Acesso em: 20 out. 2023.

SILVA FILHO, O. L. da; FERREIRA, M. Teorias da Aprendizagem e da Educação como Referenciais em Práticas de Ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2018. DOI: 10.26512/rpf.v2i2.12315. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/12315>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

VELASCO, I. R. *et al.* A percepção do discente sobre a construção da aprendizagem significativa. In: Anais **VII CONEDU - Edição Online**. Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/67788>>. Acesso em: 24 out. 2023.

XAVIER, O.S. & FERNANDES, R. C. A. A aula em espaços não convencionais. In: VEIGA, I. P. A. **Aula: Gênese, Dimensões, Princípios e Práticas**. Campinas: Papyrus Editora, 2008.

## APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

INSTITUTO/DEPARTAMENTO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

POLO 01 - UNB



ACELERANDO NAS CURVAS



PRODUTO EDUCACIONAL



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
INSTITUTO/DEPARTAMENTO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 01 - UNB

ANDERSON TOMÉ DE SOUZA

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM  
AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS**

BRASÍLIA

2023





**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

Anderson Tomé de Souza

**CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM  
AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA RELACIONADA A MOVIMENTOS ACELERADOS EM AMBIENTES NÃO CONVENCIONAIS**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 01 – UnB - DF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos Pedroza

Brasília

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos estudantes participantes deste projeto e todos os demais envolvidos na execução dele.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

# Sumário

145

145

145

2.1.1 Investigação dos conhecimentos prévio:145

145

1459

145

145

2.4 Reconciliação integrativa:1454

1454

1455

1455

1456

1457

1458

1459

## **1. Apresentação do produto educacional**

O presente produto educacional versa sobre uma sequência didática metodológica para aplicação em sala de aula/ambiente não convencional. Foi planejada e elaborada para cinco encontros de aulas duplas de 50min cada, com o intuito de aprofundar o ensino de movimentos acelerados, particularmente aqueles nos quais a existência de uma força centrípeta e a correspondente aceleração são essenciais.

Para tanto, foi escolhida a abordagem ausubeliana como meio de avançar na aquisição de elementos que se alinham a uma proposta de aprendizagem significativa dentre as diversas abordagens psicológicas da aprendizagem.

Os recursos didáticos do presente produto educacional podem ser alterados e adaptados de acordo com o ambiente de aplicação. No caso específico, foram utilizados os seguintes materiais: dois questionários (pré-testes) e aplicativos gratuitos que possibilitem sintetizar as respostas colhidas, gerando gráficos ou nuvens de palavras (ex. mentimeter), livros didáticos, acesso à internet, utilização de celular ou tablets, bem como de organizadores prévios, (barbante, pedaço de cano e borracha), também foi utilizado o layout da pista do kartódromo, trena, rolo de barbante, cronometro e lápis.

Eu, Anderson Tomé de Souza, professor de Física há cerca de vinte anos em diversas instituições educacionais no DF, tive por motivação elaborar uma sequência didática que culminasse em uma atividade prática, que levasse os estudantes, do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio, a presenciar e experimentar a Física por “trás” de situações cotidianas, nas quais ele fosse o agente e o receptor ao mesmo tempo. Foi este o propósito que me levou buscar um ambiente não convencional de aprendizagem, tendo para isso escolhido um kartódromo. Certamente, outros ambientes semelhantes podem ser escolhidos num parque de diversões.

## **2. Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Relacionada a movimentos acelerados em ambientes não convencionais**

### **2.1 Diagnóstico e objetivo**

#### **– Definição de conceitos pressupostos**

Objetivo: Verificar o conhecimento prévio e intuitivo devido às experiências do cotidiano dos estudantes.

A resolução de questionários como pesquisa fornece ao professor uma plataforma para se engajar em uma experiência de aprendizagem interativa. Em vez de fornecer respostas e conhecimentos em uma sala de aula tradicional, o educador permite que os estudantes apresentem suas próprias ideias (MOREIRA 2012).

Planejamento elaborado para cinco encontros de aulas duplas de 50min cada.

#### **Primeira Aula: Aula Dupla de 50min.**

O objetivo desta primeira aula é o de apresentar a sequência didática e realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conceitos a serem trabalhados em sala de aula e na saída campo. Para isso, uma possibilidade é a aplicação de um questionário como aferidor dos subsunçores.

Para a utilização do kartódromo sugere-se a elaboração de um questionário com questões como:

- 1- O que você acha que é velocidade?
- 2- O que você acha que é aceleração?
- 3- O que você acha que é aceleração centrípeta?
- 4- Como você faria para medir o raio de uma curva?
- 5- Ao entrar em uma curva você acha que é melhor entrar freando ou acelerando?
- 6- Descreva como você faria para medir a distância de uma curva e o tempo gasto para um kart percorrê-la.
- 7- É possível existir um movimento com velocidade constante e com trajetória curva?
- 8- O que acontece quando você sentado num carro ou num ônibus que faz uma curva para a esquerda?

Propõe-se um tempo de 30 a 40 minutos para que os estudantes respondam o questionário com cinco ou seis dessas questões. Ao término do tempo estipulado o professor deve recolher as respostas e abrir para uma breve discussão.

### **2.1.1 Investigação dos conhecimentos prévios**

Propõe-se nessa segunda etapa uma discussão das respostas com os estudantes que se sentirem à vontade em partilhar o que responderam. Cabe ao professor mediador instigar uma participação efetiva, mesmo diante das repostas repetitivas.

Após cerca de 15 minutos de breves participações, sugere-se um momento “brainstorm”, chuva de ideias, valendo-se do aplicativo “mentimeter” que permite formar uma nuvem de palavras e que está disponível no site: <https://www.mentimeter.com/pt-BR>

### **2.1.2 Situações-problema introdutórias**

Objetivando agora construir um conhecimento mais robusto, o docente aplica novamente o mesmo questionário que deve ser respondido com o auxílio de uma pesquisa nos meios físicos (livros didáticos), bem como nos virtuais (acesso à internet, via celular ou tablet).

Os estudantes retomam o contato com o questionário, agora apresentado da seguinte forma:

Pesquise e responda:

Agora de posse dos conceitos que você pesquisou, responda as seguintes questões.

- 1- O que é velocidade, quais são as grandezas envolvidas?
- 2- O que é aceleração, quais são as grandezas envolvidas?
- 3- O que é aceleração centrípeta, como calcular, como se chegou a esta equação?
- 4- Como calcular a velocidade máxima que um kart pode fazer a curva sem derrapar.
- 5- É possível existir um movimento com velocidade constante e com trajetória curva?
- 6- O que acontece quando você sentado num carro ou num ônibus que faz uma curva para a esquerda?

Esse questionário deve ser entregue ao professor, finalizando a segunda aula.

## **2.2 Diferenciação progressiva**

### **Segunda Aula: Aula Dupla de 50min**

Objetivo: Ainda em sala de aula o professor deve retomar o desenvolvimento das atividades desenvolvidas nas duas primeiras aulas, e salientar que as primeiras especulações, para alguns estavam de acordo com o que o conceito correto nos diz, e que outras precisam ser revisitadas e reformuladas, estimulando a participação dos discentes que já conseguem perceber tal fato a externalizar sua concepção anterior e posterior à pesquisa feita. Aliado a isso, o professor deve, neste momento, focar no conceito de aceleração centrípeta que será amplamente vivenciado na próxima etapa.

