

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – AM

Marco Aurélio Ferreira Simões

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM O ENSINO HÍBRIDO NO ESTUDO DE
CONTEÚDOS DA CINEMÁTICA

MANAUS
2019



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM O ENSINO HÍBRIDO NO ESTUDO DE CONTEÚDOS DA CINEMÁTICA

Marco Aurélio Ferreira Simões
Orientador: Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 4.

Manaus
2019

AGRADECIMENTOS

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

Com minha alma agradeço a Deus por ter me dado força e perseverança para trilhar esse caminho em busca de melhorar minhas aulas para assim contribuir com sucesso dos meus alunos.

A minha mãe Marta Maria Ferreira Simões, que me deu as primeiras lições de vida e que sempre quis o melhor para mim.

A minha amada esposa Nara Cristina Coelho de Souza Simões, pela compreensão na minha ausência nos momentos de laser, pelo incentivo para que eu nunca desistisse e pelo amor que sempre me dedicou.

Ao meu filho Pedro Augusto de Souza Simões, que sempre me inspira com seu sorriso e suas brincadeiras, um bom amigo.

Ao meu orientador e grande amigo professor Minos Martins Adão Neto, por não ter desistido de mim, mesmo sabendo das minhas limitações.

Ao meu colega de curso Everson, por se preocupar comigo e me incentivar a concluir este mestrado.

E por fim, aos meus amigos e familiares que sempre se fizeram presentes nos bons momentos da minha vida.

O que é acaso em relação aos homens é desígnio em relação a Deus.

(Jacques Bossuet)

RESUMO

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM O ENSINO HÍBRIDO NO ESTUDO DE
CONTEÚDOS DA CINEMÁTICA
Marco Aurélio Ferreira Simões

Orientador:
Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto

Dissertação de Mestrado submetida ao programa de pós-graduação (polo 4) 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.

Neste trabalho propomos o planejamento e a implementação de uma sequência didática com o Ensino Híbrido no estudo de conteúdos da Cinemática, especificamente os conteúdos referentes aos conceitos de velocidade relativa, encontro e ultrapassagens do movimento retilíneo uniforme, considerando alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública no município de Manaus. A ideia é engajarmos os alunos no desenvolvimento de um artefato cuja temática envolve esses conceitos. Neste caso, os alunos deverão empregar a aprendizagem de conteúdos sobre movimentos para responder as demandas do projeto. Deverão efetuar pesquisas na internet, sobre escalas e montagem de maquete, a fim de ser aplicado na fase de confecção do trabalho. Fazer uso de dois carros em miniatura para explicar o MRU, os movimentos progressivo e retrógrado, encontros e ultrapassagens. Os alunos deverão elaborar uma apresentação em forma vídeo para expor o processo de criação e os conceitos que podem ser visualizados, desde o conceito de referencial, até os de velocidade relativa e encontros e ultrapassagens.

PALAVRAS-CHAVE: Cinemática, Ensino Híbrido, movimento relativo, Alinhamento Construtivo.

ABSTRACT

In this work we propose the planning and implementation of a didactic sequence with the blended learning in the study of kinematics content, specifically the contents referring to the concepts of relative velocity, encounter and overruns of uniform and uniformly varied rectilinear motions, considering first-year students of a public high school in the city of Manaus. The idea is to engage students in the development of an artifact whose theme involves these concepts. In this case, students should employ the learning of content about movements to respond to the demands of the project. They should research the internet, on scales and model Assembly, in order to apply it in the execution stage of the project. Make use of a miniature cars to demonstrate uniform rectilinear motion. Students should develop a presentation in the form of a video to expose the creation process and the concepts that can be visualized, from the concept of frame of reference, to those of relative velocity and encounters and overruns.

KEY WORDS: kinematics, blended learning, relative movement, constructive alignment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Taxonomia SOLO. Fonte: (BIGGS;TANG,2011).....	21
Figura 2: Rotação por Estação. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	26
Figura 3: Laboratório Rotacional. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	26
Figura 4: Rotacional Individual. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	26
Figura 5: Sala de Aula Invertida. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	26
Figura 6: Flex. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	27
Figura 7 - A La Carte. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	27
Figura 8 – Virtual Enriquecido. Fonte: (BLU - Blended Learning Universe).....	27
Figura 9 - Movimento de translação de um objeto. Fonte: Resnick e Halliday.....	30
Figura 10 - Vetor posição.....	31
Figura 11 - Uma partícula move-se de A para B no intervalo de tempo Δt . Fonte: Resnick e Halliday.....	32
Figura 12 - Uma partícula no instante t tem (a) uma posição descrita por r , (b) velocidade instantânea v e (c) uma aceleração instantânea a . Os componentes vetoriais x_i e y_j . Fonte: Resnick e Halliday.....	34
Figura 13 - O triângulo mostra a variação (vetorial) da velocidade. Fonte: Resnick e Halliday.....	35
Figura 14 - (a) Vetores velocidade e aceleração. (b) Gráfico Sxt MUV. (c) Gráfico Vxt do MUV. (d) A aceleração a_x tem um valor constante; sua inclinação é zero. Fonte: Resnick e Halliday.....	38
Figura 15 - Queda Livre.....	41
Figura 16 - Coordenadas Polares.....	42
Figura 17 - Variação dos vetores unitários \hat{r} e $\hat{\theta}$	43
Figural 18 - Coordenadas Cilíndricas.....	45
Figura 19 - Coordenadas Esféricas.....	46
Figura 20 - Pista com as marcações verticais e horizontais.....	49
Figura 21 - Pista com papel camurça imitando o asfalto e gramado.....	50
Figura 22 - Aluna fazendo uso da maquete. Apresentação individual.....	52

Figura 23 - Aluna explicando conceitos de cinemática em vídeo editado.....	53
Figura 24 - Exemplo de apresentação com edição de vídeo.....	53
Figura 25 - Aluno fazendo uso de recurso próprio em sua aula.....	53
Figura 26 - Alunos fazendo uso de quadro e maquete em sua aula.....	54
Figura 27 - E-mail de pai de aluno.....	57
Figura 28 - E-mail de aluno.....	57
Figura 29 - Corte longitudinal.....	61
Figura 30 - Marcação horizontal e vertical a cada dez metros.....	62
Figura 31 - Marcação horizontal a cada metro.....	62
Figura 32 - Pista pronta com papel camurça imitando o asfalto e a grama.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: – lista de Verbos de acordo com a Taxonomia SOLO. Fonte: (BIGGS;TANG,2011).....	22
Tabela 2 - Equações que descrevem o movimento retilíneo com aceleração constante. Fonte: Resnick e Halliday.....	40
Tabela 3 – Exemplo do uso de Rubrica de avaliação Fonte: (BIGGS;TANG,2011).....	51
Tabela 4 - Desempenho dos alunos.....	56
Tabela 5 – Desempenho dos alunos em percentual.....	56
Tabela 6 - Desempenho dos alunos que entregaram a atividade, em percentual.....	56
Tabela 7 - Rubrica de avaliação Fonte: (BIGGS;TANG,2011).....	63

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....	12
1.1 – Introdução.....	13
Capítulo 2 – Fundamentação Teórica Pedagógica.....	16
2.1 – O Ensino de Física.....	17
2.2 – A metodologia: Aprendizagem Significativa.....	18
2.3 – Alinhamento Construtivo.....	19
2.4 – Ambiente Virtual de Aprendizagem.....	23
2.5 – Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na educação.....	24
Capítulo 3 – Fundamentos teóricos de Cinemática.....	29
3.1 – Movimento em um Espaço Cartesiano.....	31
3.1.1 – Velocidade média.....	32
3.1.2 – Velocidade Instantânea.....	33
3.1.3 – Velocidade variável.....	35
3.1.4 – Aceleração.....	36
3.1.5 – Aceleração constante.....	38
3.1.6 – Coerência de unidade de medida.....	41
3.1.7 – Corpos em queda livre.....	42
3.1.8 – Equações do movimento de queda livre.....	42
3.2 – Movimento em Coordenadas Polares.....	43
3.3 – Movimento em Coordenadas Cilíndricas.....	46
3.4 – Movimento em Coordenadas Esféricas.....	46
Capítulo 4 – Aplicação do Produto.....	48

4.1 – Materiais e Métodos.....	49
4.2 – Metodologia.....	51
4.3 – Aplicação do Produto.....	52
Capítulo 5 – Conclusão da aplicação do produto.....	55
5.1 – Conclusão da aplicação do produto.....	56
Apêndice I.....	59
Referências.....	65
Anexo – Produto Educacional.....	67

CAPÍTULO 01
INTRODUÇÃO

1.1) INTRODUÇÃO

Nesses últimos anos percebemos um aumento no número de alunos nas turmas de nossa escola, o que de certa forma é uma coisa boa porque isso implica que estamos fazendo um bom trabalho, por outro lado as turmas superlotadas não permitem que os alunos tenham um acompanhamento adequado por parte do professor e ainda há o problema da falta de atenção durante as aulas, pois estamos falando aqui de adolescentes que fazem parte desse mundo cheio de novidades e de fácil comunicação. Precisamos fazer com que eles usem um pouco mais do tempo dentro e fora da escola para aprender, não somente o conteúdo curricular mais também coisas que serão úteis para seu desenvolvimento pessoal e intelectual.

Esta proposta de trabalho centra-se no Ensino de Física do primeiro ano do Ensino Médio, na qual os estudantes se deparam com o conteúdo da Mecânica. Embora os conteúdos para este nível de ensino sejam mais abrangentes, neste trabalho focamos nos conteúdos que englobam o primeiro e o segundo bimestre, são eles: conceitos básicos da cinemática escalar (referencial, posição no espaço, movimento, repouso e ponto material), trajetória, deslocamento, unidades de medida de tempo e espaço, velocidade, notação científica, escalas e medidas e o movimento retilíneo uniforme. Além destes conteúdos que fazem parte da grade curricular, os alunos também foram estimulados a trabalhar em equipe, dividir tarefas, a pesquisar, observar e realizar medições e comparação de escalas, se organizar e a usar sua criatividade para solucionar problemas reais e cumprir metas. Os conteúdos foram abordados através do ensino híbrido, que é uma modalidade de ensino na qual são empregadas várias formas de fazer com que o aluno construa os seus conhecimentos, como por exemplo construir uma maquete, utilizando-se de conhecimentos obtidos com pesquisas na internet, e depois elaborar uma videoaula para melhor explicar os conteúdos que viu na sala de aula para que possa aprender ensinando.

Queremos que esse projeto provoque maior interesse no conhecimento da Física nos alunos, sem o rigor curricular do ensino tradicional de exercícios fictícios e sem nenhum significado para eles. Não tiveram que escrever um trabalho escrito para não perder o foco do lúdico, do fazer e mostrar o que foi aprendido como se em uma conversa entre amigos. Tiveram que fazer uma aula, ensinar aquilo que aprenderam, explicar em um vídeo conceitos que são necessários para aprenderem outros conceitos, ter postura de professor, de alguém que precisa que o outro entenda o que ele está falando.

Acreditamos que quando o aluno explica de forma correta algo que aprendeu ele cria

no seu sistema cognitivo alicerces onde novos conhecimentos relacionados a estes poderão se apoiar e ser rapidamente absorvidos.

Esta proposta de trabalho foi aplicada em uma turma do primeiro ano do ensino médio de uma escola da zona norte de Manaus, localizado no bairro Cidade Nova 1.

Nesse trabalho consideramos três aspectos. Primeiro, a necessidade que temos, como professores de Física, de pensar em abordagens de ensino diferenciadas, que buscassem engajar os alunos na aprendizagem e que esta possa responder a questões de sua vida cotidiana. Isto é, que ele possa ver significado na aprendizagem recebida na escola. Neste sentido, acreditamos que a uma sequência didática com o Ensino Híbrido no estudo de conteúdos da Cinemática possa responder a estas demandas. Segundo, para atendermos às orientações e parâmetros curriculares, é reconhecido nos próprios PCNs que “o ensino de Física tem realizado frequentemente, mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos.”

Segundo as orientações complementares dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs...) “o Ensino de Física deve ser pensado de tal modo que o aluno possa perceber seu significado no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada. Embora não exista uma única forma de alcançar tal objetivo, acreditamos que a proposta de aprendizagem por projetos possa aproximar os alunos dessa aprendizagem mais significativa.”

Por fim, cabe destacarmos que é no primeiro ano do Ensino Médio que, de fato, os alunos lidam com a disciplina de Física no Currículo e que é importante que esse primeiro contato o prepare de forma a despertar seu interesse.

Percebemos, ao longo dos anos, que os alunos que necessitam de mais atenção nas escolas de ensino médio são os que estão chegando nesse nível de ensino. A forma que é apresentada a Física para eles nas primeiras aulas é muito conteudista e pouco interessante, se o professor seguir a ordem de aulas dos livros didáticos. Muitos professores já perceberam isso e buscam formas diferentes de ministrar suas aulas, a que propomos é a abordagem por meio de artefatos didáticos.

Como consta nos PCNs, os “professores de Física se esforçam para que suas aulas não sejam somente na sala de aula com o quadro branco e os pincéis”. Existem nas escolas um laboratório de ciências, com experimentos que são basicamente demonstrativos, ou seja, o professor realiza o experimento e os alunos observam, coisa que eles já fazem na sala de aula. Nossa visão de laboratório sempre foi a de um espaço de criação, de trabalho e não de simples observação. Um lugar onde deixa-se de ser espectador para ser um pesquisador, um idealizador, um construtor de projetos, um solucionador de problemas. Para fazer com que o estudante seja participativo, para que ele se sinta parte de algo importante, se sinta importante para a sociedade. O estudo da física sempre serviu para ser colocado em prática, para transformar a sociedade, melhorar a vida do homem, e não para ser apenas aplicada em uma avaliação de múltipla escolha.

CAPÍTULO 02
FUNDAMENTAÇÃO
TEÓRICA PEDAGÓGICA

2.1) O ENSINO DE FÍSICA

Apresentaremos a seguir as premissas para que o estudo da Física faça parte do currículo escolar para alunos do ensino médio, segundo os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.

Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado.

No entanto, as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido.

2.2) A METODOLOGIA: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para que o aluno possa desenvolver as competências e as habilidades que são propostas nos PCNs, ele deve ser estimulado desde o primeiro ano do ensino médio, de forma que ele perceba significado nos conteúdos e nas tarefas que ele desempenha. Seguindo esses parâmetros o conceito de Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel (2000) nos relata que “A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é *potencialmente* significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa.”

David Paul Ausubel (1918 - 1998) nasceu em Nova York, Estados Unidos, filho de imigrantes judeus, desenvolveu a teoria da Aprendizagem Significativa baseada na aprendizagem cognitiva ou cognitivismo. Esta define a estrutura cognitiva como sendo um conjunto de informações muito bem organizadas. “Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (Moreira,1999). Ou seja, para que um novo conhecimento seja potencialmente absorvido pela estrutura cognitiva ela deve ter onde se apoiar, deve ter um conceito, uma ideia ou proposições com o qual ele se relacione significativamente. A este conceito de apoio Ausubel nomeou de *conceito subsunçor* ou simplesmente subsunçor (do inglês *subsumer*). Sendo assim, para Ausubel “O fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece”. Quando um novo conceito não encontra na estrutura cognitiva nenhuma interação ou um fator de ligação muito tênue para se apoiar o aprendizado torna-se pouco relevante e é rapidamente esquecido pelo aprendiz. Esse processo foi denominado por Ausubel como sendo uma *Aprendizagem mecânica*.

Quando o educador identifica que o estudante tem poucos ou nenhum subsunçor, para que a aprendizagem não se torne mecânica deve ser inserido no processo um argumento, uma curiosidade, uma informação, um vídeo, que facilite a aprendizagem subsequente. Esses argumentos são chamados de *organizadores prévios*. Segundo Moreira (1999) “O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa”.

A aprendizagem significativa pode ser dividida em três tipos que são: representacional, de conceitos e proposicional. Que são perfeitamente resumidas por Moreira (1999)

*A **aprendizagem representacional** é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem, envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os símbolos passam a significar, para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam.*

*A **aprendizagem de conceitos** é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, i.e., representam regularidades em eventos ou objetos.*

*Na **aprendizagem proposicional**, contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, mais sim, aprender o significado de ideias em forma de proposição. De um modo geral, as palavras combinadas em uma sentença para constituir uma proposição representam conceitos. A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora seja pré-requisito), e, sim, o significado das ideias expressas verbalmente por meio desses conceitos sob forma de uma proposição, ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.*

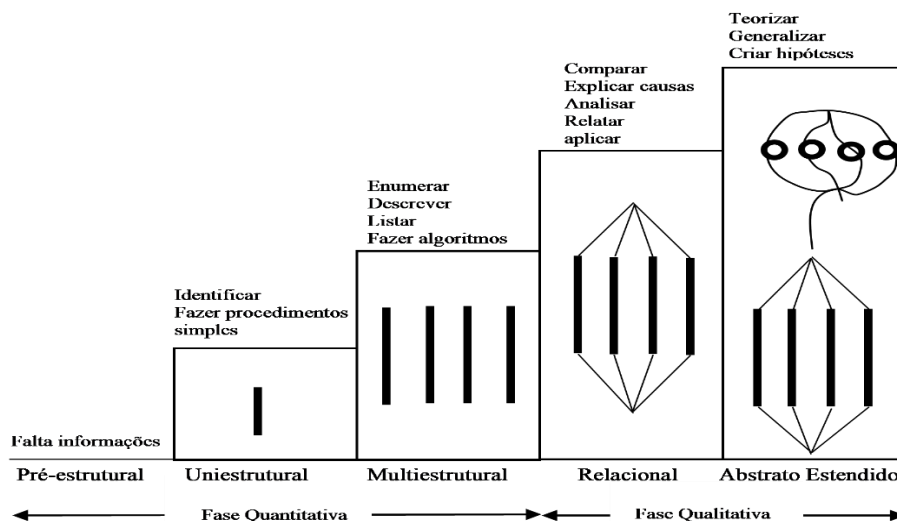
A principal tarefa do professor no uso da aprendizagem significativa é identificar no conteúdo a ser ministrado os assuntos principais e organizar as aulas de forma tal que siga uma ordem hierárquica do menos inclusivo e generalizado até o mais específico. Identificar os subsunçores relevantes que o estudante deve ter para que a aprendizagem seja significativa. Verificar os conhecimentos prévios do aluno. E ensinar fazendo uso de recursos e princípios que facilite a aquisição do conteúdo pelo aprendiz.