#### **2.2.1 Socializando as ideias em grupo**

Para a primeira etapa da aula a sugestão é que a turma seja dividida em grupos de até 5 (cinco) integrantes, para socializarem suas percepções acerca das grandezas anteriormente trabalhadas nos questionários.

O professor deve explicar e definir formalmente as questões postas anteriormente, em particular, o conceito de força e aceleração centrípeta. Para tanto, o docente deve retomar as discussões e debates desenvolvidos nas duas primeiras aulas. Além disso ele deve elencar as divergências e convergir para os conceitos corretos. Vale ressaltar que a participação oral de cada estudante é de suma relevância para o crescimento de toda a turma. Ao externalizar seu ponto de vista, o estudante agrega um saber investigativo alcançado pela pesquisa realizada.

Numa segunda etapa, o professor deve apresentar a equação da aceleração centrípeta e mostrar como ela é teoricamente obtida e discutir as situações onde ela é utilizada.

Como sugestão, pode ser utilizado o seguinte recurso experimental: o professor de posse de um barbante, um pedaço de cano e a borracha de um estudante – organizador prévio – pode trabalhar os conceitos de força centrípeta, velocidade tangencial, aceleração centrípeta e a força de atrito.

Para isso, basta amarrar a borracha em uma das extremidades do barbante e passar a outra extremidade por dentro do pedaço de cano. Com uma das mãos segurar o cano e com a outra a sobra de barbante abaixo do cano, ao girar o conjunto será perceptível a força centrípeta atuando. Variando o comprimento do barbante,

soltando ou encurtando-o corresponde a variar o raio. Pode, então, explicar o que é sentido e observado.

**Como atividade de casa:** Peça que os estudantes refaçam o experimento e avaliem na prática o que ocorre com a força centrípeta com: o aumento da velocidade tangencial, a diminuição do raio, com o aumento da massa pendurada no barbante?

## 2.3 Complexidade

### Terceira Aula: Aula Dupla de 50min.

A situação-problema aqui apresentada é o estudante agora perceber a aceleração centrípeta na prática. Propõe-se aos estudantes uma saída de campo para um ambiente não convencional, por exemplo, um Parque de Diversões. No nosso caso, escolhemos o Kartódromo Carreira, situado no Parque da Cidade Sarah Kubitschek. Recomenda-se que essa atividade seja realizada num turno contrário ao das aulas.

O objetivo principal desta atividade foi o de proporcionar aos estudantes a oportunidade de aprender de forma significativa os conceitos básicos da Física envolvidos num movimento não retilíneo e, em particular, os conceitos de força e aceleração centrípeta.

A saída de campo envolve uma organização bem anterior à sua realização. Começa por apresentar a ideia à coordenação de ensino e à equipe diretiva. Uma vez aprovada a atividade, os pais e responsáveis são comunicados e, ao mesmo tempo, solicitando-lhes o apoio.

Caro colega professor, a depender da escola em que trabalha, ficará a cargo do docente toda a demanda de pesquisa, de preço, horário, quantidade de pessoas e equipamentos de segurança. Ressalto que na ocasião escolhida, o contato telefônico e a comunicação via e-mail foi de fácil acesso para organização de todo o processo.

Ainda em sala de aula o professor deve explicar todo o roteiro a ser vivenciado na Saída de Campo, no nosso caso, a ida ao Kartódromo. Essa vivência inclui a



dinâmica de chegada no local, a medição da pista, a marcação do tempo e a corrida em si.

De posse do **layout** da pista o professor deve orientar como os estudantes devem proceder ao chegar no Kartódromo, a saber:

O local onde eles ficaram dispostos.

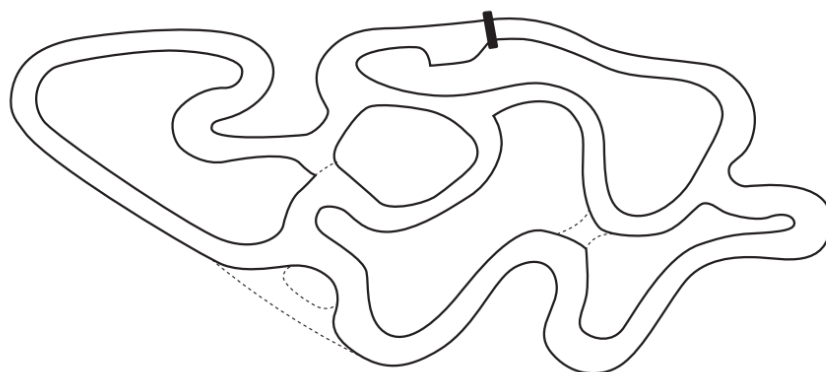
De onde ocorrerá a observação.

As curvas que servirão para análise, do raio e marcação do tempo.



**Figura 01** – Kartódromo Carrera

Fonte: arquivo pessoal (2021)



**Figura 02** – Layout da pista

Fonte: arquivo pessoal (2021)

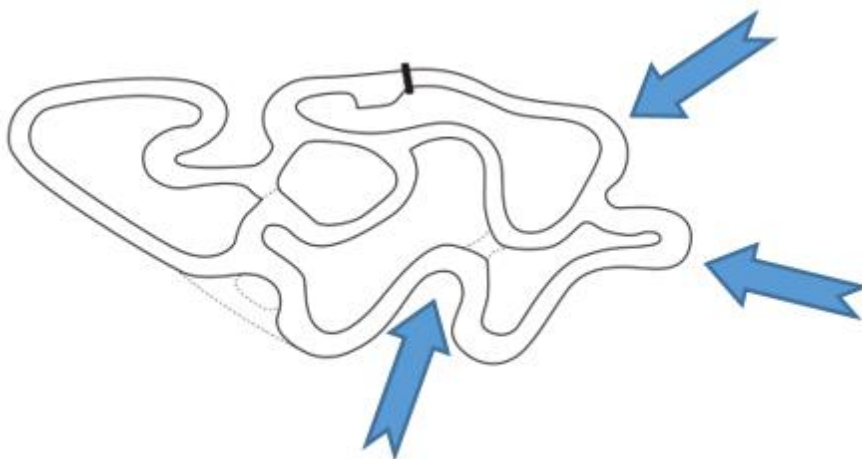
Em sala de aula, o professor deve discutir com os estudantes a estratégia metodológica da Saída de Campo. Através das imagens feitas por um Drone, é possível construir o **layout** da pista.

Os estudantes formarão equipes de cinco componentes. De posse desse **layout**, cada equipe saberá a curva para qual ele irá realizar as medidas necessárias para obter a velocidade tangencial do kart e o raio dessa curva.

De posse desses dados, será possível calcular a aceleração centrípeta no momento que o kart percorre a curva.

O professor deve reforçar a necessidade de levarem, caneta, lápis e celular (cronômetro).

Como exemplo, as três curvas em destaque na figura do **layout** podem ser escolhidas.