2.3) ALINHAMENTO CONSTRUTIVO

Para auxiliar o professor a planejar o processo ensino e aprendizagem, John Biggs (1934-) propôs em uma turma de 82 professores que estudavam como a psicologia poderia

ser aplicada ao ensino que ao invés deles, ao final do curso, escrever sobre o que ele havia falado sobre como aplicar a psicologia à educação, eles é que deveriam escrever sobre como poderiam aplicar a psicologia que conheciam para melhorar suas decisões de ensino, assim nasceu o alinhamento construtivo. (Alinhamento Construtivo - johnbiggs.com.au)

O alinhamento construtivo, como o nome sugere, vem do construtivismo e por isso tem como ator principal do processo o aluno, mas com o professor não somente como um mero mediador do ensino, seu papel é fundamental para definir o que o aprendiz deve fazer para alcançar melhores resultados. Ele define em suas aulas não o que ele deve ensinar, mas o que é importante que o aluno aprenda, que são os *resultados pretendidos da aprendizagem*. Tendo isso definido ele pode planejar as *atividades de ensino e aprendizagem*, de acordo com o nível de resultados pretendidos para aquela turma. E por fim elaborar as *atividades de avaliação*, também levando em consideração os *resultados pretendidos da aprendizagem* de acordo com o nível de aprendizagem desejado e do tipo de conhecimento envolvido, que pode ser *declarativo* (conhecimento sobre um fenômeno, teoria ou um conteúdo específico), ou *funcional* (requer que os alunos resolvam problemas e tomem decisões em contextos específicos). Para orientar o professor para definir o nível dos *resultados pretendidos da aprendizagem* foi desenvolvido por Biggs a Taxonomia SOLO (*Structure of the Observed Learning Outcome*), que traduzida quer dizer: Estrutura dos Produtos de Aprendizagem Observada (Mendonça, 2014). São definidos os níveis de entendimento dos alunos, de acordo com as respostas que pretendemos obter após um conteúdo dado. A Figura 1 mostra que a taxonomia SOLO está dividida em cinco níveis cognitivos e duas fases de mudança de nível. A *quantitativa* define a quantidade de informações e detalhes que o aprendiz demonstra em sua resposta sobre certo assunto, abrange o nível *Pré-estrutural*, *Uniestrutural* e *Multiestrutural*. A *qualitativa* define as interações entre as informações e conceitos para gerar novas estruturas do conhecimento.



Fonte: (BIGGS; TANG, 2011).

Figura 1 – Taxonomia SOLO. (apud MENDONÇA.)

A descrição a seguir toma também como referência o trabalho de Claus Brabrand e Bettina Dahl (2007, apud Mendonça, 2014):

Nível Pré-estrutural. Neste nível, os estudantes demonstram pouca evidência de entendimento sobre um determinado conteúdo. A resposta dos estudantes a um questionamento ou a um problema possui informações dispersas, desorganizadas e até irrelevantes.

Uniestrutural. Neste nível, o estudante é capaz de lidar com um aspecto relevante ou conhecido da pergunta ou problema e usá-lo na produção de uma resposta válida, mas simples. Desta forma, do nível 1 para o 2 percebe-se melhorias no aluno, ele torna-se capaz de discernir informações relevantes e lidar com uma destas informações para abordar o problema. Neste nível, o estudante é capaz de fazer relevantes, mas óbvias, conexões, utilizar terminologias corretas, lembrar-se de fatos, realizar instruções simples, identificar, nomear etc.

Multiestrutural. Do nível 2 para o 3, o estudante é capaz de lidar com uma multiplicidade de informação relevantes. Contudo, estas informações são apresentadas de modo independente, sem as devidas

conexões para a formação do todo... Ele é capaz de enumerar, descrever etc.

Relacional. *No nível 4 vê-se uma melhoria qualitativa, pois o estudante pode agora perceber as relações entre as várias informações e como elas podem se encaixar para formar um todo e, assim, promover uma resposta mais estruturada. O estudante agora vê como muitas árvores em conjunto formam uma floresta. Um aluno pode, assim, comparar, relacionar, analisar, explicar em termos de causa e efeito etc.*

Abstrato Estendido. *Do nível 4 para o 5 nota-se mais melhorias qualitativas à medida que a resposta estruturada do estudante é generalizada e ele torna-se capaz de lidar com informações hipotéticas, que não lhe foram fornecidas. O estudante pode perceber agora a estrutura do conhecimento de muitas perspectivas diferentes podendo produzir diferentes respostas, dependendo da perspectiva e da informação hipotética incluída. Aqui, o estudante pode generalizar, criar hipóteses, teorizar, transferir a teoria para um novo domínio etc.*

A tabela abaixo apresenta os verbos de acordo com cada nível da Taxonomia SOLO.

Abstrato Estendido	Teorizar, criar hipóteses, generalizar, compor, criar, provar a partir de princípios, transferir teoria (para um novo domínio)
Relacional	Aplicar, integrar, analisar, explicar, predizer, concluir, argumentar, caracterizar, comparar, diferenciar, examinar, parafrasear, resolver um problema, resolver um “case” (para o mesmo domínio)
Multiestrutural	Classificar, descrever, listar, ilustrar, selecionar, calcular, sequenciar, separar
Uniestrutural	Memorizar, identificar, reconhecer, contar, definir, corresponder (combinar), nomear, citar, ordenar, copiar

Tabela 1 – lista de Verbos de acordo com a Taxonomia SOLO. Fonte: (BIGGS; TANG, 2011, apud MENDONÇA.)

As *tarefas de avaliação* precisam seguir alguns parâmetros para que estejam alinhadas com o resultado pretendido da aprendizagem que são:

- Estabelecimento dos critérios de avaliação.
- Definição dos tipos de conhecimento envolvidos (declarativo ou funciona).
- Estabelecimento da quantidade de resultados pretendidos da aprendizagem em uma avaliação.

- Definição de um resultado pretendido da aprendizagem se fará presente em mais de uma avaliação.

- Estabelecimento do formato da avaliação.

- Reflexão sobre o tempo gasto na avaliação e se ela é administrável.

Em resumo, os alunos devem saber o que devem fazer e o que está sendo avaliado e a pontuação em cada item de sua avaliação. O professor tem que estabelecer, pelo verbo, se o conhecimento que dever ser trabalhado é declarativo ou funcional, conforme apresentado na Tabela 1. De acordo com a turma estabelecer a quantidade de resultados pretendidos da aprendizagem e o formato da avaliação. E por fim estabelecer o tempo que será gasto para realizar a avaliação, e para isso tem que levar em conta o tempo que o aluno levará para realizá-la e o tempo que o professor levará para corrigi-la.

2.4) AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Um Ambiente Virtual de aprendizagem (AVA) é uma importante ferramenta de interação entre professor-aluno, professor-professor e aluno-aluno. É um espaço on-line criado para funcionar como uma sala de aula, um bom exemplo disso é o Google Sala de Aula, onde existe a possibilidade de gerenciar o ensino e a aprendizagem de uma ou várias turmas ao mesmo tempo, aumentando a comunicação e a colaboração entre professor e aluno. É uma ferramenta simples e fácil de usar, onde o professor pode distribuir materiais de ensino e tarefas, dar notas e fazer avaliações. Proporciona ganho de tempo com o uso de formulários do Google for Education, e o alto padrão de segurança desta plataforma virtual. Pode ser acessado de qualquer dispositivo móvel por aluno e professor. Proporciona a personalização da aprendizagem do aluno agregando outras plataformas para auxiliá-lo.

O Google Sala de Aula pode ser agregado a outras plataformas adaptativas de ensino, como o Khan Academy.

Criado pelo matemático e engenheiro americano Salman Amin Khan, em 2008, o Khan Academy é uma ONG que disponibiliza recursos didáticos gratuitos, como videoaulas, dicas de resolução de exercícios e exercícios, muito usado por escolas públicas e particulares. Começou com videoaulas de matemática e agora disponibiliza os cursos de Matemática, Matemática por Ano, Ciências por Ano, Ciências e Engenharia,

Economia e Finanças e Computação para o mundo todo. No Brasil suas aulas são traduzidas pela Fundação Lemann.

2.5) ENSINO HÍBRIDO: PERSONALIZAÇÃO E TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

Existem várias formas de ensinar, vários métodos comprovadamente eficientes, uns colocando o professor como o centro, a fonte de todo o conhecimento. Estes são classificados como tradicionais e ultrapassados por aqueles que defendem um ensino mais moderno e contemporâneo. Nesses o aluno é o protagonista e o professor não é mais a única fonte de conhecimento, este deixa o protagonismo para o aluno e passa a ser um orientador de ensino e aprendizagem, uma espécie de consultor. E por fim temos o ensino a distância, onde o aluno não tem a presença do professor no mesmo ambiente físico que ele. O projeto de ensino proposto neste trabalho usa um conceito que não é novo, pois faz uso de aulas expositivas, mas também não é ultrapassado, pois faz uso das novas tecnologias de comunicação, não está centralizado no professor e nem no aluno, ambos são protagonistas. Nosso projeto compartilha da ideia de um ensino denominado de híbrido, pois faz uma mistura de todos esses modelos para, de certa forma, personalizar a aprendizagem de cada aluno com o auxílio das novas tecnologias. Essa ideia está exposta no livro “Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na educação.”

Nas palavras dos seus organizadores Lilian Bacich, Adolfo Tanzi Neto e Fernando de Mello Trevisani, “Ele é fruto das reflexões dos coordenadores e professores que participaram do Grupo de Experimentações em Ensino Híbrido desenvolvido pelo Instituto Península e pela Fundação Lemann, cujo objetivo foi levar um grupo de professores a vivenciar novas formas de atuação, planejamento e uso integrado das tecnologias digitais em sala de aula, para que verificassem até que ponto esses encaminhamentos metodológicos poderiam impactar nos resultados esperados em relação ao desempenho de suas turmas”. Nesse modelo fica explícito o papel do professor com sendo essencial no processo de aprendizado de cada aluno, de modo que após ter conhecimento parcial da potencialidade de cada um, é possível fazer atividades diferenciadas, como por exemplo lançar um desafio para que os alunos mais empenhados e estudos e exercícios para os que estão com dificuldades na disciplina. Isto também serve para construir a autonomia do aluno, para que ele possa se acostumar a ser protagonista do processo de aprendizado de sua vida escolar e pessoal.

O processo de aprendizagem de um indivíduo não é uma coisa simples, “podemos ensinar e aprender de inúmeras formas, em todos os momentos, em múltiplos espaços. Híbrido é um conceito rico, apropriado e complicado”, (Bacich, Tanzi Neto e Trevisani, 2015). O termo significa misturado, que é o que ocorre com o processo de ensino e aprendizagem de um jovem, que nesses tempos tem muito mais informações disponíveis, e em qualquer lugar, desde que tenha acesso à internet. Existe ainda outras fontes de informações como por exemplo a escola, a família e amigos. Aprendemos conversando, lendo livros, vendo um filme, uma peça teatral, assistindo televisão etc. Toda essa mistura de fontes de informação é que torna a aprendizagem naturalmente híbrida. A proposta deste trabalho é a de que todos esses meios possam ser introduzidos pela escola para que o aprendiz possa se sentir apoiado e acompanhado quando estiver na escola ou em sua casa fazendo atividades escolares com a possibilidade de poder assistir a uma videoaula para tirar suas dúvidas. E a escola pode participar não somente do projeto acadêmico deste jovem, mas do seu projeto de vida também, com orientações mais personalizadas.

A personalização do ensino já é realizada em alguns países do mundo, com realidade bem diferente da nossa. Segundo o norte americano Michael Horn, cofundador do Instituto Clayton Christensen de Inovação Disruptiva, em uma entrevista à revista *Forvir* (2014):

*Temos visto distritos do país inteiro se engajarem mais profundamente com o ensino híbrido. A cidade de Nova York, Houston, Miami Dade... São grandes distritos que estão fazendo dessa metodologia o centro de sua estratégia de transformação. Em uma escala menor, temos outros, como o **Quakertown Public Schools in Pennsylvania**. Temos também a **Florida Virtual School**, que é um distrito de escolas públicas que está servindo centenas de milhares de estudantes não só na Flórida, mas no mundo. Existem alguns sinais de esperança.*

Segundo o Site *Blended Learning Universe*, nessas escolas que adotam essa modalidade de ensino, onde os alunos são acompanhados de forma mais personalizada, pelo menos um dos modelos, descritos da Figura 2 a Figura 8, é aplicado.

Rotação por Estação

O modelo de Rotação por Estação permite que os estudantes rotacionem através das estações em um horário fixo, no qual pelo menos uma das estações é uma estação de aprendizagem online. Este modelo é mais comum em escolas primárias porque os professores já estão familiarizados com a rotação em "centros" ou em estações.

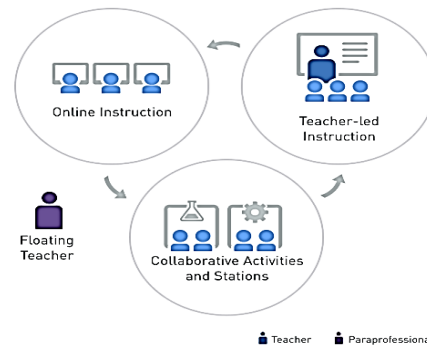


Figura 2 - Rotação por estação. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Laboratório Rotacional

O modelo Laboratório Rotacional, assim como a Rotação por Estação, permite que os estudantes rotacionem através das estações em um horário fixo. No entanto, neste caso, a aprendizagem on-line ocorre em um laboratório de informática. Este modelo permite acordos de horários flexíveis entre professores e outros paraprofissionais, e permite que as escolas façam uso dos laboratórios de informática existentes.

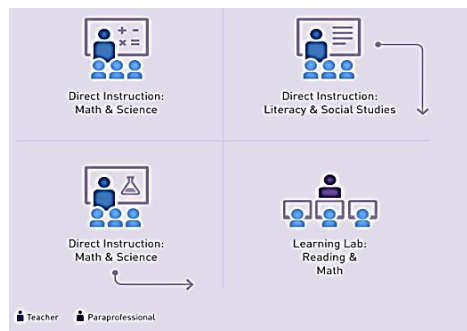


Figura 3 - Laboratório Rotacional. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Rotação Individual

O modelo de Rotação Individual permite que os alunos rotacionem através das estações, mas em horários individuais definidos por um professor ou algoritmo de software. Ao contrário dos outros modelos de rotação, os estudantes não necessariamente rotacionam para cada estação; eles rotacionam apenas para as atividades programadas em suas listas de reprodução.

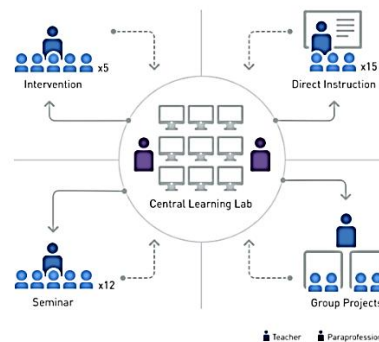


Figura 4 - Rotacional Individual. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Sala de Aula Invertida

O modelo de Sala de Aula Invertida inverte a relação tradicional entre o tempo de aula e dever de casa. Os estudantes aprendem em casa através de cursos e aulas on-line, e os professores usam o tempo de aula para práticas ou projetos orientados pelo professor. Este modelo permite que os professores usem o tempo de aula para mais do que dar aulas tradicionais.

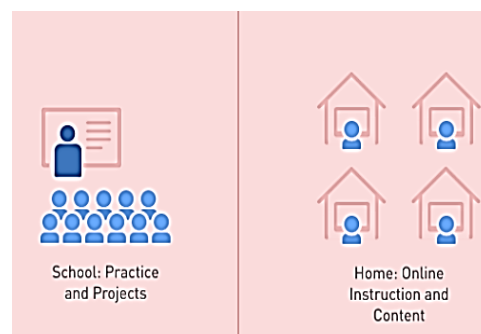


Figura 5 - Sala de Aula Invertida. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Flex

O modelo Flex permite que os estudantes se movam em horários fluidos entre as atividades de aprendizagem de acordo com suas necessidades. A aprendizagem on-line é a espinha dorsal da aprendizagem do estudante em um modelo Flex. Os professores fornecem apoio e instrução numa base flexível, conforme a necessidade enquanto os estudantes trabalham através do currículo e do conteúdo do curso. Este modelo pode dar aos estudantes um alto grau de controle sobre sua aprendizagem.

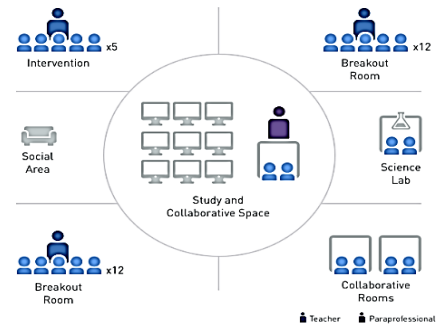


Figura 6 - Flex. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

A La Carte

O modelo A La Carte permite que os estudantes façam um curso on-line com um professor online além de outros cursos presenciais, que muitas vezes proporcionam aos estudantes mais flexibilidade sobre seus horários. Os cursos La Carte podem ser uma ótima opção quando as escolas não podem oferecer oportunidades de aprendizagem específicas, como uma Colocação Avançada ou cursos eletivos, tornando este um dos modelos mais populares em escolas secundárias híbridas.