**Figura 03** – Escolha das curvas

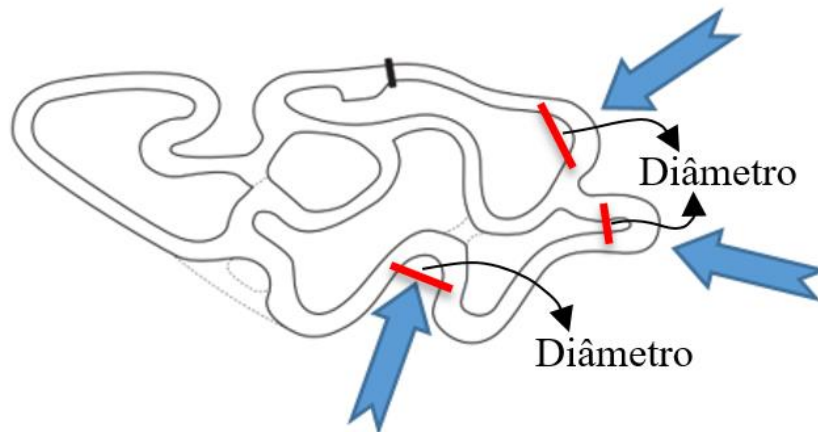
Fonte: arquivo pessoal (2021)

No Kartódromo, de posse de um rolo de barbante e trena o professor pode orientar os estudantes a obterem, de forma aproximada, a distância entre dois pontos dentro de cada uma das curvas escolhidas.

O procedimento pode ser o de esticar o barbante colocando-o bem no centro da pista ao longo de toda a trajetória por onde o kart deve passar. Ao término, feitas as marcações no barbante correspondentes ao ponto inicial e final da curva, o comprimento pode ser realizado com o barbante esticado por meio de uma trena.

Sugere-se que esse procedimento seja realizado por duas vezes e que uma média do comprimento seja obtida.

Para a obtenção do raio o barbante foi esticado de um lado ao outro da curva fornecendo, aproximadamente, o diâmetro de uma circunferência.



**Figura 04** – Medida do raio da curva.

Fonte: arquivo pessoal (2021)

Após terem sido feitas todas as três curvas, revezando os estudantes, os valores obtidos foram repassados para todos os demais participantes. Estes valores foram anotados no layout da pista.

Para tornar a atividade mais atrativa para os estudantes, esta pode ser realizada num processo de competição entre os karts.

Considerando que o número de karts por bateria é limitado, os estudantes devem aguardar a sua vez.

Enquanto aguardam a proposta é a seguinte:

Como o trabalho é para ser executado em equipe, à medida em que um piloto os demais observam e anotam o tempo gasto em cada curva, para obter a velocidade tangencial.

Propõe-se que sejam realizadas 10 dez aferições de tempo por curva, para que com o tempo médio seja feita a medida da velocidade tangencial. Posteriormente, em sala, esse processo de medida permitirá discutir e dar um significado ao conceito de velocidade média e de instantânea.

Com esses dados será possível calcular, aproximadamente, a aceleração centrípeta do kart na curva analisada.

Ao término da corrida o professor deve questionar alguns estudantes, acerca da experiência de aprender em ambientes não convencionais e se a Física envolvida nos movimentos acelerados auxiliou na colocação de sua equipe. Sugere-se registrar os depoimentos por meio de filmagens no celular, para compartilhar posteriormente em sala.

Outra sugestão, é a de compor uma equipe que auxilie em todo processo de realização da Saída de Campo.

## **2.4 Reconciliação integrativa**

### **Quarta Aula: Aula Dupla de 50min**

Objetivo: Nesta etapa ocorrerá uma aula expositiva dialogada integradora final.

Após o retorno da Saída de Campo deverá ocorrer uma aula expositiva dialogada e integradora. Propõe-se uma aula que permita rever os conteúdos desenvolvidos no estudo de movimentos acelerados, retomando os principais conceitos que aparecem nesses movimentos, colocando-os em “xeque” em relação a sensação experienciada em cada curva realizada pelo kart.

#### **2.4.1 Aprendizagem significativa**

Após o retorno da Saída de Campo deve ocorrer uma aula que na qual os dados obtidos são consolidados. Deve-se discutir atividades de medidas realizadas e as incertezas associadas a essas medidas. Deve-se discutir as maneiras para aumentar a acurácia dos dados.

Outro ponto merecedor de destaque é o do trabalho em equipe, fundamental não só na obtenção dos dados que permitiram analisar o movimento acelerado e não lineares dos karts, mas em qualquer ramo da atividade humana.

Esses cálculos permitirão não só analisar qualitativamente o movimento não linear, como obter a aceleração centrípeta. O professor deve gerenciar o tempo entre a finalização dos cálculos anotados no Kartódromo e a comparação com os exercícios tradicionais apresentados no livro texto dos estudantes.

Tem-se como hipótese que haverá uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos físicos envolvidos na corrida de kart pois os estudantes puderam experimentar e observá-los na prática. Cabe agora ao professor agregar novos conteúdos e conceitos e verificar se realmente a aprendizagem foi significativa, ou seja, se possui evidência de clareza, precisão, diferenciação e se eles serão capazes de transferir esse conhecimento. Assim sendo, novamente o professor deve dividir a sala nas equipes anteriormente formadas, entregar os questionários preenchidos e fazer algumas inferências, principalmente acerca da aceleração centrípeta. Pode abrir a discussão sobre as mudanças de variáveis na troca do piloto, mas deve focar na aprendizagem significativa do conceito aceleração centrípeta.

Na visão de Ausubel caso a estratégia utilizada não tenha sido efetiva, deve-se recorrer a uma nova estratégia valendo-se de organizadores prévios para o alcance da aprendizagem deste estudante.

## **2.5 Avaliação**

Esta atividade será baseada nas respostas individuais dos estudantes. Ao final da corrida propõe-se que o professor questione seus estudantes e registre por meio de filmagem.

Fazer o comparativo de quanto a saída agregou uma aprendizagem significativa por meio de um quizz.

Como sugestão retomar os cálculos e verificar se eles conseguem extrapolar para situações uma corrida de fórmula 1.

## **2.6 Efetividade**

### **Quinta Aula: Aula Dupla de 50min.**

**Objetivo:** A quinta aula tem como objetivo avaliar a sequência didática. Após o professor revisar a sequência didática ministrada, propõe-se aos estudantes divididos em grupos menores, que avaliem a sequência didática, destacando os pontos que consideraram positivos e quais foram os negativos. E quais seriam suas sugestões para todo o processo de estudo dos movimentos acelerados em ambientes não convencionais.

### **2.6.1 Validação da Sequência Didática**

A validação da sequência didática será feita a partir dos resultados de aprendizagem apresentados, coligada aos posicionamentos dos estudantes nos debates e na evolução da construção conceitual elaborada pelos estudantes na aula expositiva dialogada integradora final.

## **Considerações Finais**

Ensinar em ambientes não convencionais pode cultivar uma atitude descontraída em relação à aprendizagem, ao mesmo tempo que promove um forte compromisso com as atividades planejadas. Espera-se que a participação da Saída de Campo melhore o desempenho dos estudantes e amplie a sua compreensão acerca dos conceitos previamente estudados.

Acredita-se que por meio desta experiência, os estudantes desenvolvam um interesse maior pelos fenômenos físicos envolvidos nos movimentos circulares, bem como uma maior interação interpessoal. O uso de ambientes não convencionais demonstrou produzir resultados cognitivos e emocionais excepcionais.

Em última análise, nosso objetivo é garantir que o aprendizado de física seja uma experiência agradável que tenha significado na vida real, permitindo que os estudantes se tornem participantes ativos na construção do conhecimento.

## Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003. Disponível em: <[https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2022.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1963. 272p.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Cultural La Laguna**. Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999a. 29p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999b.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983. 192p.

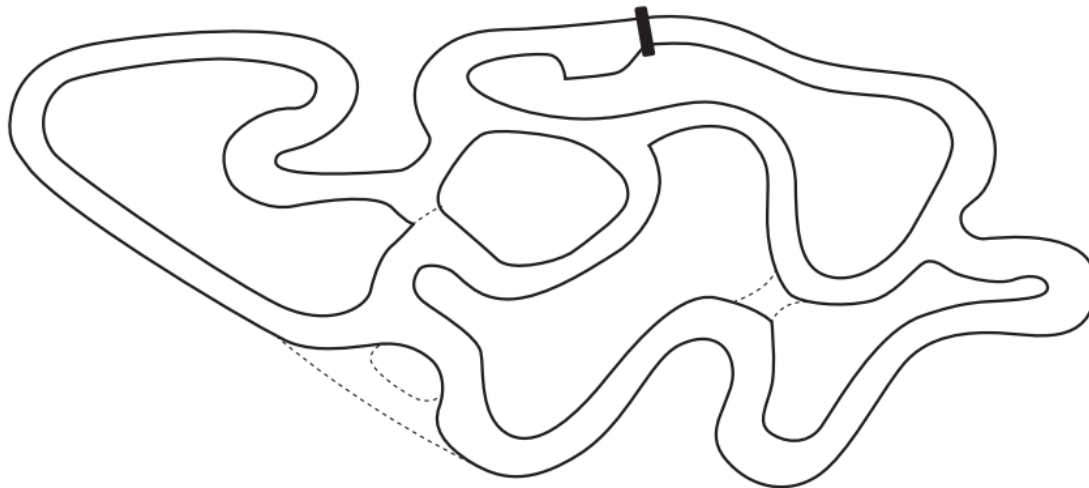
MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982. 112p.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006. 112p.



## APÊNDICE B: LAYOUT DO KARTÓDROMO E TRENA COM RODAS

Layout: Kartódromo Carrera



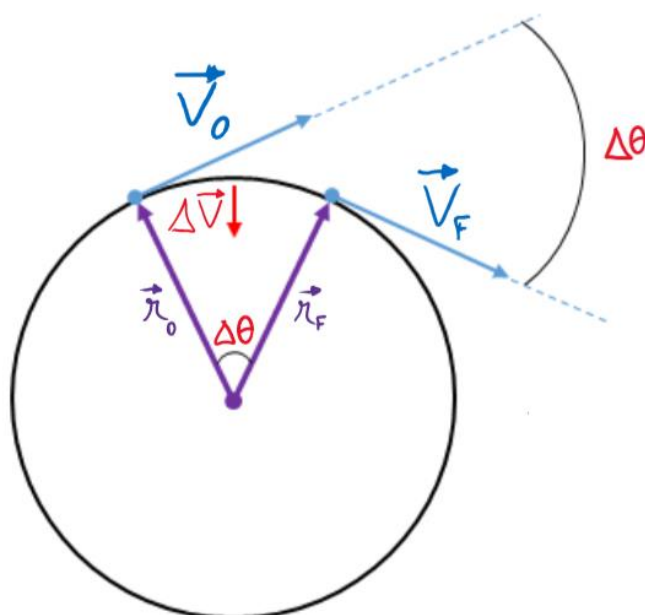
Sugestão para aquisição: Trena com rodas.



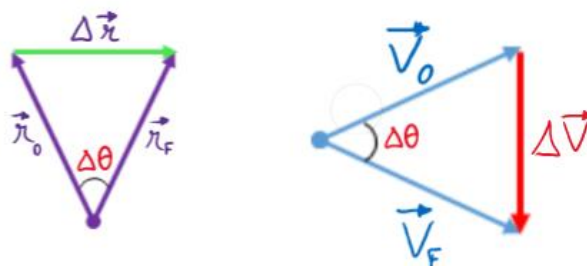
## APÊNDICE C: OUTRAS MANEIRAS DE OBTER A EQUAÇÃO DA ACELERAÇÃO CENTRÍPETA

Em seguida apresentarei outra forma de obtermos o cálculo da famosa fórmula da aceleração centrípeta, que nos diz que o módulo da aceleração centrípeta é igual ao módulo da velocidade ao quadrado, dividido pelo raio, onde, a direção real mudará, mais estará sempre apontando para o centro da trajetória.

Matematicamente  $\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ , logo: o módulo da aceleração média é dado por:  $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , e a direção e o sentido são os mesmos de  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_F - \vec{v}_0$ . Conforme a figura abaixo.



Como vimos outrora a aceleração instantânea, ou seja, a aceleração em um determinado instante, será dada por  $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \right) = \frac{\partial\vec{v}}{\partial t}$ , podemos obter a semelhança de triângulos a partir da figura anterior.



Com isso nós demonstramos que quando  $\Delta t$  for muito pequeno a variação do ângulo  $\theta$  tende a zero, e obtemos que:

$$\frac{|\Delta \vec{r}|}{|\vec{r}|} = \frac{|\Delta \vec{V}|}{|\vec{V}|}$$

$$|\Delta \vec{V}| = \frac{|\Delta \vec{r}| \cdot |\vec{V}|}{|\vec{r}|}$$

$$|\vec{a}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}| \cdot |\vec{V}|}{|\vec{r}| \Delta t}$$

Sabendo que:  $|\vec{V}| = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t}$ , temos:

$$|\vec{a}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}| \cdot |\vec{V}|}{|\vec{r}| \Delta t} = \frac{|\vec{V}| \cdot |\vec{V}|}{|\vec{r}|}$$

Dessa maneira encontramos o vetor aceleração centrípeta:

$$|\vec{a}_c| = \frac{|\vec{V}|^2}{|\vec{r}|}$$

Em outra análise, se partirmos do MCU as equações obtidas seriam,

$$|\vec{V}| = \frac{2\pi|\vec{r}|}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi|\vec{r}|}{|\vec{V}|}$$

Que representa a velocidade em uma volta completa, do objeto em relação à trajetória circular e para a aceleração teremos, o quanto o vetor velocidade percorreu, durante uma volta, no intervalo de tempo, apresentada da seguinte forma:

$$|\vec{a}| = \frac{2\pi|\vec{V}|}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi|\vec{V}|}{|\vec{a}|}$$