Figura 7 - A La Carte. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Virtual Enriquecido

O modelo Virtual Enriquecido é uma alternativa à escolas on-line em tempo integral que permite que os estudantes conclua a maioria dos cursos on-line em casa ou fora da escola, mas frequentando a escola para sessões obrigatórias de aprendizagem presenciais com um professor. Ao contrário da Sala de Aula Invertida, os programas em Virtual Enriquecido geralmente não exigem presença diária na escola; alguns programas podem apenas exigir a presença duas vezes por semana, por exemplo.

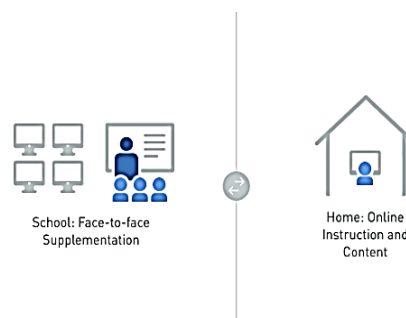


Figura 8 - Virtual Enriquecido. fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

O que foi aplicado no Brasil pela Fundação Lemann e Pelo Instituto Península foi uma adaptação desses planos de aula para a nossa realidade.

O Ensino Híbrido já é realidade em escolas brasileiras, conforme noticiado em jornais, “Em 2015, o Colégio Prudente de Moraes começou a implementação dessas metodologias inovadoras (Ensino Híbrido e Sala de Aula Invertida), quando iniciou a

preparação dos professores neste novo formato de educação. No ano seguinte, implantou as ferramentas do *Google for Education*, capacitou sua equipe de professores e coordenadoras e adquiriu *chromebooks* para serem utilizados em sala de aula...Os professores do Colégio Prudente já implementaram as novas metodologias em sala de aula. Eles perceberam que todos os alunos ficam comprometidos e motivados com essa nova forma de aprender, assim como os professores em ensinar”. Lina Nonaka (Estadão - 28 de março de 2018). O uso da tecnologia na educação não pode mais ser privilégio das escolas particulares ou de algumas que fazem parte da rede pública ela deve ser democratizada.

CAPÍTULO 3
FUNDAMENTOS
TEÓRICOS DE CINEMÁTICA

3.1) MOVIMENTO EM UM ESPAÇO CARTESIANO

A parte da Física que estuda o movimento dos objetos é a Mecânica, que está dividida em Cinemática e Dinâmica. A descrição desses movimentos, sem a preocupação de identificar o que deu origem a eles, é objeto de estudo da Cinemática. Quando identificamos as forças que estão associadas aos movimentos e às particularidades dos móveis, então, entramos na parte da Mecânica denominada de Dinâmica. Neste capítulo apresentaremos a parte da Cinemática que trata dos movimentos bidimensionais e tridimensionais.

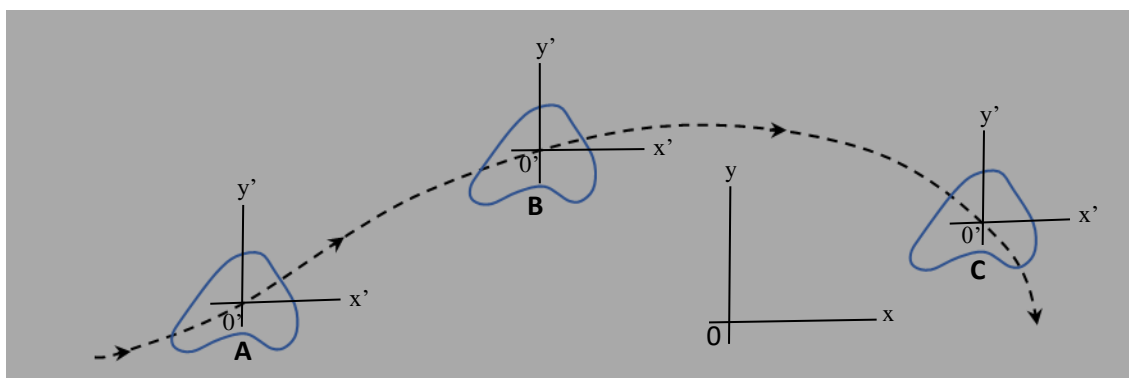


Figura 9 - Movimento de translação de um objeto. a translação pode ocorrer em três dimensões, mas, para simplificar, são mostradas apenas translações em duas dimensões. Fonte: Resnick e Halliday (pag.31)

Para começar o estudo da cinemática é necessário definir alguns parâmetros, começaremos com o móvel. O modelo mais simples de móvel é a partícula, que é um objeto sem dimensões e por isso não vibra e nem gira. Matematicamente é tratada como ponto. Um corpo que possui dimensões significativas, mas que possui apenas translação, suas dimensões não interferem no sistema são classificados como *ponto material* e podem ser tratados como partícula.

A figura 9 mostra um exemplo de translação de um corpo movendo-se em um plano do ponto A para o B e depois para o C. Podemos perceber que todos os pontos desse corpo movem-se descrevendo a mesma trajetória e os deslocamentos são iguais entre si, portanto esse corpo pode ser tratado como partícula pois, a descrição do movimento de um ponto desse corpo descreve o movimento do corpo todo. Podemos definir o vetor posição **r** (os vetores não serão apresentados sob uma seta, como de costume, mas em negrito, por conveniência, seguindo a nomenclatura de Resnick e Halliday, 1986) do móvel que se move em um espaço tridimensional usando as coordenadas cartesianas da seguinte forma:

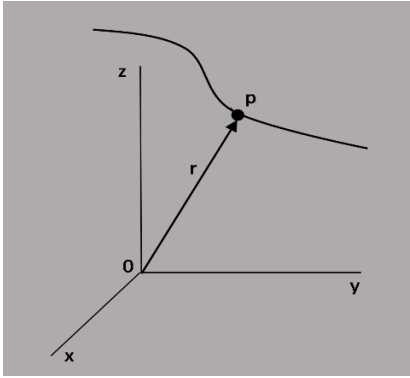


Figura 10 - Vetor posição. Fonte: Santos.

$$\mathbf{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

Onde as funções escalares, $x = x(t)$, $y = y(t)$, e $z = z(t)$ são as coordenadas do ponto P da Fig.10 no espaço euclidiano. E \hat{i} , \hat{j} e \hat{k} são vetores unitários e fixos dos eixos Ox , Oy e Oz , respectivamente.

3.1.1) VELOCIDADE MÉDIA

Como deslocamento, velocidade e aceleração são grandezas vetoriais tridimensionais, no entanto, ficam melhores representadas se usarmos a representação vetorial em duas dimensões, a extensão para três dimensões não é complicada. E faremos isso mais tarde.

Velocidade é a rapidez com a qual um móvel muda sua posição no espaço em relação a um referencial ou sistema de referência, em outras palavras é a razão entre o seu deslocamento e o tempo decorrido. Podemos representar, conforme a Fig.9, a posição **A** de uma partícula em um sistema de referência xOy em um instante t_1 pelo vetor \mathbf{r}_1 .

Em um instante t_2 ela está na posição **B** que pode ser representada pelo vetor posição \mathbf{r}_2 . Sendo assim, podemos definir o vetor deslocamento $\Delta\mathbf{r} (= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1)$ e o intervalo de tempo por $\Delta t (= t_2 - t_1)$. A *velocidade média* da partícula, neste intervalo de tempo, é definida por

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\text{deslocamento (vetor)}}{\text{intervalo de tempo (escalar)}} \quad (3-1)$$

O traço em cima da grandeza indica valor médio dessa grandeza. Como a velocidade média foi obtida a partir da razão entre o vetor deslocamento pelo tempo, que é uma grandeza escalar, sua direção e sentido é a mesma do vetor deslocamento $\Delta\mathbf{r}$ e seu módulo (valor numérico) é dado por $|\Delta\mathbf{r}/\Delta t|$, conforme a Eq. 3-1. Sua unidade de medida é

comprimento por tempo, que pode ser metro por segundo (m/s) ou quilômetro por hora (km/h).

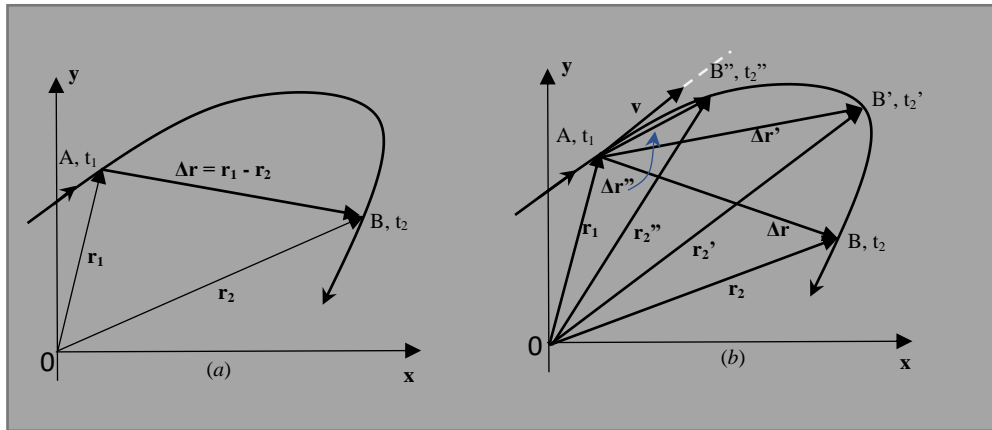


Figura 11 - (a) uma partícula move-se de **A** para **B** no intervalo de tempo $\Delta t (= t_2 - t_1)$, efetuando um deslocamento $\Delta r (= r_2 - r_1)$. A velocidade média \bar{v} entre **A** e **B** está dirigida segundo Δr . (b) Quando **B** se move no sentido de **A**, a velocidade média aproxima-se da velocidade instantânea **v** em **A**; **v** é tangente à trajetória em **A**. Fonte: Resnick e Halliday (pag.32)

Para definir a velocidade média \bar{v} não importa se a trajetória é retilínea ou não, se o móvel parou, aumentou ou diminuiu sua velocidade durante o trajeto, por ser um valor médio, o que conta é somente a posição inicial, a final e o tempo total do evento.

Ao analisarmos o que ocorre com a velocidade em pontos intermediários entre os pontos **A** e **B** da trajetória descrita na Fig.11a, podemos ter mais detalhes sobre movimento. Se entre dois pontos quaisquer dessa trajetória encontrássemos o mesmo valor para a velocidade (velocidade constante) e a mesma direção (movimento retilíneo) então poderíamos afirmar que o móvel estaria se deslocando em Movimento Retilíneo Uniforme nesse trecho da trajetória.

3.1.2) VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Fazendo uma outra análise da Fig.11a em diferentes intervalos de tempo menores que $t_2 - t_1$ e que essas velocidades sejam diferentes entre si, nesses intervalos de tempo a partícula move-se com velocidade variável, podemos então determinar a velocidade em cada instante e denominá-la como *velocidade instantânea*. Os resultados dessa análise estão representados na Fig.11b.

Fazendo com que o ponto **B** se aproxime do ponto **A**, sendo esses pontos **B'** e **B''**, correspondentes aos instantes t_2' e t_2'' os respectivos vetores posição são representados, conforme a Fig.11b, pelos vetores r_2' e r_2'' , logo esses deslocamentos podem ser

representados pelos vetores $\Delta \mathbf{r}'$ e $\Delta \mathbf{r}''$, esses vetores diminuem a medida que esses pontos se aproximam de A, e suas direções, que são diferentes, ficam cada vez mais próximas da direção do vetor $\Delta \mathbf{r}$, os intervalos de tempo $\Delta t (= t_2 - t_1)$, $\Delta t' (= t_2' - t_1)$ e $\Delta t'' (= t_2'' - t_1)$ também diminuem.

Continuando com esse processo, chegando a valores cada vez menores para os intervalos de tempo e espaço, o ponto B ficando muito próximo do A, o vetor deslocamento tende a ter a mesma direção da tangente no ponto A e o intervalo de tempo tende a zero. A velocidade \mathbf{v} para o limite em que o intervalo de tempo tende a zero da razão $\Delta \mathbf{r}/\Delta t$ é chamada de *velocidade instantânea* da partícula na posição A, ou ainda a velocidade do móvel no instante t. E pode ser representada pela seguinte expressão

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (3-2)$$

Quanto mais $\Delta \mathbf{r}$ se aproxima de zero mais o vetor velocidade \mathbf{v} se aproxima da direção tangente ao ponto A, então podemos concluir que a direção do vetor velocidade instantânea no ponto A tem direção tangente a esse ponto. Essa expressão também pode ser definida pelo Cálculo Diferencial e $\Delta \mathbf{r}/\Delta t$, da Eq.3.2, quando Δt tende a zero equivale a $d\mathbf{r}/dt$, logo,

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (3-3)$$

onde

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$$

Seu valor numérico, ou valor absoluto é chamado de *velocidade escalar instantânea*, v .

$$v = |\mathbf{v}| = |d\mathbf{r}/dt|. \quad (3-4)$$

Nesta expressão temos que fazer duas observações. A primeira é que v é um valor absoluto, uma quantidade numérica. A segunda é que a derivada do deslocamento é um termo do Cálculo que foi inventado pela Física para ser ferramenta essencial para solucionar problemas da Mecânica (Resnick e Halliday, 1983).

3.1.3) VELOCIDADE VARIÁVEL

Podemos descrever a velocidade \mathbf{v} de uma partícula movendo-se em duas dimensões, e depois facilmente pode ser demonstrado para três dimensões, através de suas componentes x e y em um plano xOy , conforme a Fig.12.

A Fig.12a mostra a posição de uma partícula que se move no plano xOy , seguindo uma trajetória qualquer. A posição desta partícula no instante t é dada pelo vetor \mathbf{r} , este vetor pode ser escrito pela soma vetorial de seus componentes na direção Ox , representada pelo vetor unitário $\hat{\mathbf{i}}$, e na direção Oy , representado pelo vetor unitário $\hat{\mathbf{j}}$, sendo

$$\mathbf{r} = x\hat{\mathbf{i}} + y\hat{\mathbf{j}}, \quad (3-5)$$

O que nos permite, também, determinar a velocidade descrita na Eq.3-2 fazendo uso da Eq.3-5, sendo assim seu resultado fica,

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\hat{\mathbf{i}} + \frac{dy}{dt}\hat{\mathbf{j}},$$

e pode ser expressa como:

$$\mathbf{v} = v_x\hat{\mathbf{i}} + v_y\hat{\mathbf{j}} \text{ (movimento em duas dimensões)}, \quad (3-6)$$

onde $v_x (= dx/dt)$ e $v_y (= dy/dt)$ são os componentes (escalares no plano xOy) do vetor \mathbf{v} .

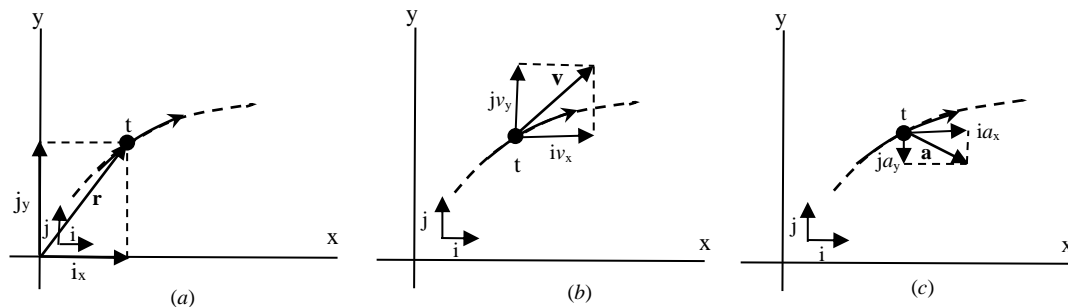


Figura 12 - Uma partícula no instante t tem (a) uma posição descrita por \mathbf{r} , (b) velocidade instantânea \mathbf{v} e (c) uma aceleração instantânea \mathbf{a} . Os componentes vetoriais $x\hat{\mathbf{i}}$ e $y\hat{\mathbf{j}}$ da Eq.3-5, $v_x\hat{\mathbf{i}}$ e $v_y\hat{\mathbf{j}}$ da Eq.3-5 e $a_x\hat{\mathbf{i}}$ e $a_y\hat{\mathbf{j}}$ da Eq.3-11 são também mostrados, como o são os vetores $\hat{\mathbf{i}}$ e $\hat{\mathbf{j}}$. Fonte: Resnick e Halliday (pag.34)

A representação em três dimensões do vetor velocidade \mathbf{v} em relação ao vetor \mathbf{r} será dada por $\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = d\mathbf{r}/dt$, e pode ser escrita da seguinte forma em três dimensões:

$$\mathbf{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

$$\mathbf{v} = \dot{x}\hat{i} + \dot{y}\hat{j} + \dot{z}\hat{k} \quad (3-7)$$

sendo

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}; \quad \dot{y} = \frac{dy}{dt}; \quad \dot{z} = \frac{dz}{dt}$$

que são as componentes escalares $v_x = \dot{x}$, $v_y = \dot{y}$, e $v_z = \dot{z}$ do vetor \mathbf{v} .

Podemos agora determinar o movimento em uma dimensão se considerarmos que o móvel se desloca apenas na direção $0x$, sendo assim $v_y = 0$ e $v_z = 0$, logo a Eq.3-7 pode ser escrita como,

$$\mathbf{v} = v_x\hat{i} \text{ (movimento unidimensional)}. \quad (3-8)$$

Sendo v_x o componente escalar da velocidade na direção $0x$, o vetor unitário \hat{i} tem a orientação positiva, então se \mathbf{v} estiver nesse sentido temos, v_x igual a $(+v)$ e se estiver no sentido oposto então será $(-v)$. Portanto no movimento unidimensional só temos uma direção e dois sentidos, o positivo e o negativo, para o movimento bidimensional e tridimensional o sentido negativo do vetor velocidade \mathbf{v} será definido pelo negativo do vetor deslocamento \mathbf{r} .

3.1.4) ACELERAÇÃO

A aceleração é a rapidez com a qual a velocidade varia em relação a um referencial. Essa variação pode ocorrer no valor numérico (módulo) ou na direção, ou em ambos. Pode ser dada numericamente pela razão entre a variação da velocidade pelo intervalo de tempos.

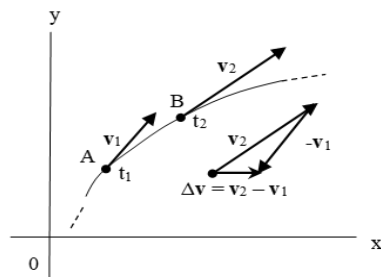


Figura 13 - Uma partícula tem velocidade \mathbf{v}_1 no ponto A e move-se para o ponto B, onde sua velocidade é \mathbf{v}_2 . O triângulo mostra a variação (vetorial) da velocidade $\Delta\mathbf{v} (= \mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)$ experimentada pela partícula quando ela se move de A para B. Fonte: Resnick e Halliday (pag.37)

A Fig.13 mostra uma partícula se movendo em um sistema de coordenadas xOy . No instante t_1 , ela está no ponto **A** com velocidade instantânea \mathbf{v}_1 e no instante t_2 está na posição **B** com velocidade instantânea \mathbf{v}_2 . Podemos definir a aceleração média, $\bar{\mathbf{a}}$, por

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} \quad (3-9)$$

Sua unidade de medida é a razão entre a unidade de medida de velocidade (m/s) e a de tempo (s), que fica m/s^2 .

Tal qual a velocidade média que era definida apenas pela diferença dos vetores posição \mathbf{r}_2 e \mathbf{r}_1 e do intervalo de tempo, sem se importar com o que acontecia entre eles, assim também ocorre para determinar a aceleração média $\bar{\mathbf{a}}$, que é definida pela Eq. 3-9, sem levar em conta com o que ocorre com as velocidades da partícula depois que sai do ponto **A**, com velocidade \mathbf{v}_1 e antes dela chegar ao ponto **B** com a velocidade \mathbf{v}_2 .

Fazendo uma análise do que pode acontecer com o vetor aceleração entre os pontos A e B de uma trajetória qualquer, começamos supondo que ela não varie nem em seu módulo e nem em sua direção, teremos, portanto, uma *aceleração constante*, logo a variação da velocidade em relação ao tempo é uniforme em módulo direção e sentido. De outro modo se o vetor velocidade não variar, teremos *aceleração nula*. Mas se o vetor aceleração estiver variando durante todo o trajeto, em módulo, ou em direção ou em ambos, então temos que defini-lo em cada ponto da trajetória, ou seja, definir a *aceleração instantânea*, que pode ser escrita da seguinte forma:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\mathbf{r}}{dt} \right) = \ddot{\mathbf{r}} \quad (3-10)$$

Isto significa que a *aceleração* \mathbf{a} em um determinado instante t é definida pelo limite que a variação da velocidade $\Delta \mathbf{v}$ diminui à medida que o intervalo de tempo Δt tende a zero. A direção de \mathbf{a} é a mesma de $\Delta \mathbf{v}$ no limite que ela tende a zero e o seu módulo é dado por $a = |\mathbf{a}| = |d\mathbf{v}/dt| = |\ddot{\mathbf{r}}|$

O caso clássico de aceleração constante ocorre quando a velocidade varia seu módulo uniformemente com o tempo, mas sua direção permanece a mesma. Outro caso, diferente deste, ocorre quando a velocidade não varia seu módulo em uma trajetória circular, mas sua direção muda constantemente, neste caso a velocidade é variável, pois sua direção não é constante.

Assim como definimos a velocidade para o movimento em duas dimensões, fazendo uso da Fig.12, também o faremos a extensão tridimensional para a aceleração,

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\hat{\mathbf{i}} + \frac{dv_y}{dt}\hat{\mathbf{j}} + \frac{dv_z}{dt}\hat{\mathbf{k}},$$

ou

$$\mathbf{a} = a_x\hat{\mathbf{i}} + a_y\hat{\mathbf{j}} + a_z\hat{\mathbf{k}} \quad (3-11)$$

ou

$$\mathbf{a} = \dot{v}_x\hat{\mathbf{i}} + \dot{v}_y\hat{\mathbf{j}} + \dot{v}_z\hat{\mathbf{k}}$$

ou

$$\mathbf{a} = \ddot{x}\hat{\mathbf{i}} + \ddot{y}\hat{\mathbf{j}} + \ddot{z}\hat{\mathbf{k}} \quad (3-12)$$

onde $a_x (= dv_x/dt)$, $a_y (= dv_y/dt)$ e $a_z (= dv_z/dt)$ são os componentes escalares da aceleração \mathbf{a} estendida da Fig.14a. (Resnick e Halliday, 1983) para três dimensões.

Para o movimento em uma única direção, escolhemos a direção 0x, fazendo $a_x = 0$ e $a_y = 0$, podemos escrever a aceleração unidimensional como,

$$\mathbf{a} = a_x\hat{\mathbf{i}} \quad (3-13)$$

Sendo $\hat{\mathbf{i}}$ o vetor unitário que aponta no sentido positivo do eixo 0x, a_x terá sentido positivo e sentido negativo para o sentido oposto.

3.1.5) ACELERAÇÃO CONSTANTE

Consideremos uma partícula movendo-se com aceleração constante em linha reta na direção do vetor \mathbf{r} , sendo assim a aceleração média é igual a aceleração instantânea medida em qualquer ponto da trajetória. Se medirmos a velocidade em dois pontos arbitrários da trajetória, sendo $t_1 = 0$ o instante do primeiro ponto, \mathbf{r}_0 , e $t_2 = t$ o instante do segundo ponto, x . Consideremos \mathbf{v}_0 o vetor velocidade no primeiro e \mathbf{v} a velocidade no segundo, sendo assim podemos da Eq.3-9, fazer,

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - 0}$$

ou

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t. \quad (3-14)$$

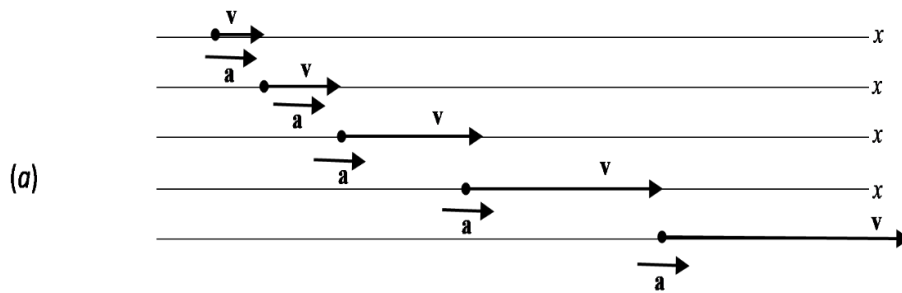
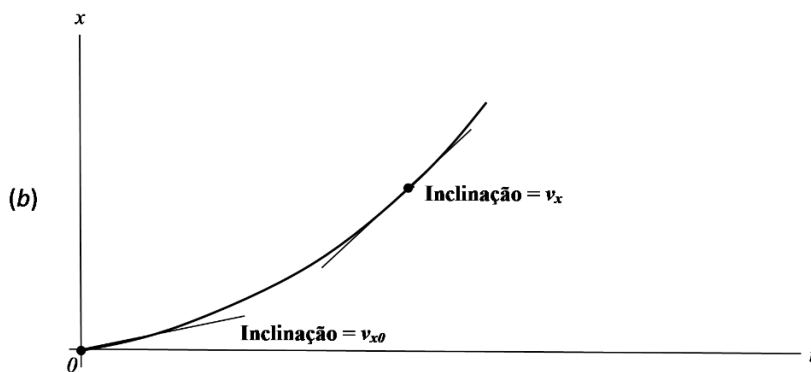
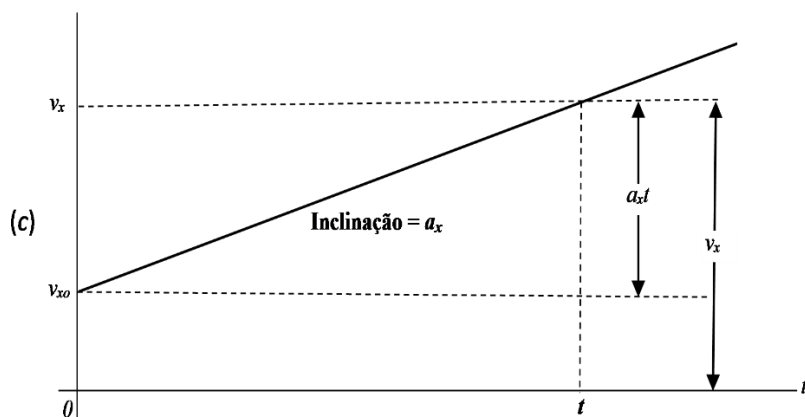


Figura 14. Fonte: Resnick e Halliday (pag.39)

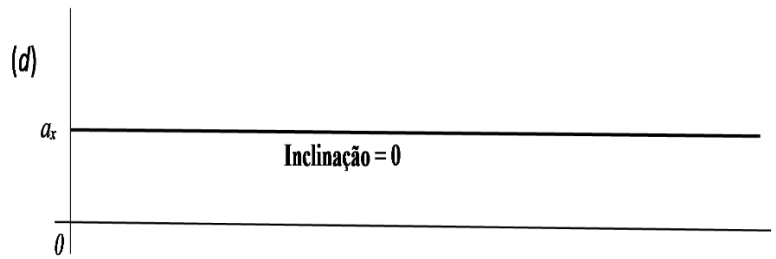
(a) Cinco "instantâneos" sucessivos do movimento retilíneo com aceleração constante. As setas nas esferas representam v ; as que estão por baixo representam a .



(b) O deslocamento aumenta quadraticamente, de acordo com $x = v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2$. Sua inclinação aumenta uniformemente e em cada instante tem o valor v_x , a velocidade.



(c) A velocidade v_x cresce uniformemente de acordo com $v_x = v_{x0} + a_x t$. Sua inclinação é constante e em cada instante tem o valor a_x , a aceleração.



(d) A aceleração a_x tem um valor constante; sua inclinação é zero.

Para demonstrar as outras equações que regem o movimento unidimensional verificamos que a Eq.3-13 descreve uma linha reta em um gráfico $v_x t$ na Fig.14c, isso significa que o movimento é uniformemente variado e nesse caso podemos definir a velocidade média \bar{v}_x como sendo a média aritmética da velocidade nos instantes t_0 e t .

$$\bar{v}_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2}. \quad (3-15)$$

Podemos definir a posição da partícula no instante t , sabendo a posição inicial e a velocidade média por

$$v_x = v_{x0} + a_x t.$$

Substituindo a Eq.3-15 nessa expressão, temos

$$x = x_0 + \left(\frac{v_{0x} + v_x}{2}\right)t. \quad (3-16)$$

Agora podemos definir a posição do móvel no instante t se conhecermos a posição inicial, x_0 , a velocidade inicial, v_{0x} e a velocidade nesse instante, que pode ser obtida fazendo uso da Eq.3-13, portanto podemos inseri-la na Eq.3-16, e teremos

$$x = x_0 + \left(\frac{v_{0x} + v_{x0} + a_x t}{2}\right)t.$$

Que podemos escrever da seguinte forma

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2. \quad (3-17)$$

Podemos reorganizar a Eq.3-13 para definir o tempo t e depois substituí-la na Eq.3-16 para obtermos v_x com a seguinte expressão

$$v_x^2 = v_{x_0}^2 + 2a_x(x - x_0). \quad (3-18)$$

A tabela abaixo (Tab.2) lista as equações que regem o movimento de uma partícula em uma dimensão.

Equação Número	Equação	Variáveis			
		x	v_x	a_x	t
4-11	$v_x = v_{xo} + a_x t$	x	√	√	√
4-13	$x = x_o + \frac{1}{2}(v_{ox} + v_x)t$	√	√	x	√
4-14	$x = x_o + v_{ox} t + \frac{1}{2} a_x t^2$	√	x	√	√
4-15	$v_x^2 = v_{x_o}^2 + 2a_x(x - x_o)$	√	√	√	x

Tabela 2 - Equações que descrevem o movimento retilíneo com aceleração constante. Fonte: Resnick e Halliday (pag.41)

(A posição x_o e a velocidade v_{xo} no instante inicial $t = 0$ são as condições iniciais)

O movimento em que a aceleração é nula, $a_x = 0$, é uma particularidade do sistema de equações da Tab.2, implica em $v_x = v_{ox}$, e na equação $x = x_o + v_{ox} t$, que define o deslocamento da partícula em movimento unidimensional com velocidade constante.

3.1.6) COERÊNCIA DE UNIDADES DE MEDIDA

É importante entender que as equações da Tab.2 não devem ser memorizadas e sim ter a compreensão que elas fazem parte de um sistema que deve ser entendido, devemos saber qual a origem de cada equação e qual a sua finalidade, depois que chegamos a essa compreensão, através da resolução de alguns exercícios, então as equações serão fáceis de serem lembradas, ou deduzidas.

Outro fato importante para o entendimento deste capítulo é que antes de usarmos uma equação, para verificar se de fato ela está correta é analisarmos se suas unidades de medida estão coerentes. Se estamos determinando a posição de um móvel então a unidade de medida é a de comprimento, o metro por exemplo, m, ou se estamos determinando o tempo sua unidade de medida pode ser o segundo, s, então se o que queremos determinar é o valor de uma velocidade sua unidade de medida, coerente com as do espaço e tempo deve ser o de comprimento pelo tempo, o m/s. E se for aceleração deve ser o m/s^2 . Como exemplo podemos analisar a Eq.3.18 que determina velocidade ao quadrado $(m/s)^2$. O termo $a_x(x - x_o)$ tem que dar $m^2/s^2 = (m/s)^2$,

$$\text{Aceleração x comprimento} = \frac{\text{comprimento/tempo}}{\text{tempo}} \times \text{comprimento} = \frac{\text{comprimento}^2}{\text{tempo}^2}$$

Ou

$$(L/T)/T \times L = L^2/T^2 = (L/T)^2$$

Comprovando que a equação está dimensionalmente correta.

3.1.7) CORPOS EM QUEDA LIVRE

No estudo dos fenômenos físicos muitas vezes temos que criar modelos perfeitos para podermos explicar melhor certos eventos, como a queda de uma fruta de uma árvore, por exemplo. Podemos determinar a velocidade com a qual ela chegará ao solo, basta que consideremos a aceleração com a qual ela cai como sendo constante, e desconsiderar a existência da resistência do ar. A este modelo chamamos de “queda livre”.

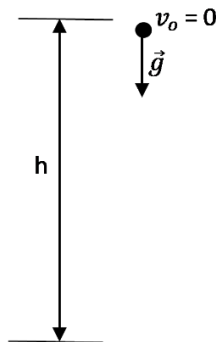


Figura 15 - Queda Livre

Um corpo em queda livre se move com velocidade variável, a aceleração é chamada de aceleração da gravidade e é representada por \mathbf{g} , em pequenas altitudes, como o galho de uma árvore, por exemplo. Sua variação é insignificante e seu valor pode ser considerado constante e aproximadamente igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

3.1.8) EQUAÇÕES DO MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE

As equações do movimento em queda livre são as mesmas do movimento com aceleração constante em uma dimensão, sendo que a direção do movimento é a vertical. Se adotarmos o eixo $0y$ com origem no solo, seu sentido positivo será de baixo para cima, como a aceleração da gravidade \mathbf{g} é um vetor que aponta para o centro da terra, ou seja, de cima para baixo, aponta no sentido negativo de $0y$, porém a orientação de $0y$ poderá ser convenientemente invertida para facilitar a resolução de alguns problemas.

Fazendo a mudança de eixo do nosso referencial de $0x$ para $0y$ e $y_0 = 0$, as equações de movimento listadas na Tab.2 podem ser escritas da seguinte forma,

$$v_y = v_{y0} + a_y t$$

$$y = \frac{1}{2}(v_{0y} + v_y)t$$

$$y = v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$v_y^2 = v_{y0}^2 + 2a_y y$$

podemos ainda substituir a aceleração a_y por $-g$, que é o módulo da aceleração da gravidade.

3.2) MOVIMENTO EM COORDENADAS POLARES

Alguns movimentos, como o retilíneo, o mais adequado é utilizar as coordenadas cartesianas, porém em outras situações há mais facilidade de modificarmos o sistema de coordenadas, vamos agora definir alguns elementos da cinemática como os vetores deslocamento, velocidade e aceleração em outros sistemas, e começaremos com o polar bidimensional, que está descrito na Fig.16.

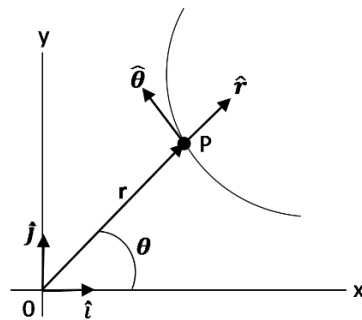


Figura 16 - Coordenadas Polares. Fonte: Santos.

A posição P da Fig.16 pode ser definida pelo vetor posição \mathbf{r} ($= P - 0$) e pelo ângulo θ que \mathbf{r} faz com o eixo $0x$. O vetor \mathbf{r} já foi definido na Eq. 3-5, mas podemos aqui definir seus componentes na direção x e y por

$$\left. \begin{matrix} r_x = r \cos \theta \\ r_y = r \sin \theta \end{matrix} \right\} \leftrightarrow \theta = \arctan \left(\frac{r_y}{r_x} \right) \quad (3-19)$$

Em coordenadas polares os vetores unitários são \hat{r} e $\hat{\theta}$, podemos verificar que o vetor posição \mathbf{r} é então definido como

$$\mathbf{r} = r\hat{r} \quad (3-20)$$

Diferente dos unitários cartesianos \hat{i} e \hat{j} que são fixos, os unitários polares variam com o tempo em direção e sentido conforme a Fig.17.