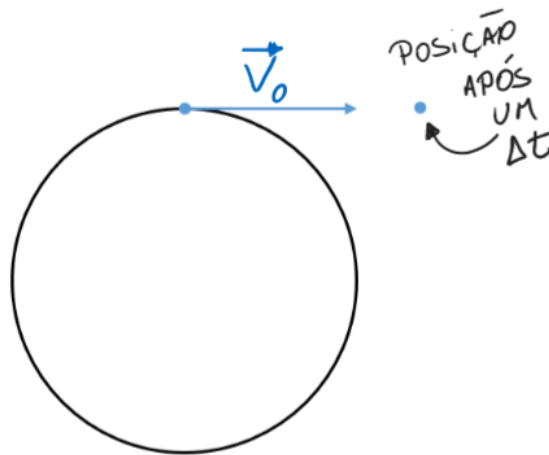
Igualando os períodos, obtemos:

$$\frac{2\pi|\vec{r}|}{|\vec{V}|} = \frac{2\pi|\vec{V}|}{|\vec{a}|}$$

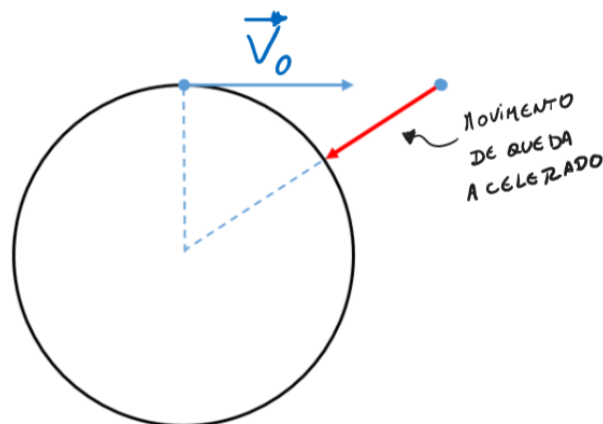
$$|\vec{a}_c| = \frac{|\vec{V}|^2}{|\vec{r}|}$$

Ainda utilizando uma matemática do Ensino Médio podemos obter a equação da aceleração centrípeta da seguinte forma.

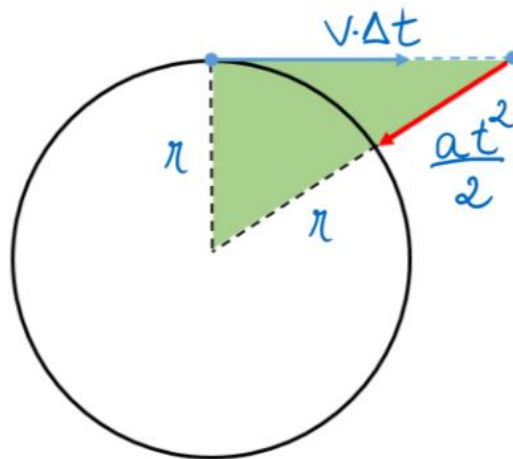
Se não houvesse a ação da aceleração centrípeta sobre um objeto que inicia o movimento em uma trajetória circular ele iria andar em linha reta.



Assim depois de um certo intervalo de tempo, seu deslocamento estaria na posição destacada na figura acima, a ideia é perceber este objeto como se ele caísse aceleradamente, na direção do centro enquanto gira. Conforme a figura abaixo:



Em um intervalo de tempo diríamos que o deslocamento em linha reta é de  $v \cdot \Delta t$  enquanto isso acontece vemos que a queda até a trajetória circular se dá em um movimento acelerado, cujo deslocamento é de  $\frac{a \cdot t^2}{2}$ , considerando sua velocidade inicial, em direção a queda, igual a zero.



Infer-se da figura um triângulo retângulo, que nos permite utilizar o teorema de Pitágoras.

$$r^2 + (V \cdot \Delta t)^2 = \left( r + \frac{a \cdot \Delta t^2}{2} \right)^2$$

$$\cancel{r^2} + V^2 \cdot \Delta t^2 = \cancel{r^2} + 2 \cdot r \cdot \cancel{\frac{a \cdot \Delta t^2}{2}} + \frac{a^2 \cdot \Delta t^4}{4} \quad (\div \Delta t^2)$$

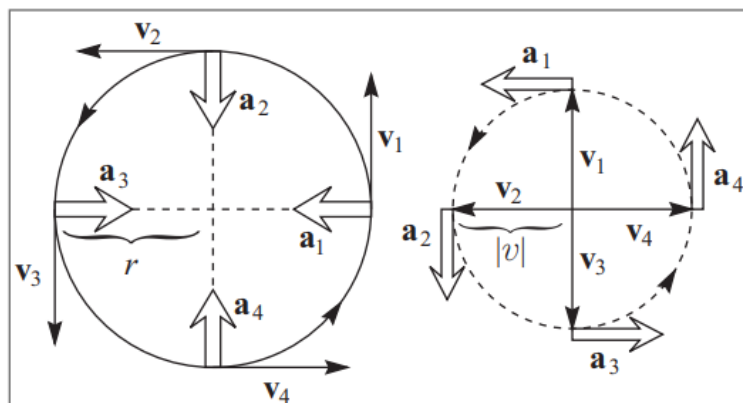
$$V^2 = r \cdot a + \frac{a^2 \cdot \Delta t^2}{4} \text{ como } \Delta t \rightarrow 0$$

$$a = \frac{V^2}{r}$$

### Síntese dos Capítulos 3.7 e 3.8 H. Moyses Nussenzveig

(Curso de Física Básica1 Mecânica 5ª edição, revista e atualizada.)

Uma forma possível de determinar  $a$  é pelo processo geométrico do hodógrafo, que é a curva descrita pelas extremidades dos vetores velocidade instantânea quando transladados de modo a terem todos uma mesma origem.



Obtemos a partir da equação:

$$\omega = v / r$$

aplicada ao hodógrafo, o módulo da aceleração:

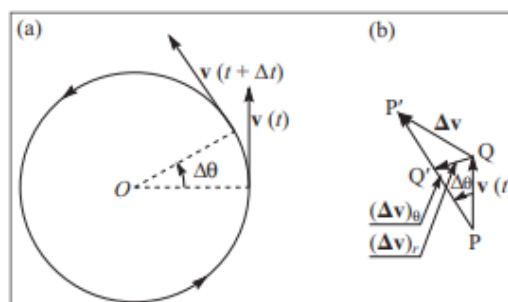
$$|\mathbf{a}| = \omega v = \omega^2 r = v^2 / r$$

Por outro lado, o exame da Figura acima mostra que o vetor  $\mathbf{a}$ , tangente ao hodógrafo, está dirigido radialmente para dentro no círculo original (trajetória). Logo:

$$\mathbf{a} = -|\mathbf{a}|\hat{\mathbf{r}} = -\omega^2 r \hat{\mathbf{r}} = -\frac{v^2}{r} \hat{\mathbf{r}}$$

Esta é a chamada aceleração centrípeta (porque aponta para o centro do círculo).

Consideremos agora um movimento não uniforme sobre um círculo. Embora a velocidade instantânea continue naturalmente sendo tangente ao círculo, a não uniformidade do movimento circular significa que o módulo da velocidade, além da sua direção, também variará com o tempo. É natural então considerar separadamente os dois fatores que contribuem para  $\Delta \mathbf{v}$ . Na figura (a), consideramos a situação em que  $|\mathbf{v}(t + \Delta t)| \neq |\mathbf{v}(t)|$ . Na (b),  $\mathbf{PQ}$  representa  $\mathbf{v}(t)$  e  $\mathbf{PP}'$  corresponde a  $\mathbf{v}(t + \Delta t)$ . O ponto  $Q'$  é tomado de tal forma que  $|\mathbf{PQ}'| = |\mathbf{PQ}| = |\mathbf{v}(t)|$ .



Vemos que

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{QP}' = \mathbf{QQ}' + \mathbf{Q}'\mathbf{P}'$$

Temos que:

$$|\mathbf{QQ}'| = |(\Delta \mathbf{v})_t| \approx |\mathbf{v}|\Delta\theta$$

Onde o índice  $r$  se refere ao fato de que, para  $\Delta t \rightarrow 0$ ,  $(\Delta \mathbf{v})_r$  dará a componente radial de  $\mathbf{a}$  (aceleração centrípeta):

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[ \frac{(\Delta \mathbf{v})}{\Delta t} \right] = -\omega^2 r \hat{\mathbf{r}} = -r \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \hat{\mathbf{r}}$$

A componente nova que temos de calcular é  $\mathbf{Q}'\mathbf{P}'$ . No caso ilustrado na Figura (a), temos  $v > 0$  e a (b) mostra que, no limite em que  $\Delta t \rightarrow 0$ , a direção e sentido de  $\mathbf{Q}'\mathbf{P}'$  tendem a coincidir com os de  $\mathbf{v}(t)$ , com os de  $\hat{\theta}$ . Como a velocidade instantânea  $\mathbf{v}(t)$  que é dada por,  $\mathbf{v} = v\hat{\theta}$ , temos:

$$\mathbf{Q}'\mathbf{P}' = (\Delta \mathbf{v})_{\theta} \approx [v(t + \Delta t) - v(t)] \hat{\theta} = \Delta v \cdot \hat{\theta}$$

de modo que

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[ \frac{(\Delta \mathbf{v})_{\theta}}{\Delta t} \right] = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta v}{\Delta t} \right) \hat{\theta} = \frac{dv}{dt} \hat{\theta}$$

Esta relação permanece válida quer seja  $v > 0$  ou  $v < 0$ , e quer  $|v|$  esteja crescendo ou decrescendo. Pela equação da velocidade angular e sua derivada em função do tempo, temos ainda a relação:

$$\boxed{\frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r \frac{d^2\theta}{dt^2} = r\alpha}$$

Onde  $\alpha$  se chama aceleração angular.

Combinando as expressões acima, obtemos finalmente a expressão da aceleração num movimento circular qualquer:

$$\boxed{\mathbf{a} = a_r \hat{\mathbf{r}} + a_{\theta} \hat{\theta}}$$

Onde

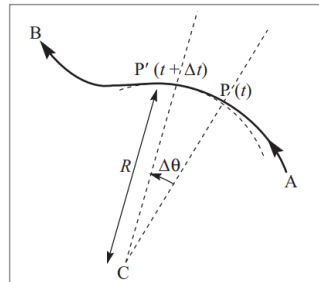
$$\boxed{a_r = -\omega^2 r = -r \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 = -\frac{v^2}{r}}$$

e

$$\boxed{a_{\theta} = \alpha r = r \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{dv}{dt}}$$

O termo  $a_r \hat{r}$  continua sendo chamado de aceleração centrípeta; o outro termo,  $a_\theta \hat{\theta}$  é a componente da aceleração tangente ao círculo, e se chama por isso de aceleração tangencial;  $a_r$  e  $a_\theta$  definem também as componentes do vetor  $\mathbf{a}$  em coordenadas polares.

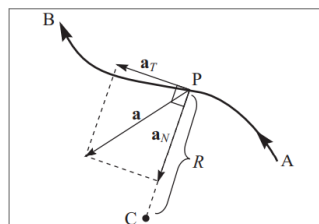
Consideremos agora um movimento plano sobre uma trajetória curva qualquer AB conforme a figura abaixo, e sejam P e P' as posições nos instantes  $t$  e  $t + \Delta t$ , respectivamente.



As normais à curva em P e P' (perpendiculares às tangentes nesses pontos) se encontram geralmente num ponto C (Figura), que, para  $\Delta t$  muito pequeno, é equidistante de P e P', ou seja, é o centro de um círculo de raio  $R = \overline{CP}$  tal que o arco de círculo PP' e arco de curva PP' tendem a ter as mesmas tangentes em P e P' quando  $\Delta t \rightarrow 0$  (é o arco de círculo que melhor se aproxima do arco de curva PP' nesse limite). O ponto C chama-se centro de curvatura da curva no ponto P e R é o raio de curvatura correspondente (para um segmento de reta, R é infinito). O círculo de centro C e raio R é o círculo de curvatura da curva no ponto P; em geral, C e R variam de ponto a ponto.

Por construção, o movimento sobre a curva e sobre o círculo de curvatura têm os mesmos vetores velocidade em P e P' quando  $\Delta t \rightarrow 0$ ; logo, têm também a mesma aceleração  $\mathbf{a}$ . Para o movimento sobre o círculo de curvatura,  $\mathbf{a}$  é dado pela equação  $\mathbf{a} = a_r \hat{r} + a_\theta \hat{\theta}$ .

Entretanto  $\hat{r}$  e  $\hat{\theta}$  têm de ser interpretados do ponto de vista da trajetória:



Aceleração tangencial e normal.



$a_\theta \hat{\theta}$  tem a direção da tangente à trajetória em P, e dá a aceleração tangencial  $a_T$  conforme a figura abaixo, ao passo que  $a_r \hat{r}$  aponta em direção ao centro de curvatura C e dá a aceleração normal  $a_N$ . Temos:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_T + \mathbf{a}_N$$

$$a_T = \frac{dv}{dt}$$

$$a_N = \frac{v^2}{R}$$

onde R é o raio de curvatura em P. A magnitude da aceleração em P é dada por:

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$$

## ANEXO 1 - MODELO DE AUTORIZAÇÃO UTILIZADO NA ESCOLA PARA A SAÍDA DE CAMPO



Brasília, 03 de setembro de 2021.

Comunicado nº 057/2021

Assunto: Atividade Pedagógica – Disciplina de Física

Prezados pais ou responsáveis,

Entendendo que a construção do conhecimento deve ser feita de maneira criativa, temos a alegria de apresentar uma proposta de uma atividade lúdica, prazerosa e eficiente, que será realizada pela disciplina de Física no período de 21 a 24 de setembro.

Trata-se de um estudo sobre *grandezas físicas* que será aplicado em um ambiente não formal de aprendizado: o Kartódromo Kart Carrera.

Os estudantes que optarem pela proposta serão levados e buscados pelos responsáveis ao Kart do Parque da Cidade para aferirem medidas das dimensões da pista e realizarem uma bateria (corrida) após desenvolverem a melhor estratégia a partir da análise dos dados coletados.

A saída acontecerá nos dias e horários propostos na tabela a seguir:

Série	Data	Horário
9º ano	21/09	14h as 16h
1ª série	22/09	14h as 16h
2ª série	23/09	14h as 16h
3ª série	24/09	14h as 16h

No dia da atividade externa, as turmas serão acompanhadas por dois professores, o Pr. Alexei, disciplinar, e toda a equipe de profissionais do Kart Carrera.

Para participar da atividade, o responsável deverá realizar o pagamento no valor de R\$: 85,00 até o dia 15/09 para o colaborador Anderson no departamento financeiro do Colégio Batista de Brasília.