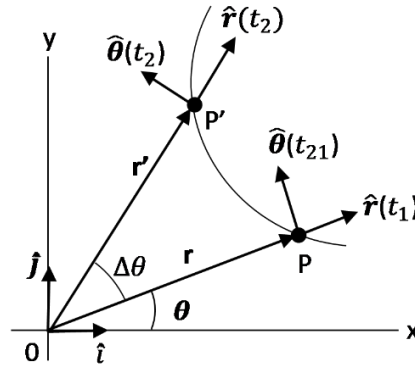


Figura 17 - Variação dos vetores unitários \hat{r} e $\hat{\theta}$. Fonte: Taylor.

Sendo $\Delta\theta$ diferente de zero e Δt muito pequeno, podemos definir que a variação do vetor unitário $\Delta\hat{r}$ é aproximadamente

$$\begin{aligned} \Delta\hat{r} &\approx \Delta\theta\hat{\theta} \\ \Delta\hat{r} &\approx \dot{\theta}\Delta t\hat{\theta} \end{aligned} \quad (3-21)$$

Dividindo ambos os lados da Eq. 3-20 por Δt e fazermos o limite de $\Delta t \rightarrow 0$, então podemos definir $\Delta\hat{r}/\Delta t \rightarrow d\hat{r}/dt$, logo

$$\frac{d\hat{r}}{dt} = \dot{\theta}\hat{\theta}. \quad (3-22)$$

Depois que definimos a derivada do unitário de \mathbf{r} , podemos agora definir o vetor velocidade a partir da derivada do vetor posição definido na Eq.3-19

$$\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = \dot{r}\hat{r} + r\frac{d\hat{r}}{dt},$$

e substituindo a Eq. 4-22, temos

$$\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = \dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}, \quad (3-23)$$

Podemos perceber nessa equação as componentes da velocidade nas direções \hat{r} e $\hat{\theta}$, que podem ser assim definidas

$$v_r = \dot{r} \quad \text{e} \quad v_\theta = r\dot{\theta} = r\omega, \quad (3-24)$$

Para definirmos o vetor aceleração \mathbf{a} em coordenadas polares precisamos derivar o vetor posição mais uma vez.

$$\ddot{\mathbf{r}} = \frac{d}{dt}\dot{\mathbf{r}} = \frac{d}{dt}(\dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}), \quad (3-25)$$

para que possamos finalizar a derivação da Eq. 3-25 devemos antes definir a derivada do unitário angular $\hat{\theta}$, que é análogo ao da Eq. 3-22 retirado da Fig.17 para a variação deste vetor. Assim,

$$\frac{d\hat{\theta}}{dt} = -\dot{\theta}\hat{r}. \quad (3-26)$$

Agora podemos definir a aceleração, finalizando a Eq. 4-25,

$$\mathbf{a} = \left(\ddot{r}\hat{r} + \dot{r}\frac{d\hat{r}}{dt} \right) + \left((\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta})\hat{\theta} + r\dot{\theta}\frac{d\hat{\theta}}{dt} \right)$$

e fazendo uso das Eq. 3-22 e Eq. 3-26 as derivadas dos vetores unitários, temos

$$\mathbf{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\hat{r} + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\hat{\theta}. \quad (3-27)$$

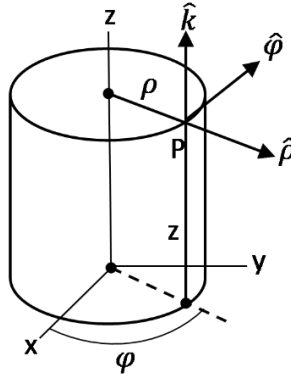
Segundo Taylor (2013) “Esse resultado honroso é um pouco mais fácil de se entender se considerarmos o caso especial em que r é constante, como é o caso da pedra girando presa a um cordão de comprimento fixo. Com r constante, ambas as derivadas de r são zero e a Eq. 3-27 tem apenas dois termos:”

$$\mathbf{a} = (-r\dot{\theta}^2)\hat{r} + (r\ddot{\theta})\hat{\theta} \quad \text{ou} \quad \mathbf{a} = -r\omega^2\hat{r} + r\alpha\hat{\theta}$$

Para melhor compreensão dos resultados foi substituído $\dot{\theta}$ por ω e $\ddot{\theta}$ por α que representam a velocidade e a aceleração angular respectivamente, para evidenciar a aceleração centrípeta $r\omega^2$ (ou v^2/r) e a aceleração tangencial $r\alpha$. Na Eq. 3-27 \mathbf{r} varia e conforme explica Taylor (2013) “O primeiro termo, \ddot{r} na direção radial, é o que você provavelmente esperaria quando r varia, mas o termo final, $2\dot{r}\dot{\theta}$ na direção θ , é o mais difícil de entender. Ele é chamado de aceleração de Coriolis...”. Este termo merece um estudo mais prolongado e não será discutido aqui.

3.3) MOVIMENTO EM COORDENADAS CILÍNDRICAS

Depois que definimos os principais elementos dos movimentos em duas dimensões nas coordenadas polares, fica mais fácil definir essas grandezas nas coordenadas cilíndricas, bastando para isso acrescentar a coordenada z na direção \hat{k} . Podemos perceber na Fig.18 todos os elementos necessários para definir um ponto (posição de um móvel) neste sistema.



Figural 18 - Coordenadas Cilíndricas. Fonte: Santos

Em comparação com as coordenadas polares a direção radial é definida por $\hat{\rho}$, a direção angular é definida por $\hat{\phi}$ e a direção vertical é definida por \hat{k} . Assim, a posição do ponto P pode ser definida pelo vetor \mathbf{r} como:

$$\mathbf{r} = \rho\hat{\rho} + \phi\hat{\phi} + z\hat{k} \quad (3-28)$$

Análogo ao método utilizado para definir as equações Eq. 3-23 e Eq. 3-27 e acrescentado a componente vertical z , temos:

$$\mathbf{v} = \dot{\rho}\hat{\rho} + \rho\dot{\phi}\hat{\phi} + \dot{z}\hat{k}, \quad (3-29)$$

$$\mathbf{a} = (\ddot{\rho} - \rho\dot{\phi}^2)\hat{\rho} + (2\dot{\rho}\dot{\phi} + \rho\ddot{\phi})\hat{\phi} + \ddot{z}\hat{k}. \quad (3-30)$$

3.4) MOVIMENTO EM COORDENADAS ESFÉRICAS

O movimento em três dimensões quando é retilíneo fica mais fácil ser estudado no espaço cartesiano com as coordenadas retangulares x , y , e z . Para o movimento em torno de um eixo é melhor que se use as coordenadas cilíndricas ρ , ϕ e z , mas quando trata-se de um movimento em torno de um ponto, então a melhor maneira de estudá-lo é

fazendo uso das coordenadas esféricas r , θ e ϕ , que são respectivamente a coordenada radial que liga o ponto central a um ponto P qualquer, o ângulo zenital e o ângulo azimutal, conforme descrito na Fig. 3.19.

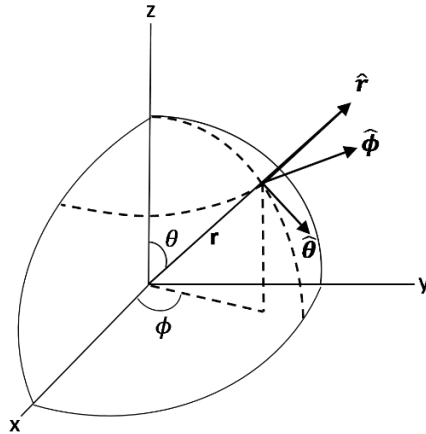


Figura 19 - Coordenadas Esféricas. Fonte: Santos (adaptada)

A posição de um ponto P qualquer nesse sistema pode ser definido pelo vetor

$$\mathbf{r} = r\hat{\mathbf{r}}$$

Assim como fizemos com as coordenadas polares, precisamos definir a derivada temporal do vetor posição \mathbf{r} para encontrarmos a velocidade da partícula que se move em torno do ponto central, para isso precisamos conhecer a derivada dos vetores unitários que definem as direções das coordenadas deste sistema, que são $\hat{\mathbf{r}}$, $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ e $\hat{\boldsymbol{\phi}}$. Em termos das coordenadas cartesianas esses vetores unitários são assim definidos:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{r}} = (\hat{r} \cdot \hat{\mathbf{i}})\hat{\mathbf{i}} + (\hat{r} \cdot \hat{\mathbf{j}})\hat{\mathbf{j}} + (\hat{r} \cdot \hat{\mathbf{k}})\hat{\mathbf{k}} \\ \hat{\boldsymbol{\theta}} = (\hat{\theta} \cdot \hat{\mathbf{i}})\hat{\mathbf{i}} + (\hat{\theta} \cdot \hat{\mathbf{j}})\hat{\mathbf{j}} + (\hat{\theta} \cdot \hat{\mathbf{k}})\hat{\mathbf{k}} \\ \hat{\boldsymbol{\phi}} = (\hat{\phi} \cdot \hat{\mathbf{i}})\hat{\mathbf{i}} + (\hat{\phi} \cdot \hat{\mathbf{j}})\hat{\mathbf{j}} + (\hat{\phi} \cdot \hat{\mathbf{k}})\hat{\mathbf{k}} \end{cases}$$

Analisando a Fig. 3.11 podemos definir os produtos vetoriais da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{r}} \cdot \hat{\mathbf{i}} &= \sin \theta \cos \phi; & \hat{\mathbf{r}} \cdot \hat{\mathbf{j}} &= \sin \theta \sin \phi; & \hat{\mathbf{r}} \cdot \hat{\mathbf{k}} &= \cos \theta; \\ \hat{\boldsymbol{\theta}} \cdot \hat{\mathbf{i}} &= \cos \theta \cos \phi; & \hat{\boldsymbol{\theta}} \cdot \hat{\mathbf{j}} &= \cos \theta \sin \phi; & \hat{\boldsymbol{\theta}} \cdot \hat{\mathbf{k}} &= -\sin \theta; \\ \hat{\boldsymbol{\phi}} \cdot \hat{\mathbf{i}} &= -\sin \phi; & \hat{\boldsymbol{\phi}} \cdot \hat{\mathbf{j}} &= \cos \phi; & \hat{\boldsymbol{\phi}} \cdot \hat{\mathbf{k}} &= 0. \end{aligned}$$

Assim, fazendo as devidas substituições, os vetores unitários podem ser escritos como:

$$\hat{\mathbf{r}} = \sin \theta \cos \phi \hat{\mathbf{i}} + \sin \theta \sin \phi \hat{\mathbf{j}} + \cos \theta \hat{\mathbf{k}}$$

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} = \cos \theta \cos \phi \hat{\mathbf{i}} + \cos \theta \sin \phi \hat{\mathbf{j}} - \sin \theta \hat{\mathbf{k}}$$

$$\hat{\boldsymbol{\phi}} = -\sin \phi \hat{\mathbf{i}} + \cos \phi \hat{\mathbf{j}}$$

Precisamos definir a derivada de cada vetor unitário em relação às suas variáveis. Como elas são funções de θ e ϕ teremos o seguinte resultado:

$$\begin{cases} \frac{\partial \hat{\mathbf{r}}}{\partial \theta} = \hat{\boldsymbol{\theta}}; & \frac{\partial \hat{\mathbf{r}}}{\partial \phi} = \sin \theta \hat{\boldsymbol{\phi}} \\ \frac{\partial \hat{\boldsymbol{\theta}}}{\partial \theta} = -\hat{\mathbf{r}}; & \frac{\partial \hat{\boldsymbol{\theta}}}{\partial \phi} = \sin \theta \hat{\boldsymbol{\phi}} \\ \frac{\partial \hat{\boldsymbol{\phi}}}{\partial \theta} = 0; & \frac{\partial \hat{\boldsymbol{\phi}}}{\partial \phi} = -\sin \theta \hat{\mathbf{r}} - \cos \theta \hat{\boldsymbol{\theta}} \end{cases} \quad (3-31)$$

Agora podemos determinar a velocidade de uma partícula que se move em torno de um ponto central, através da derivada temporal do vetor posição \mathbf{r} e fazendo uso da regra da cadeia e da relação de equações 3-31, temos:

$$\mathbf{v} = \dot{r}\hat{\mathbf{r}} + r\dot{\theta}\hat{\boldsymbol{\theta}} + r\dot{\phi}\sin\theta\hat{\boldsymbol{\phi}} \quad (3-32)$$

Com um procedimento análogo ao da velocidade \mathbf{v} podemos encontrar o vetor aceleração \mathbf{a} .

$$\mathbf{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2 - r\dot{\phi}^2 \sin^2 \theta)\hat{\mathbf{r}} + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta} - r\dot{\phi}^2 \sin \theta \cos \theta)\hat{\boldsymbol{\theta}} + (r\ddot{\phi} \sin \theta + 2\dot{r}\dot{\phi} \sin \theta + 2r\dot{\theta}\dot{\phi} \cos \theta)\hat{\boldsymbol{\phi}} \quad (3-33)$$

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DO PRODUTO

4.1) MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho visa agilizar o processo de ensino e aprendizagem de alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola da periferia de Manaus fazendo uso de recursos didáticos manipuláveis de baixo custo e de recursos digitais gratuitos disponíveis na internet, a fim de proporcionar uma aprendizagem significativa apoiada na teoria de David Ausubel e com um plano de Ensino baseado na Taxonomia SOLO de John Biggs.

As turmas tem em média cinquenta alunos, são turmas grandes e por isso dificulta o processo de ensino, além disso temos alunos de vários níveis de conhecimento, inclusive alguns com laudo de autismo e outros déficit de aprendizagem por problemas mentais ou mesmo por algum problema que tenha feito com que o aluno não tivesse tido um bom nível de ensino, deixando de aprender as quatro operações básicas da Matemática: somar, subtrair, dividir e multiplicar. Portanto se faz necessário uma intervenção diferente com esses alunos, para fazer com que eles sintam prazer em realizar as tarefas na escola e em casa, com atividades práticas com uso de experimentos com materiais de baixo custo.

O experimento que é apresentado neste trabalho é de baixo custo pois é confeccionado com os seguintes materiais: uma folha de isopor de 15 mm ou 20 mm; palitos de churrasco, papel branco (que pode ser de caderno), tesoura, cola para isopor (ou cola branca), caneta esferográfica e dois carrinhos de brinquedo em miniatura, (ou pode ser moldado no isopor conforme a criatividade do aluno(a)). Este material é usado para confeccionar uma maquete de uma estrada reta, com bandeirinhas de papel branco no palito de churrasco fazendo a metragem da estrada, devem ter espaçamentos proporcionais a dez metros de um palito para outro, e linhas paralelas, perpendiculares aos palitos, marcando cada metro entre eles, conforme mostrado na figura (20).

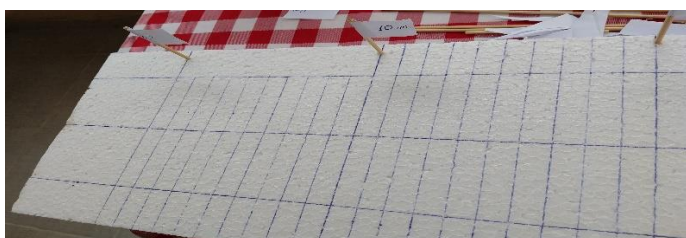


Figura 20 - Pista com as marcações verticais e horizontais (Fonte própria)

A versão da Fig.20 só será aceita se o aluno alegar não ter dinheiro para a compra de todo o material, pois ainda deve-se pintar ou colar papel camurça ou outro papel que dê o mesmo efeito, para ficar conforme a Fig.21.



Figura 21 - Pista com papel camuça imitando o asfalto e gramado. (Fonte própria)

Depois que a maquete estiver pronta o aluno(a) deve utilizá-la para fazer uma videoaula para explicar alguns fundamentos da Cinemática que são: Referencial, Movimento Retilíneo Uniforme, Movimento Progressivo, Movimento Retrógrado, Encontros e Ultrapassagens e Velocidade Relativa. Esses conceitos geralmente são muitos confusos para o aluno quando é o professor quem explica, pois em uma sala de aula lotada dificilmente teremos plena atenção de todos e quando o aluno explica é porque ele já entendeu o assunto.

Como todo aluno da rede estadual tem uma conta no Google Educacional com terminação *@seducam.g12.br*, o vídeo deverá ser salvo no seu Google Drive institucional e compartilhado com o professor que receberá um e-mail de aviso de compartilhamento de vídeo, que será usado para dar o feedback ao aluno, informando sua nota e ponderações exclusivamente a ele. O roteiro do trabalho será disponibilizado para a turma no AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) escolhido pelo professor, que no nosso caso é Google Sala de Aula. Neste ambiente podemos trocar mensagens, postar links de sites educacionais, tarefas, vídeos e realizar avaliação, com a turma toda ou com alunos específicos. É um recurso muito útil para os novos modelos de educação.

O trabalho será avaliado seguindo os critérios da Taxonomia SOLO de John Biggs (2011) conforme os níveis expostos na Fig. 1. O nível de conhecimento avaliado que deverá ser alcançado pelo aluno é o multiestrutural declarativo, pois o aluno deverá explicar um conhecimento específico e realizar alguns cálculos simples seguindo uma rubrica contida no roteiro do trabalho, que será disponibilizado à turma no *Google Sala de Aula*. Na rubrica o aluno terá todas as informações de como deverá proceder para conquistar nota máxima. Conforme o exposto a seguir na Tabela 3.

Conceito	Ruim		Regular			Bom			Excelente		
	D-	D	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A	A+
Escala de nota	0,0	4,0	5,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,5	10,0
RPA (Resultados Pretendidos da Aprendizagem)	- Não explicou corretamente o que foi solicitado e usou termos inadequados ou explicou superficialmente.		- Explicou superficialmente/ parcialmente o que foi solicitado e fez uso de termos inadequados.			- Explicou corretamente, mas usou termos inadequados ou pouco fluente (com muitas pausas).			- Explicou corretamente com linguagem adequada e fluente (sem muitas pausas/nenhuma).		
Explicar			- Fardado						- Fardado		
Calcular	- Sem farda da escola.		- Calculou erroneamente.			- Fardado			- Calculou corretamente		
Comparar	- Não calculou - Não comparou os resultados. - Fez a maquete.		- Não comparou os resultados corretamente.			- Calculou corretamente - Comparou os resultados corretamente.			- Comparou os resultados corretamente.		