Atenciosamente,

Coordenador Pedagógico

Diretora

## ANEXO 2 - ESTRUTURA DO COLÉGIO BATISTA DE BRASÍLIA

### Rotina

<b>Segunda a Sexta</b>	
<b>Matutino</b>	Das 07h30 às 12h50
<b>2ª e 4ª-Feira Vespertino</b>	Das 14h15 às 18h15

Vale enfatizar, que a disciplina de Física, dispõe de três horas aula, semanais, no Ensino Fundamental II e quatro horas aula, no Ensino Médio, sendo que no EM a disciplina é ministrada por duas frentes.

### Objetivos

- Consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando a construção de novos conhecimentos e o prosseguimento de estudos.
- Ofertar a preparação básica do estudante para o mundo do trabalho e a cidadania, de forma a continuar a construção do seu projeto de vida.
- Compreender e refletir criticamente a respeito dos processos produtivos e das inovações tecnológicas, relacionando a teoria com a prática no ensino de cada área do conhecimento e dos componentes curriculares que a compõem.
- Incentivar a investigação, a pesquisa e a busca de soluções para os problemas cotidianos.
- Conscientizar e perceber questões ambientais e suas implicações para as respectivas comunidades e para o nosso planeta.
- Aprimorar o estudante como indivíduo, incluindo a formação ética, o desenvolvimento da autonomia intelectual, do pensamento crítico e da consolidação de valores que orientam atitudes de solidariedade, paz e comprometimento social.

### Metodologia de ensino

O Colégio Batista adota como abordagem para a sua ação pedagógica as metodologias ativas de aprendizagem, as quais promovem a participação mais ativa

dos estudantes nas atividades. As metodologias ativas são identificadas como quaisquer atividades onde os estudantes ficam envolvidos em fazer algo e pensar no que estão fazendo. São atividades que tiram o estudante da posição passiva de apenas “receptores” de informação, para 23106.064339/2023-56 uma posição mais ativa de “construtores” de sua própria aprendizagem.

Dessa forma, o Colégio Batista busca promover em sua rotina pedagógica que:

- Os estudantes sejam engajados ativamente para a resolução de problemas e pensamento crítico.
- As discussões e as trocas de informações sejam conduzidas pelos próprios estudantes onde o conteúdo do material disponibilizado antes das aulas presenciais seja discutido e expandido.
- Em virtude da preparação inicial, essas discussões devam atingir níveis mais elevados de pensamento crítico.
- O trabalho seja colaborativo, dinâmico, espontâneo e intenso, com os estudantes transitando em várias frentes.
- A intervenção do professor seja pontual e sirva para dirimir eventuais dúvidas ou direcionar os trabalhos.
- Os estudantes façam perguntas exploratórias, identificando o melhor caminho para um maior aprofundamento do conteúdo, deixando o papel passivo de lado e potencializando sua participação ativa.

A instituição acredita que as metodologias ativas colocam o estudante como protagonista do seu processo de aprendizado e fomentam o desenvolvimento de habilidades e competências para enfrentarem desafios que ainda não existem.

Além disso, o Colégio Batista procura trabalhar em parceria com as famílias, utilizando-se de métodos com os quais o estudante aprende melhor, para que ele desenvolva todo o seu potencial.

Nossos diferenciais passam por três diretrizes principais e objetivam a nossa visão enquanto escola:

A prática educativa desenvolvida no Colégio Batista tem como finalidade desenvolver um processo de gestão educativa que garanta a formação da consciência crítica do estudante, capacitando-o de forma criativa, consciente e responsável, preparando-o para enfrentar os desafios propostos pelo mundo em constante transformação: social, econômica e, principalmente, tecnológica.

No Colégio Batista, a construção do saber se dá numa interação do sujeito com o meio físico, social e cultural, privilegiando a formação crítica e criativa, tornando as pessoas capazes de agir sobre a realidade numa ação transformadora e interativa.

Os jovens e suas famílias encontram no Colégio Batista ambiente físico, recursos humanos, estruturas e funcionamento totalmente adequados, que propiciam experiências e situações planejadas intencionalmente, de modo a democratizar o acesso de todos aos bens culturais e educacionais, que proporcionam uma qualidade de vida mais justa, equânime, feliz e cristã.

O exercício do raciocínio e da investigação deve sempre prevalecer sobre a memória e, o conhecimento deve ser experimentado pelo estudante e não apenas transmitido a ele.

Visando estimular a criatividade, interdisciplinaridade e popularizar a cultura, a instituição possibilita a realização de diversos projetos e mostras institucionais, as quais pais, estudantes, professores e comunidade em geral podem compartilhar e apreciar pequenos e grandes experimentos, unindo teoria à prática.

Nesse sentido, o planejamento das aulas prevê atividades variadas altamente significativas e envolventes na intenção de oferecer aos estudantes uma educação preocupada em formar um cidadão com valores sociais e morais, crítico, autônomo, atento ao que acontece no mundo e ciente de seu papel na sociedade.

## **Material didático**

A instituição utiliza o Sistema de Ensino Poliedro, 100% atualizado com a BNCC. O Sistema de Avaliação Educacional Poliedro (SAEP) é constituído pelas provas e simulados do Sistema – com caráter formativo, diagnóstico e somativo –, envolvendo os processos de planejamento, elaboração, aplicação, correção e devolução de relatórios e orientações pós-prova. Os estudantes do Ensino Médio farão quatro simulados, estilo ENEM e quatro simulados no estilo PAS/UNB. O uso de recursos digitais no ambiente escolar já vem acontecendo há anos e ficou ainda mais evidente com a pandemia. Com o Sistema de Ensino Poliedro, além de coleções completas e atualizadas de livros elaborados por autores renomados, temos à nossa disposição biblioteca digital, ambiente virtual de aprendizagem com excelentes vídeos, simulados preparatórios para os exames externos e muito mais!

O material vem formulado para que o estudante conclua a aprendizagem de todo o conteúdo previsto para o Ensino Médio nos dois anos iniciais do Ensino Médio, ou seja, na primeira e segunda série. E tem como proposta metodológica uma revisão de todo conteúdo no terceiro ano cursado, ou seja, o estudante da terceira série revê todo conteúdo do Ensino Médio.

## ANEXO 3 - MÍDIA E CONTRATO DE LOCAÇÃO



### CUSTOS REFERENTES A SAÍDA DE CAMPO



### PROPOSTA/CONTRATO

#### CONTRATADA

Nome:

Endereço comercial:

CNPJ:

Fones:

E-mail:

#### CONTRATANTE

Nome: Anderson Tomé de Souza

Endereço: Colégio

Cidade: Brasília DF

CPF

Telefone:

E.mail:

#### DO EVENTO

<b>Data</b>	<b>Horário do Evento</b>	<b>Qtd. Estudantes participantes</b>
21/09/2021	Das 14:15h às 17:00h	29
22/09/2021	Das 15:30h às 17:30h	19
23/09/2021	Das 15:30h às 17:30h	26

→ **BATERIAS DE KART DE 20min, sendo 5min de tomada de tempo e 15min de corrida.**

- Terça feira – 21/09 – 1ª Bateria com 10 estudantes – Largada às 15:30h.  
2ª Bateria com 10 estudantes – Largada às 16:15h.  
3ª Bateria com 10 estudantes – Largada às 17:00h.
- Quarta feira – 22/09 – 1ª Bateria com 10 estudantes – Largada às 15:15h.  
2ª Bateria com 9 estudantes – Largada às 16:00h.
- Quinta feira – 23/09 – 1ª Bateria com 12 estudantes – Largada às 15:15h.  
2ª Bateria com 14 estudantes – Largada às 16:00h.