Tabela 3 – Exemplo do uso de Rubrica de avaliação. Fonte: (BIGGS;TANG,2011, apud MENDONÇA.)(adaptado)

O aluno também será informado que deve cumprir rigorosamente com a data de entrega do trabalho sob penalidade de perder pontos progressivamente para cada dia de atraso.

Fazendo uso de recursos de apoio que podem ser encontrados gratuitamente na internet, para isso se faz necessário que o aluno tenha acesso à um smartfone. E assim consigam superar suas dificuldades.

4.2) METODOLOGIA

Pretendemos aplicar o construtivismo para criar condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, segundo a teoria de David Ausubel, de conceitos de Cinemática em alunos do primeiro ano do ensino médio, que serão fundamentais para a aprendizagem de conhecimentos posteriores. O modelo de Ensino Híbrido aplicado será o de *Sala de Aula Invertida*, onde os alunos deverão produzir uma videoaula para explicar alguns conceitos e realizar cálculos simples de cinemática fazendo uso de uma maquete que eles deverão construir com materiais de baixo custo. Os alunos serão orientados a usar, em suas casas, um Ambiente Virtual de Aprendizagem, para assistir a uma videoaula, e uma plataforma de aprendizagem virtual, para se comunicar e compartilhar sua tarefa em vídeo. Serão avaliados de acordo com uma rubrica apoiada na Taxonomia SOLO de Biggs.

4.3) APLICAÇÃO DO PRODUTO

Ao término do primeiro mês do letivo o produto foi aplicado. Isto porque é necessário que o aluno tome conhecimento de alguns conteúdos que são pré-requisitos para que ele possa desenvolver o trabalho com melhor desenvoltura. As duas primeiras aulas sobre Movimento Retilíneo são expositivas e como atividade avaliativa referente a essas aulas foi solicitado a produção de uma videoaula para explicar os conceitos vistos em sala de aula sobre MRU (Movimento Retilíneo Uniforme) e calcular os valores de velocidade relativa descritas no roteiro que consta no arquivo dado a eles. O aluno recebeu todas as instruções em um arquivo que foi colocado no mural do Google Sala de Aula, e como alguns alegaram não ter se cadastrado no portal do aluno, foi entregue também algumas cópias impressas. Este arquivo está disponível no apêndice I deste documento, e contém informações de como elaborar uma maquete de uma estrada para ser usada nas explicações dos conteúdos em uma videoaula, e ainda uma tabela contendo informações sobre o que deve ser explicado e de critérios de avaliação do trabalho, para que todos saibam o que está sendo avaliado e poder proceder da melhor maneira e assim ter uma boa nota.

A Fig. 22 mostra uma estudante fazendo uso da maquete em sua videoaula de quase cinco minutos, tempo suficiente para que ela possa ter a emoção de explicar conceitos de Física em um artefato que ela mesmo construiu e registrar este fato em sua estrutura cognitiva, produzindo assim uma memória afetiva, que poderá ser usada como um subsunçor para a ancoragem de um novo conteúdo. Mostra que a aluna aprendeu a compartilhar seu vídeo no Google Drive.

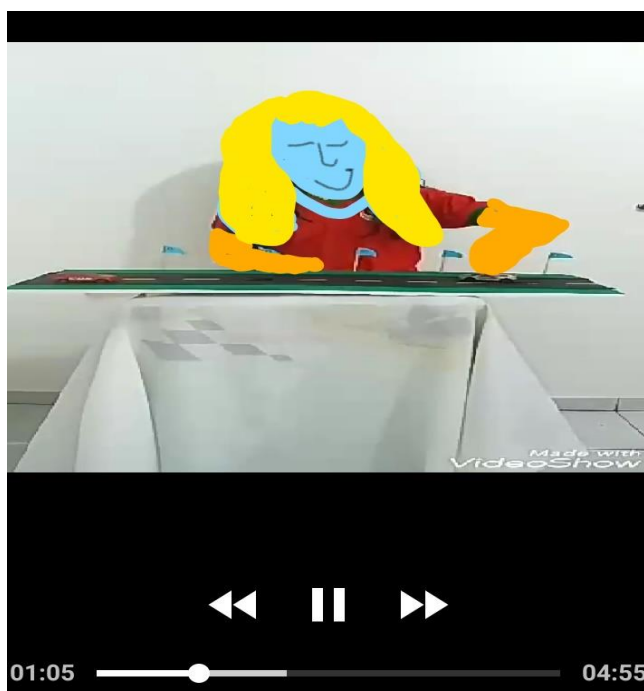


Figura 22 - Aluna fazendo uso da maquete. Apresentação individual. (Fonte própria)

Um outro aprendizado introduzido neste trabalho que alguns alunos puderam demonstrar foi que podem editar os seus vídeos fazendo uso de aplicativos gratuitos da

internet. A Fig. 23 a Fig. 24 servem como exemplo de adição de caracteres e fórmulas matemáticas como uma função horária de um móvel em MRU.



Figura 23 - Aluna explicando conceitos de cinemática em vídeo editado. (Fonte própria)

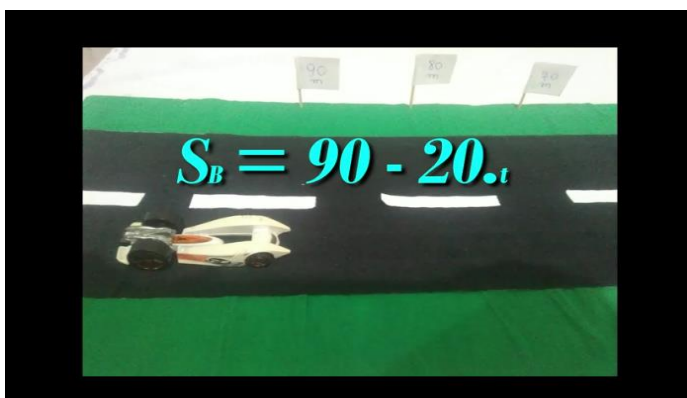


Figura 24 - Exemplo de apresentação com edição de vídeo. (Fonte própria)

Além de fazerem uso da maquete os alunos puderam usar de sua criatividade fazendo cartazes e fazendo uso do quadro branco da sala de aula para demonstrar os seus cálculos e algumas equações, conforme podemos ver nas Fig. 25 e Fig. 26.

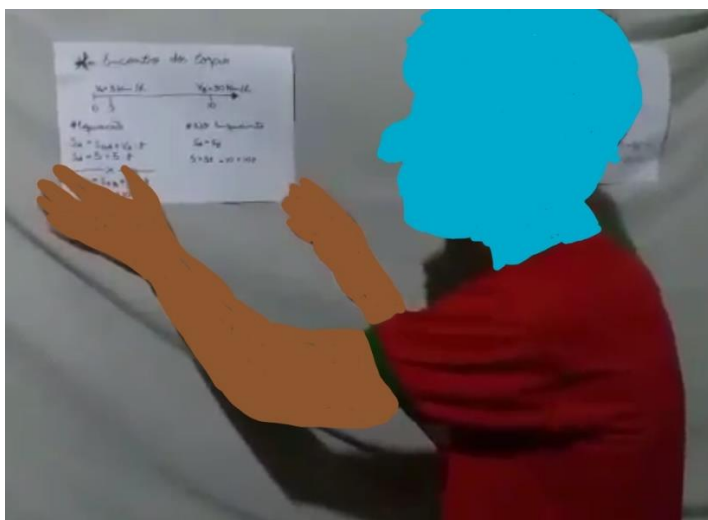


Figura 25 - Aluno fazendo uso de recurso próprio em sua aula. (Fonte própria)

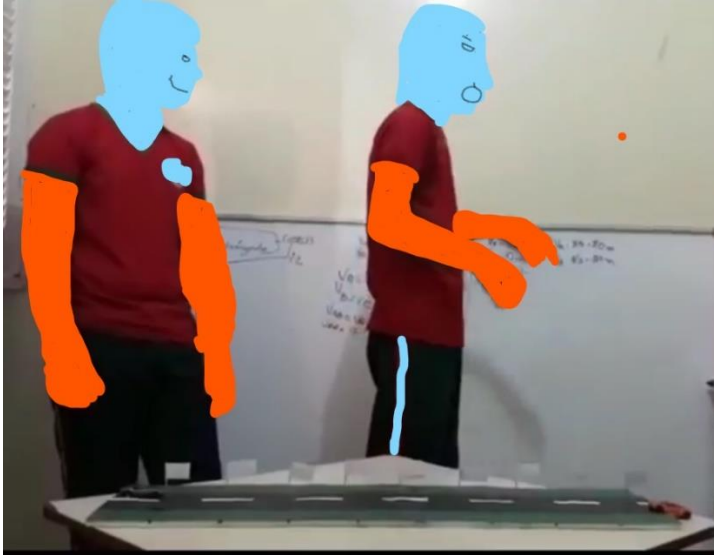


Figura 26 - Alunos fazendo uso de quadro e maquete em sua aula. (Fonte própria)

Tiveram a oportunidade de compartilhar momentos de aprendizado e apresentação de forma individual como mostra a Fig. 22 ou em duplas conforme a figura 26, demonstrando a capacidade de interação de uns e a individualidade e timidez de outros, tornando este trabalho de certa forma personalizado, pois cada aluno mostrou um pouco de suas particularidades.

CAPÍTULO 5
CONCLUSÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

5.1) CONCLUSÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

O empenho do aluno em qualquer modalidade de ensino ou de qualquer atividade aplicada é de suma importância para o sucesso do aprendizado do conteúdo ministrado. Nesse tipo de trabalho, onde os alunos têm que mostrar o que aprenderam em formato de mídia eletrônica (no caso uma videoaula) o rendimento dos alunos é bem superior em relação a uma avaliação escrita realizada em sala de aula. Quanto à participação o resultado é um pouco menor devido a atividade ser feita em casa e alguns alunos, por algum motivo particular, não entregam a atividade.

Mostraremos a seguir nas tabelas de 4 a 6 o resultado do desempenho de duas turmas de cinquenta alunos por turma, totalizando cem alunos.

Entregaram	Não entregaram	Nota > 6,0	Nota < 6,0	Sem nota
64	36	55	9	36

Tabela 4 - Desempenho dos alunos. (Fonte própria)

Em porcentagem, considerando o desempenho da turma toda:

Entregaram	Não entregaram	Nota > 6,0	Nota < 6,0 e sem nota
64%	36%	55%	45%

Tabela 5 – Desempenho dos alunos em percentual. (Fonte própria)

Em porcentagem, considerando o desempenho dos que entregaram a atividade:

Entregaram	Não entregaram	Nota > 6,0	Nota < 6,0
64%	36%	85,9%	14,1%

Tabela 6 - Desempenho dos alunos que entregaram a atividade, em percentual. (Fonte própria)

Em comparação com as avaliações tradicionais que eram realizadas no mesmo período em anos anteriores o resultado era justamente o contrário, a aprovação era de aproximadamente 15%. O desempenho dos alunos de primeiro ano do ensino médio nas primeiras avaliações em uma turma muito grande não era satisfatório, devido a diversos fatores que foram descritos no presente trabalho, contudo ao começarmos a aplicar este método de ensino, o desempenho melhorou consideravelmente, inclusive na participação nas demais atividades e a interação aluno/professor. Podemos verificar na Fig. 27, de uma troca de mensagens pelo Google Sala de Aula, que o aluno compartilhou o vídeo corretamente pelo Google Drive e cumpriu com todos os requisitos que o levou a obter nota máxima, isso lhe permite ficar a vontade para expressar sua opinião sobre a eficiência do processo de ensino envolvido neste trabalho.

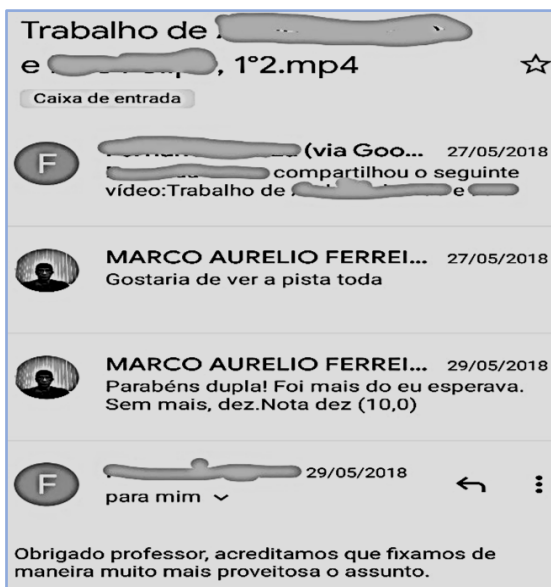


Figura 27 - e-mail de aluno. (Fonte própria)

A Fig. 28 mostra a imagem de um e-mail enviado pelo padrasto de um aluno, que tem autismo e pouco interage em sala de aula e com a família, dizendo que seu enteado despertou o interesse pela Física, mas propriamente pelo M.R.U. O que demonstra o sucesso do projeto pois está despertando interesse em alunos aparentemente com dificuldade de aprendizado.

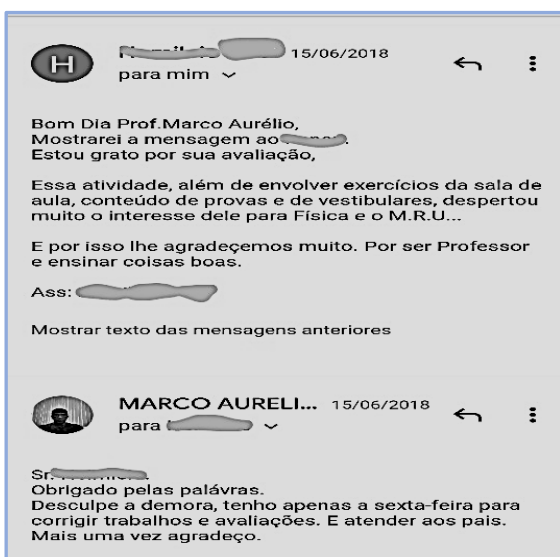


Figura 28 - e-mail de pai de aluno. (Fonte própria)

Dominar os conteúdos da Física é fundamental para preparar e ministrar uma boa aula, mas sem os conhecimentos pedagógicos e psicopedagógicos as aulas expositivas vão ficando maçantes com o passar do ano letivo e perdendo a eficiência, é necessário surpreender o aluno com novas maneiras de ministrar uma aula. Com os conhecimentos adquiridos antes e depois da preparação e execução deste produto educacional, pude obter

novas ferramentas pedagógicas necessária para concluí-lo com razoável sucesso, sinto-me à vontade para continuar fazendo uso, aperfeiçoar e expandir este processo de ensino na certeza de estar no caminho certo, pois vejo que meus alunos gostaram dessa novidade em minhas aulas.

APÊNDICE

APÊNDICE I – PLANO DE AULA

Professor: Marco Aurélio Ferreira Simões

Série / Turmas: 1º Anos 01 e 02 - 1º BIMESTRE

Componente Curricular: FÍSICA – Tema/unidade: Movimento Retilíneo Uniforme

Nº AULAS: 03 de 48 min.

Aula 1 – Velocidade média.

Aula expositiva

- **Resultados pretendidos da aprendizagem:** *Memorizar* a equação da velocidade média ($v_m = \Delta s / \Delta t$); *Calcular* a variação do espaço ($\Delta s = s_f - s_i$), variação do tempo ($\Delta t = t_f - t_i$) e a velocidade média ($v_m = \Delta s / \Delta t$) e também fazer a conversão de m/s para km/h e vice-e-versa.
- **Atividades de ensino:** Aula dialogada apresentando/revisando velocidade média. Apresentação de exemplos.
- **Atividades aprendizagem:** Resolver exercícios baseados nos exemplos dados, para memorizar a equação da velocidade média; calcular deslocamento, variação do tempo e velocidade média e fazer a conversão (calcular) de uma unidade de medida (m/s) para a outra (km/h).

Aula 2 – Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U) – Aula expositiva dialogada e solicitação de atividade para casa.

Aula 2.1 – Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U) - Atividade em casa.

Resultados pretendidos da aprendizagem –

Explicar os seguintes conceitos do M.R.U:

- O que é o M.R.U.
- O que é Movimento progressivo e Movimento Retrógrado, fazendo uso de um referencial inercial.
- Encontros, Ultrapassagens e Velocidade Relativa.

Calcular os valores das velocidades relativas.

Atividades de ensino (AV1 de Física do 2º bím) – Atividade em casa: Construir uma maquete para ser utilizada em uma videoaula para *explicar* conceitos da Cinemática, *calcular* os valores das velocidades relativas e *comparar* os resultados.

Materiais

- Uma folha de isopor de 20 mm
- Duas folhas de papel camurça na cor preta e uma na cor verde.
- Uma folha de papel ofício.
- Régua milimetrada de 30 cm.
- Cortador de isopor ou estilete.
- Caneta esferográfica.
- Dois carros em miniatura. (Tipo Hot Wheels)

Procedimentos para construir a pista

- Cada aluno deverá adquirir um carrinho de brinquedo que seja miniatura de um carro real.
- Pesquisar na internet as dimensões reais do carro equivalente à miniatura.
- Medir comprimento da miniatura.
- Obter a escala da miniatura em comparação com as dimensões reais do carro. (dividir o comprimento da miniatura, c , em milímetros pelo comprimento real do automóvel C , em metros. $\rightarrow E = c/C$)

Exemplo: $c = 75 \text{ mm}$; $C = 508 \text{ cm} = 5,08 \text{ m} \rightarrow E = 75/5,08 = 14,763377... \approx 15 \text{ mm/m}$
Isso significa que 15,0 mm representa 1,0 m na maquete.