➤ **Acessórios Utilizados:**

- 72 Balaclavas
- 73 Luvas

→ **ESPAÇO/OUTROS:**

- Salão da varanda e área verde.
- Amplo estacionamento
- Todo pessoal necessário para o bom andamento do serviço.



**VALOR TOTAL DA PROPOSTA R\$6.644,00**

**FORMA DE PÁGAMENTO:**

Recebemos a quantia de R\$5.830,00 em espécie e R\$814,00 com cartão de crédito.

**Condições Gerais:**

- No dia 21/09/2021 das 14:45h às 15:30h – Participação de uma equipe de aproximadamente 20 estudantes para medir as curvas do circuito.
- Permitido andar de kart somente os estudantes munidos de cópia de documento de identificação com foto/assinatura do responsável legal e declaração padrão Carrera, preenchida e assinada.



- ***O uso do kart não é recomendado para menores de 13 anos, cardíacos, portadores de marca passo, gestantes pessoas com necessidades especiais e com problema de coluna.***

**MEDIDAS DE SEGURANÇA (Covid-19):**

- Distanciamento entre pessoas 2m.
- Uso obrigatório de máscara.
- Manter as posições das mesas e cadeiras, todas estarão adequadas conforme orientação da Vigilância Sanitária.

E, por assim estarem de pleno acordo com as condições acima, firmam o presente.

Brasília-DF; 21 de setembro de 2021.

---

CONTRATADA

---

CONTRATANTE

## ANEXO 4 - MODELO DE AUTORIZAÇÃO UTILIZADO NA ESCOLA PARA A SAÍDA DE CAMPO

Centro Educativo  
**Passionista**  
Mãe da Santa Esperança

Brasília, 04 de outubro de 2021.

Assunto: Atividade Pedagógica – Disciplina de Física

Prezados pais ou responsáveis,

Entendendo que a construção do conhecimento deve ser feita de maneira criativa, temos a alegria de apresentar uma proposta de uma atividade lúdica, prazerosa e eficiente, que será realizada pela disciplina de Física no dia 20 outubro.

Trata-se de um estudo sobre *grandezas físicas* que será aplicado em um ambiente não formal/convencional de aprendizado: o Kartódromo Carrera Kart.

Os estudantes que optarem pela proposta serão levados e buscados pelos responsáveis ao Kart do Parque da Cidade para aferirem medidas das dimensões da pista e realizarem uma bateria (corrida) após desenvolverem a melhor estratégia a partir da análise dos dados coletados.

A saída acontecerá no dia 20 de outubro - horário proposto a partir das 14h30min no Carrera Kart.

No dia da atividade externa, as turmas serão acompanhadas pelo professor, bem como a equipe de profissionais do Carrera Kart.

Para participar da atividade, o responsável deverá realizar o pagamento no valor de R\$: 85,00 até o dia 10/10, assinar uma autorização do Carrera Kart e trazer cópia da identidade do responsável. O pagamento deverá ser efetuado na coordenação.

Atenciosamente,

## ANEXO 5 - ESTRUTURA DO COLÉGIO PASSIONISTA MÃE DA SANTA ESPERANÇA

### Rotina

<b>Segunda a Sexta</b>	
<b>Matutino</b>	Das 07h20 às 12h45
<b>Terça-feira Vespertino</b>	Das 14h20 às 18h30

### Objetivos da educação, do ensino e das aprendizagens

O CEP Mãe da Santa Esperança quer ser um lugar de acolhida das pessoas, para que por meio da convivência educativa, possamos construir um saber a serviço da vida e encaminhar nosso educando a adesão aos valores do Evangelho.

São objetivos institucionais:

- Desenvolver o sentido cristão da existência humana, como valorização da vida, da dignidade humana; do cultivo das relações; da busca da verdade e do transcendente.
- Manter a competência do ensino em nível de educação básica, contribuindo com a formação do educando.
- Estimular e promover a construção da comunidade, por meio de testemunho solidário e convívio fraterno e responsável.
- Formar pessoas autônomas e responsáveis, potencializando, os aspectos que se referem à maturidade biopsíquica, à maturidade social e à maturidade ético espiritual.
- Buscar a harmonia de relações e a paz no convívio social.
- Formar integralmente o educando Passionista como um ser de auto realização, vivenciando os ideais da solidariedade, da partilha e fraternidade humana.
- Exercer a cidadania com senso crítico, empreendedor, protagonista da humanização da cultura, agente do meio na construção da sociedade.
- Desenvolver as potencialidades do educando em vista da superação dos próprios limites e dificuldades.
- Preparar para o trabalho e prosseguimento de estudos.

- Criar condições para que o educando possa compreender a sua realidade, possa participar das relações sociais, políticas, ético-religiosas e culturais em que está contextualizado e contribuir positivamente como cidadão.
- Possibilitar a consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental possibilitando prosseguimento de estudos em nível Superior.
- Viabilizar a preparação básica para o trabalho e para a cidadania do estudante, para continuar aprendendo, de modo a tornar-se protagonista do próprio conhecimento.
- Dinamizar o aprimoramento do estudante como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e de pensamento crítico.
- Possibilitar a compreensão dos fundamentos científicos - tecnológicos dos processos produtivos relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada Componente Curricular; - Viabilizar o desenvolvimento do processo educativo iniciado no Ensino Fundamental.

### **Metodologias de ensino adotadas**

Dinamizam-se atividades enriquecedoras e prima-se pela oferta de estratégias ativas, participativas e de natureza grupal. Usa-se o método sócio interacionista. Entende-se que, no desenvolvimento da Pedagogia Passionista onde o relacionar-se solidifica as bases do amor, as atividades socializadoras e grupais exercem importante papel, fato que nos faz orientar os Docentes para escolha de procedimentos de ensino que possam favorecer estes princípios, tais sejam:

- Pesquisas e realização de experiências em grupo.
- Dinâmicas de grupo para sensibilização e despertar para os conteúdos.
- Participação ativa, exercícios de revisão de estudos por meio da exploração da ação, buscando priorizar a dramatização e a demonstração.
- Atividades extraclasse, com apresentações dos resultados dos estudos realizados em grupo, além de participações em jogos e gincana cultural.

Os procedimentos de ensino em sala de aula passam pela exploração desses princípios, por meio da ação didática diversificada, onde o estudante possa elaborar

o conhecimento conforme suas habilidades e diferenças individuais pela oportunidade do contato com os conceitos e acesso às ideias por meio de diversas técnicas, vivenciando tanto as atividades socializantes como as individualizadas, em sala ou extraclasse. Incentivamos o uso das atividades onde o estudante tenha oportunidade de sentir-se responsável, envolvido em primeira pessoa, no cumprimento de tarefas que demonstrem o seu domínio do conhecimento e sua habilidade no uso do raciocínio lógico operativo, como sejam: dinâmicas de grupo, dramatizações, enquetes, debates, visitas, pesquisas de campo, teatro, palestras, elaboração de esquemas e sínteses diversificadas, gincanas, leitura e interpretação de textos, exercícios em classe, entrevistas, entre outras.

**ANEXO 6 - OUTRAS IMAGENS ACERCA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA  
- ACERVO PESSOAL**