- Usar a escala obtida para construir uma pista com o isopor e o papel camurça, conforme as seguintes orientações:

- Fazer um corte longitudinal no isopor para obter duas partes compridas e de mesma largura, conforme a Fig. 29.

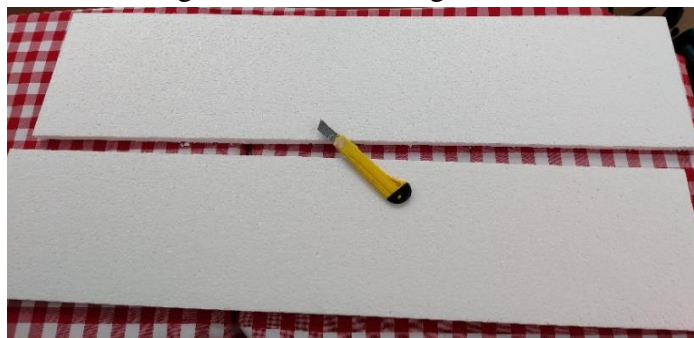


Figura 29 - Corte longitudinal. (Fonte própria)

- Colar uma na outra em seu comprimento.

- Desenhar uma estrada com dez metros de largura, fazendo uso da escala obtida, com linhas paralelas de modo que o desenho fique centralizado no isopor.
- Marcar o espaço de dez em dez metros fazendo uso de palitos compridos para churrasco, e desenhar uma linha perpendicular à pista, ao lado de cada palito, conforme a Fig. 30.



Figura 30 - Marcação horizontal e vertical a cada dez metros. (Fonte própria)

- Colar bandeirinhas com a informação de cada posição nos palitos e marcar linhas a cada metro entre os palitos, conforme a Fig. 31. (exemplo: palito 1 com a bandeirinha de 0 m, o palito 2 com a bandeirinha de 10 m, o palito 3 com a de 20 m, e assim por diante).

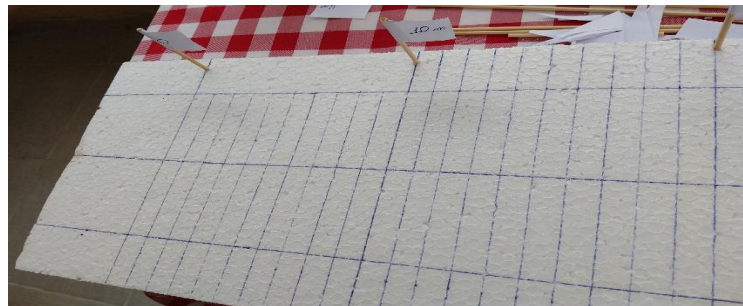


Figura 31 - Marcação horizontal a cada metro. (Fonte própria)

(não faça essas linhas se for colocar o papel camurça ou pintar. Faça as linhas depois de colocar o papel ou pintar)

- Colar o papel camurça preto no centro, para simular o asfalto e o verde na lateral, para simular a vegetação, conforme a Fig. 32. (não é obrigatório)



Figura 32 - Pista pronta com papel camurça imitando o asfalto e a grama. (Fonte própria)

(As linhas brancas foram feitas com tiras de papel ofício)

Depois desses procedimentos o artefato estará pronto para ser utilizado para produzir um vídeo para explicar cada item a seguir.

Atividade Avaliativa - Fazer uma Videoaula para:

- (1) Explicar o Movimento Retilíneo Uniforme.
- (2) Explicar os Movimentos Progressivo e retrógrado.
- (3) Explicar encontros, e calcular suas velocidades relativas (use velocidade de 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s e 20 m/s). E fazendo uso da equação $v = \Delta S / \Delta t$, onde ΔS é variação da distância entre os carros e Δt é o tempo decorrido no evento, calcular a velocidade relativa. Comparar com a soma das velocidades dos carros.
- (4) Explicar ultrapassagens e suas velocidades relativas: use velocidade de 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s e 20 m/s.

Proceder conforme item (3) para calcular a velocidade relativa e comparar com a subtração das velocidades. (a velocidade maior menos a velocidade menor).

O(A) aluno(a) deve usar termos adequados, como se estivesse em uma sala de aula, em seu vídeo. Não usar gírias, e deve estar fardado.

[Salvar o vídeo no seu Google Drive. \(...@seducam.g12.br\)](#)

Acessar o Google Drive e compartilhar o vídeo com marco.simo@seducam.pro.br

Regras de pontuação da Avaliação

Conceito	Ruim		Regular			Bom			Excelente		
	D-	D	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A	A+
Escala de nota	0,0	4,0	5,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,5	10,0
RPA (Resultados Pretendidos da Aprendizagem)	- Não explicou corretamente o que foi solicitado e usou termos inadequados ou explicou superficialmente.		- Explicou superficialmente/ parcialmente o que foi solicitado e fez uso de termos inadequados.			- Explicou corretamente, mas usou termos inadequados ou pouco fluente (com muitas pausas).			- Explicou corretamente com linguagem adequada e fluente (sem muitas pausas).		
Explicar											
Calcular	- Sem farda da escola.		- Fardado			- Fardado			- Fardado		
Comparar	- Não calculou - Não comparou os resultados. - Fez a maquete.		- Calculou erroneamente. - Não comparou os resultados corretamente.			- Calculou corretamente - Comparou os resultados corretamente.			- Calculou corretamente - Comparou os resultados corretamente.		

Tabela 7 - Rubrica de avaliação. (Fonte: (BIGGS;TANG,2011, apud MENDONÇA.)(adaptado)

Vídeo recebido até 23:59 da data de entrega não terá ponto descontado de sua nota.

Vídeo recebido um dia após a data de entrega terá 1,0 ponto descontado de sua nota.

Vídeo recebido dois dias após a data de entrega terá 2,0 pontos descontados de sua nota.

Vídeo recebido três dias após a data de entrega terá 4,0 pontos descontados de sua nota.

Vídeo recebido quatro dias após a data de entrega terá 8,0 pontos descontados de sua nota.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDER, WILLIAM N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Tradução: Fernando de Siqueira Rodrigues; Revisão técnica: Maria das Graças Souza Horn. – Porto Alegre: Penso, 2014.

LILIAN BACICH, LILIAN; TANZI NETO. ADOLFO; TREVISANI, FERNANDO DE MELLO. (Organizadores). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação** / – Porto Alegre: Penso, 2015.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU – Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999. Pag.149-163

RESNICK, ROBERT; HALLIAY, DAVID. **Física 1**. Tradução: Antonio Máximo R. Luz [et al]; Revisão técnica: Adir Moyses Luiz. – Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983.

TAYLOR, JOHN R. **Mecânica Clássica**. Tradução: Waldir Leite Roque. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

Ajuda do Google Sala de Aula. Como fazer login no Google Sala de Aula. Google.com. Disponível em: < https://support.google.com/edu/classroom/answer/6072460?hl=pt-BR&ref_topic=9049890 >. Acesso em jun. 2019.

Alinhamento Construtivo. Johnbiggs.com.au. Disponível em: <www.johnbiggs.com.au>. Acesso em: maio 2019.

BLU - Blended Learning Universe. Modelos de Ensino Híbrido. blendedlearning.org. Disponível em: <<https://www.blendedlearning.org/modelos/?lang=pt-br>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

Fundação Lemann/somos. Fundacaolemann.org. Disponível em: <<https://fundacaolemann.org.br/somos>>. Acesso em: jun. 2019

GOMES, PATRÍCIA. Michael Horn explica como foi a construção do conceito e diz por que considera o blended learning a solução para grandes redes. Porvir.org, 20 fev. 2014. Disponível em: <<http://porvir.org/ensino-hibrido-e-unico-jeito-de-transformar-ducacao/>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

Google Sala de Aula. Google.com. Disponível em: < <http://classroom.google.com/> >. Acesso em jun. 2019.

HORN, MICHAEL B. Ensino Híbrido: Uma Inovação Disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos. Traduzido por Fundação: Lemann e Instituto Península. Maio 2013. Disponível em: <<https://www.christenseninstitute.org/publications/ensino-hibrido/>>. Acesso em: jul. 2019.

MENDONÇA, ANDRÉA P. Alinhamento Construtivo: Fundamentos e Aplicações. In: Gonzaga, Amarildo M. (Organizador). Formação de Professores no Ensino Tecnológico: Fundamentos e Desafios. 1ª. ed. ISBN 978-85-444-0369-3. Curitiba, PR:CRV, 2015.p.109 – 130.

NONAKA, LINA. Ensino Híbrido e a Sala de Aula Invertida: o aluno como protagonista do próprio aprendizado. Estadão.Edu, março 2018. Disponível em: <https://educacao.estadao.com.br/blogs/colégio-prudente/ensino-hibrido-e-a-sala-de-aula-invertida-o-aluno-como-protagonista-do-proprio-aprendizado/>. Acesso em: jul. 2019.

PCN Ensino Médio. Portalmec.gov. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf> >. Acesso em: jun. 2019

PCN+ Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Portalmec.gov. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> >. Acesso em: jun. 2019.

SANTOS, MARCO ANTÔNIO DOS. Mecânica clássica / Marco Antônio dos Santos; Marcos Tadeu D'azeredo Orlando. - Vitória: UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2012. 129 p. Disponível em: <<http://nead.uesc.br/arquivos/Fisica/mecanica-classica/modulo.pdf>>. Acesso em: 18 de jun.2019.

SCHIEHL, EDSON PEDRO; GASPARINI1, ISABELA Contribuições do Google Sala de Aula para o Ensino Híbrido. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação ISSN 1679-1916. CINTED-UFRGS. Joinville, SC: V. 14 No 2, dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/70684/40120>>. Acesso em: Jul. 2019

SIQUEIRA, LILIA MARIA MARQUES O ensino híbrido da eletricidade utilizando objetos de aprendizagem na engenharia. Cad. Bras. Ens. Fís. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil eISSN 2175-7941. Programa de Pós-graduação em Educação–PUCPR Curitiba–PR Cad. Bras. Ens. Fís., v.27, n.2:p.334-354, ago.2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n2p334/13498>>. Acesso em: jul. 2019.

ANEXO – PRODUTO EDUCACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL
SUPERIOR
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM O ENSINO HÍBRIDO NO ESTUDO DE
CONTEÚDOS DA CINEMÁTICA

(Guia do professor)

Marco Aurélio Ferreira Simões
Orientador: Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto

Produto Educacional associado à dissertação do aluno Marco Aurélio Ferreira Simões, apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 4.

Manaus
2019

CARTA DE APRESENTAÇÃO AO PROFESSOR

Caro professor (a), apresentamos este manual para contribuir com uma experiência bem-sucedida, realizada com alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola da periferia de Manaus. Está dividido em atividades que o professor faz e em atividade que o aluno faz, construção de um artefato didático e uma vídeo aula fazendo uso de tal artefato.

É uma sequência didática que faz parte de um plano de curso que utiliza recursos da tecnologia da informação e experimentos com materiais de baixo custo e tem o objetivo de construir no aluno condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, ou *organizadores prévios que sirvam de âncora para nova aprendizagem*, como descreve Moreira (1999, p.153).

O objetivo deste plano de aula é proporcionar ao aluno melhor entendimento de alguns conceitos no estudo da cinemática para que ele aprenda a explicar tais conceitos e calcular velocidade média e relativa e a comparar resultados. A metodologia sequencial das aulas está firmada no alinhamento construtivo e na taxonomia SOLO de Jhon Biggs, bem como a rubrica de pontuação da atividade proposta.

A importância da aplicação deste produto se dá ao fato dele ser realizado em casa com a ampla participação dos responsáveis que poderão acompanhar as dificuldades e compartilhar das conquistas do aluno neste processo de ensino e aprendizagem.

Professor Marco Aurélio Ferreira Simões

INTRODUÇÃO

Os primeiros meses do primeiro ano do ensino médio para os alunos é uma fase de adaptação na transição de um nível de ensino para outro com mais disciplinas e consequentemente mais professores e mais atividades a serem realizadas. O presente trabalho tem o objetivo de amenizar este processo de transição e proporcionar ao aluno uma nova metodologia que possa trazê-lo para junto da disciplina de Física para que ele perceba que a Física é agradável de se aprender e está presente em nosso dia-a-dia.

Apresentaremos um formato de ensino que não é novo, utiliza vários recursos didáticos para facilitar a interação entre aluno e professor, como experimentos que serão realizados pelos alunos e uso de ferramentas de Ambientes de Aprendizagem Virtual (AVA) como o Google Sala de Aula e recursos como o Google Drive e o Khan Academy, onde os alunos assistir videoaulas, podem realizar tarefas e compartilhar com o professor ou com seus colegas de turma.

A vantagem de utilizar este processo é poder acompanhar os alunos de forma mais individual e poder estabelecer um acompanhamento mais personalizado pois as plataformas virtuais fornecem o tempo que o aluno completou uma tarefa ou assistiu uma videoaula podendo o professor saber se ele está efetivamente aproveitando o seu tempo de estudo e cumprindo suas metas.

A CONSTRUÇÃO PRODUTO

Em busca de acrescentar mais dinamismo às minhas aulas, para cumprir com melhor qualidade a grade curricular das turmas de primeiro ano do ensino médio, com apenas duas aulas semanais de 45 minutos cada, e fazer com que eles tenham um melhor rendimento no aprendizado, foi que decidi participar deste mestrado profissional. Passei a ler mais e a buscar novos métodos de ensino aprendizagem.

Um dos métodos que me agradou foi o da aprendizagem significativa de Ausubel que coloca o aluno como o ator principal do processo e trabalha com seus conhecimentos previamente adquiridos, e ainda, produzindo um artefato didático como sugere Bender na Aprendizagem Baseada em Projetos, mas tudo isso só terá melhor eficácia com um bom planejamento das aulas e para isso podemos fazer uso do Alinhamento Construtivo de Biggs, completando assim um conjunto de boas ferramentas para serem usadas na no processo de ensino aprendizagem das minhas turmas.

Mas tive certeza do que queria fazer realmente quando tomei posse dos conhecimentos de uso de recursos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's), do Livro Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na educação (BACICH, TANZI NETO, TREVISANI, 2015). Como minhas turmas são compostas de alunos de diversos níveis sociais e intelectuais é preciso que cada aluno tenha um acompanhamento diferenciado, e isso só é possível, devido ao grande número de alunos por turma. A ideia é fazer uso de aplicativos e sites para que os alunos tenham um canal de acesso aos conteúdos e às dicas de um professor: seja em vídeo aulas, diretamente com um tutor on-line, ou com o professor da turma através de AVA (Ambientes Virtuais de Aprendizagem). Assim dá para personalizar o processo de ensino aprendizagem de cada aluno de acordo com o seu nível intelectual.

Como primeiro passo nesse caminho e com a preocupação de inserir o aluno neste processo foi criado um plano de ensino com os conteúdos que são ministrados no primeiro bimestre. O objetivo é fazer o aluno explicar alguns fenômenos físicos pertencentes ao estudo da cinemática em uma videoaula fazendo uso de uma maquete.

O AVA escolhido foi o Google Sala de Aula, pois faz parte do Sistema Operacional utilizado pela SEDUC-AM, onde dúvidas e informações podem ser compartilhadas, bem como tarefas e avaliações. O serviço de armazenamento e sincronização de arquivos que será utilizado é o Google Drive, onde o vídeo de cada aluno deverá ser compartilhado com o professor e com quem mais ele desejar que tenha acesso. Outra ferramenta que será utilizada é a Plataforma Adaptativa Khan Academy onde os alunos poderão assistir

videoaulas sobre os conteúdos trabalhados de Física e, também, Matemática. Esse conjunto de ferramentas servirá para personalizar o processo de ensino aprendizagem de cada aluno.

MOVIMENTO BIDIMENSIONAL

1.1) MOVIMENTO EM UM ESPAÇO CARTESIANO

A parte da Física que estuda o movimento dos objetos é a Mecânica, que está dividida em Cinemática e Dinâmica. A descrição desses movimentos, sem a preocupação de identificar o que deu origem a eles, é objeto de estudo da Cinemática. Quando identificamos as forças que estão associadas aos movimentos e às particularidades dos móveis, então, entramos na parte da Mecânica denominada de Dinâmica. Neste capítulo apresentaremos a parte da Cinemática que trata dos movimentos bidimensionais e tridimensionais.

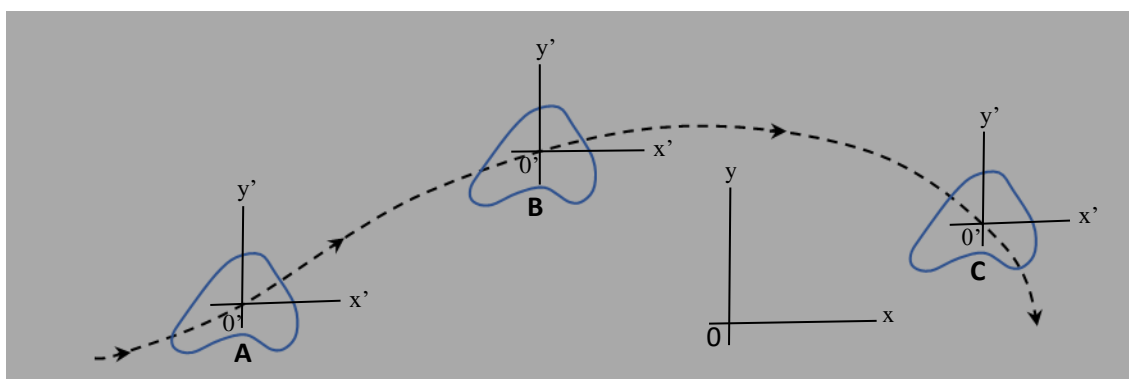


Figura 1.1 - Movimento de translação de um objeto. a translação pode ocorrer em três dimensões, mas, para simplificar, são mostradas apenas translações em duas dimensões. Fonte: Resnick e Halliday (pag.31)

Para começar o estudo da cinemática é necessário definir alguns parâmetros, começaremos com o móvel. O modelo mais simples de móvel é a partícula, que é um objeto sem dimensões e por isso não vibra e nem gira. Matematicamente é tratada como ponto. Um corpo que possui dimensões significativas, mas que possui apenas translação, suas dimensões não interferem no sistema são classificados como *ponto material* e podem ser tratados como partícula.

A figura 1.1 mostra um exemplo de translação de um corpo movendo-se em um plano do ponto A para o B e depois para o C. Podemos perceber que todos os pontos desse corpo movem-se descrevendo a mesma trajetória e os deslocamentos são iguais entre si, portanto esse corpo pode ser tratado como partícula pois, a descrição do movimento de um ponto desse corpo descreve o movimento do corpo todo. Podemos definir o vetor posição \mathbf{r} (os vetores não serão apresentados sob uma seta, como de costume, mas em negrito, por conveniência, seguindo a nomenclatura de Resnick e Halliday, 1986) do móvel que se move em um espaço tridimensional usando as coordenadas cartesianas da seguinte forma:

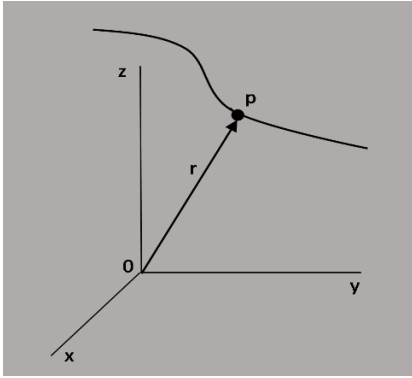


Figura 1.2 - Vetor posição. Fonte: Santos.

$$\mathbf{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

Onde as funções escalares, $x = x(t)$, $y = y(t)$, e $z = z(t)$ são as coordenadas do ponto P no espaço euclidiano. E \hat{i}, \hat{j} e \hat{k} são vetores unitários e fixos dos eixos $0x$, $0y$ e $0z$, respectivamente.

1.1.1) VELOCIDADE MÉDIA

Como deslocamento, velocidade e aceleração são grandezas vetoriais tridimensionais, no entanto, ficam melhores representadas se usarmos a representação vetorial em duas dimensões, a extensão para três dimensões não é complicada. E faremos isso mais tarde.

Velocidade é a rapidez com a qual um móvel muda sua posição no espaço em relação a um referencial ou sistema de referência, em outras palavras é a razão entre o seu deslocamento e o tempo decorrido. Podemos representar, conforme a Fig. 1.2, a posição **A** de uma partícula em um sistema de referência $x0y$ em um instante t_1 pelo vetor \mathbf{r}_1 .

Em um instante t_2 ela está na posição **B** que pode ser representada pelo vetor posição \mathbf{r}_2 . Sendo assim, podemos definir o vetor deslocamento $\Delta\mathbf{r} (= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1)$ e o intervalo de tempo por $\Delta t (= t_2 - t_1)$. A *velocidade média* da partícula, neste intervalo de tempo, é definida por

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\text{deslocamento (vetor)}}{\text{intervalo de tempo (escalar)}} \quad (1-1)$$

O traço em cima da grandeza indica valor médio dessa grandeza. Como a velocidade média foi obtida a partir da razão entre o vetor deslocamento pelo tempo, que é uma grandeza escalar, sua direção e sentido é a mesma do vetor deslocamento $\Delta\mathbf{r}$ e seu módulo (valor numérico) é dado por $|\Delta\mathbf{r} / \Delta t|$, conforme a Eq. 1-1. Sua unidade de medida é comprimento por tempo, que pode ser metro por segundo (m/s) ou quilômetro por hora (km/h).

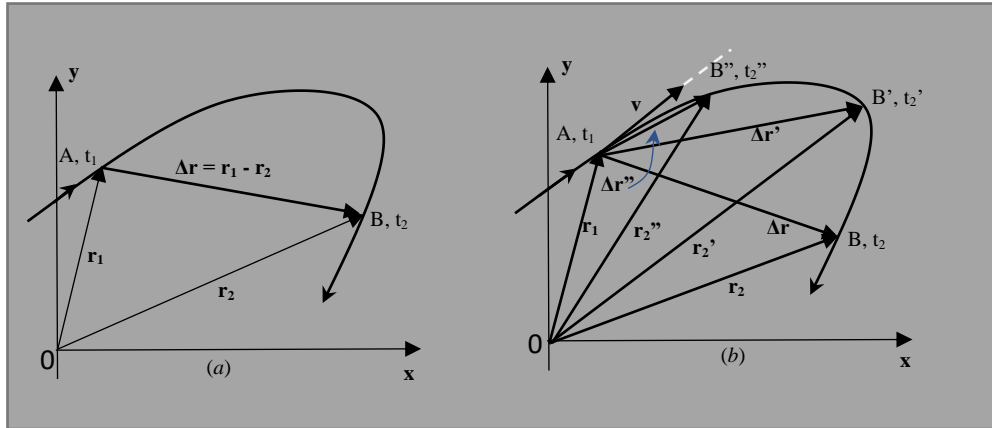


Figura 1.3 - (a) uma partícula move-se de **A** para **B** no intervalo de tempo $\Delta t (= t_2 - t_1)$, efetuando um deslocamento $\Delta r (= r_2 - r_1)$. A velocidade média \bar{v} entre **A** e **B** está dirigida segundo Δr . (b) Quando **B** se move no sentido de **A**, a velocidade média aproxima-se da velocidade instantânea v em **A**; v é tangente à trajetória em **A**. Fonte: Resnick e Halliday

Fonte: Resnick e Halliday (pag.32)

Para definir a velocidade média \bar{v} não importa se a trajetória é retilínea ou não, se o móvel parou, aumentou ou diminuiu sua velocidade durante o trajeto, por ser um valor médio, o que conta é somente a posição inicial, a final e o tempo total do evento.

Ao analisarmos o que ocorre com a velocidade em pontos intermediários entre os pontos **A** e **B** da trajetória descrita na Fig.1.3a, podemos ter mais detalhes sobre movimento. Se entre dois pontos quaisquer dessa trajetória encontrássemos o mesmo valor para a velocidade (velocidade constante) e a mesma direção (movimento retilíneo) então poderíamos afirmar que o móvel estaria se deslocando em Movimento Retilíneo Uniforme nesse trecho da trajetória.

1.1.2) VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Fazendo uma outra análise da Fig.1.3a em diferentes intervalos de tempo menores que $t_2 - t_1$ e que essas velocidades sejam diferentes entre si, nesses intervalos de tempo a partícula move-se com velocidade variável, podemos então determinar a velocidade em cada instante e denominá-la como *velocidade instantânea*. Os resultados dessa análise estão representados na Fig.1.3b.

Fazendo com que o ponto **B** se aproxime do ponto **A**, sendo esses pontos **B'** e **B''**, correspondentes aos instantes t_2' e t_2'' os respectivos vetores posição são representados, conforme a Fig.1.3b, pelos vetores r_2' e r_2'' , logo esses deslocamentos podem ser representados pelos vetores $\Delta r'$ e $\Delta r''$, esses vetores diminuem a medida que esses pontos se aproximam de **A**, e suas direções, que são diferentes, ficam cada vez mais próximas da direção do vetor Δr , os intervalos de tempo $\Delta t (= t_2 - t_1)$, $\Delta t' (= t_2' - t_1)$ e $\Delta t'' (= t_2'' - t_1)$ também diminuem.

Continuando com esse processo, chegando a valores cada vez menores para os intervalos de tempo e espaço, o ponto **B** ficando muito próximo do **A**, o vetor deslocamento tende a ter a mesma direção da tangente no ponto **A** e o intervalo de tempo tende a zero. A velocidade v para o limite em que o intervalo de tempo tende a zero da

razão $\Delta \mathbf{r}/\Delta t$ é chamada de *velocidade instantânea* da partícula na posição A, ou ainda a velocidade do móvel no instante t. E pode ser representada pela seguinte expressão

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

Quanto mais $\Delta \mathbf{r}$ se aproxima de zero mais o vetor velocidade \mathbf{v} se aproxima da direção tangente ao ponto A, então podemos concluir que a direção do vetor velocidade instantânea no ponto A tem direção tangente a esse ponto. Essa expressão também pode ser definida pelo Cálculo Diferencial e $\Delta \mathbf{r}/\Delta t$ quando Δt tende a zero equivale a $d\mathbf{r}/dt$, logo,

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1-2)$$

onde

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$$

Seu valor numérico, ou valor absoluto é chamado de *velocidade escalar instantânea*, v .

$$v = |\mathbf{v}| = |d\mathbf{r}/dt|. \quad (1-3)$$

Nesta expressão temos que fazer duas observações. A primeira é que v é um valor absoluto, uma quantidade numérica. A segunda é que a derivada do deslocamento é um termo do Cálculo que foi inventado pela Física para ser ferramenta essencial para solucionar problemas da Mecânica (Resnick e Halliday, 1983).

1.1.3) VELOCIDADE VARIÁVEL

Podemos descrever a velocidade \mathbf{v} de uma partícula movendo-se em duas dimensões, e depois facilmente pode ser demonstrado para três dimensões, através de suas componentes x e y em um plano xOy , conforme a Fig.1.4.

A Fig.1.4a mostra a posição de uma partícula que se move no plano xOy , seguindo uma trajetória qualquer. A posição desta partícula no instante t é dada pelo vetor \mathbf{r} , este vetor pode ser escrito pela soma vetorial de seus componentes na direção Ox , representada pelo vetor unitário \hat{i} , e na direção Oy , representado pelo vetor unitário \hat{j} , sendo

$$\mathbf{r} = x\hat{i} + y\hat{j}, \quad (1-4)$$

O que nos permite, também, determinar a velocidade descrita na Eq.1-2 fazendo uso da Eq.1-4, sendo assim seu resultado fica,

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\hat{i} + \frac{dy}{dt}\hat{j},$$

e pode ser expressa como:

$$\mathbf{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j} \text{ (movimento em duas dimensões)}, \quad (1-5)$$

onde $v_x (= dx/dt)$ e $v_y (= dy/dt)$ são os componentes (escalares no plano xOy) do vetor \mathbf{v} .

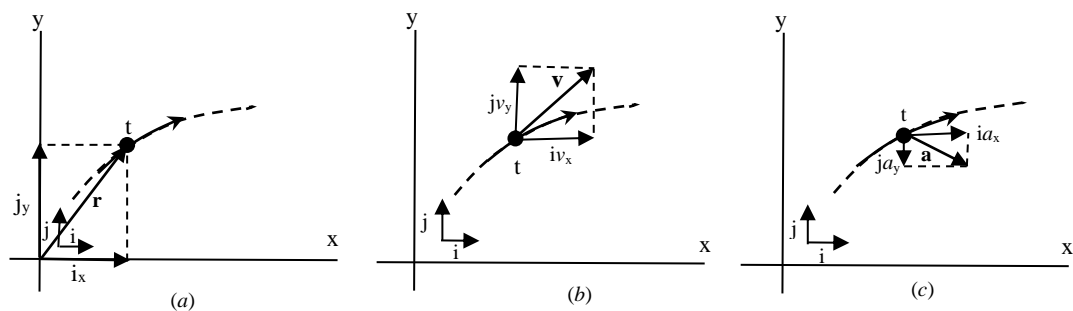


Figura 1.4 - Uma partícula no instante t tem (a) uma posição descrita por r , (b) velocidade instantânea v e (c) uma aceleração instantânea a . Os componentes vetoriais $x\hat{i}$ e $y\hat{j}$ da Eq.4-4, $v_x\hat{i}$ e $v_y\hat{j}$ da Eq.4-5 e $a_x\hat{i}$ e $a_y\hat{j}$ da Eq.4-10 são também mostrados, como o são os vetores \hat{i} e \hat{j} . Fonte: Resnick e Halliday

A representação em três dimensões do vetor velocidade \mathbf{v} em relação ao vetor \mathbf{r} será dada por $\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = d\mathbf{r}/dt$, e pode ser escrita da seguinte forma em três dimensões:

$$\begin{aligned}\mathbf{r} &= x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \\ \mathbf{v} &= \dot{x}\hat{i} + \dot{y}\hat{j} + \dot{z}\hat{k}\end{aligned}\quad (1-6)$$

sendo

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}; \quad \dot{y} = \frac{dy}{dt}; \quad \dot{z} = \frac{dz}{dt}$$

que são as componentes escalares $v_x = \dot{x}$, $v_y = \dot{y}$, e $v_z = \dot{z}$ do vetor \mathbf{v} .

Podemos agora determinar o movimento em uma dimensão se considerarmos que o móvel se desloca apenas na direção $0x$, sendo assim $v_y = 0$ e $v_z = 0$, logo a Eq.1-6 pode ser escrita como,

$$\mathbf{v} = v_x\hat{i} \text{ (movimento unidimensional)}. \quad (1-7)$$

Sendo v_x o componente escalar da velocidade na direção $0x$, o vetor unitário \hat{i} tem a orientação positiva, então se \mathbf{v} estiver nesse sentido temos, v_x igual a $(+v)$ e se estiver no sentido oposto então será $(-v)$. Portanto no movimento unidimensional só temos uma direção e dois sentidos, o positivo e o negativo, para o movimento bidimensional e tridimensional o sentido negativo do vetor velocidade \mathbf{v} será definido pelo negativo do vetor deslocamento \mathbf{r} .

1.1.4 ACELERAÇÃO

A aceleração é a rapidez com a qual a velocidade varia em relação a um referencial. Essa variação pode ocorrer no valor numérico (módulo) ou na direção, ou em ambos. Pode ser dada numericamente pela razão entre a variação da velocidade pelo intervalo de tempos.

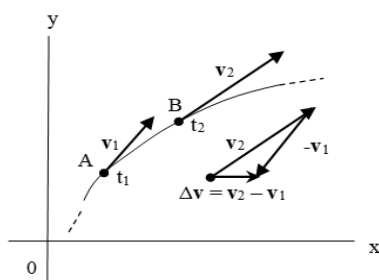


Figura 1.5 - Uma partícula tem velocidade v_1 no ponto A e move-se para o ponto B, onde sua velocidade é v_2 . O triângulo mostra a variação (vetorial) da velocidade $\Delta v (= v_2 - v_1)$ experimentada pela partícula quando ela se move de A para B. Fonte: Resnick e Halliday

A Fig.1.5 mostra uma partícula se movendo em um sistema de coordenadas xOy . No instante t_1 , ela está no ponto **A** com velocidade instantânea v_1 e no instante t_2 está na posição **B** com velocidade instantânea v_2 . Podemos definir a aceleração média, \bar{a} , por

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1-7)$$

Sua unidade de medida é a razão entre a unidade de medida de velocidade (m/s) e a de tempo (s), que fica m/s^2 .

Tal qual a velocidade média que era definida apenas pela diferença dos vetores posição r_2 e r_1 e do intervalo de tempo, sem se importar com o que acontecia entre eles, assim também ocorre para determinar a aceleração média \bar{a} , que é definida pela Eq. 1-7, sem levar em conta com o que ocorre com as velocidades da partícula depois que sai do ponto **A**, com velocidade v_1 e antes de chegar ao ponto **B** com a velocidade v_2 .

Fazendo uma análise do que pode acontecer com o vetor aceleração entre os pontos A e B de uma trajetória qualquer, começamos supondo que ela não varie nem em seu módulo e nem em sua direção, teremos, portanto, uma *aceleração constante*, logo a variação da velocidade em relação ao tempo é uniforme em módulo direção e sentido. De outro modo se o vetor velocidade não variar, teremos *aceleração nula*. Mas se o vetor aceleração estiver variando durante todo o trajeto, em módulo, ou em direção ou em ambos, então temos que defini-lo em cada ponto da trajetória, ou seja, definir a *aceleração instantânea*, que pode ser escrita da seguinte forma:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dr}{dt} \right) = \ddot{r} \quad (1-8)$$

Isto significa que a *aceleração a* em um determinado instante t é definida pelo limite que a variação da velocidade Δv diminui à medida que o intervalo de tempo Δt tende a zero. A direção de a é a mesma de Δv no limite que ela tende a zero e o seu módulo é dado por $a = |a| = |dv/dt| = |\ddot{r}|$

O caso clássico de aceleração constante ocorre quando a velocidade varia seu módulo uniformemente com o tempo, mas sua direção permanece a mesma. Outro caso, diferente deste, ocorre quando a velocidade não varia seu módulo em uma trajetória circular, mas sua direção muda constantemente, neste caso a velocidade é variável, pois sua direção não é constante.

Assim como definimos a velocidade para o movimento em duas dimensões, fazendo uso da Fig.1.4, também o faremos a extensão tridimensional para a aceleração,

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\hat{\mathbf{i}} + \frac{dv_y}{dt}\hat{\mathbf{j}} + \frac{dv_z}{dt}\hat{\mathbf{k}},$$

ou

$$\mathbf{a} = a_x\hat{\mathbf{i}} + a_y\hat{\mathbf{j}} + a_z\hat{\mathbf{k}} \quad (1-9)$$

ou

$$\mathbf{a} = \dot{v}_x\hat{\mathbf{i}} + \dot{v}_y\hat{\mathbf{j}} + \dot{v}_z\hat{\mathbf{k}}$$

ou

$$\mathbf{a} = \ddot{x}\hat{\mathbf{i}} + \ddot{y}\hat{\mathbf{j}} + \ddot{z}\hat{\mathbf{k}} \quad (1-10)$$

onde $a_x (= dv_x/dt)$, $a_y (= dv_y/dt)$ e $a_z (= dv_z/dt)$ são os componentes escalares da aceleração \mathbf{a} estendida da Fig.1.4a. (Resnick e Halliday, 1983) para três dimensões

Para o movimento em uma única direção, escolhamos a direção 0x, fazendo $a_x = 0$ e $a_y = 0$, podemos escrever a aceleração unidimensional como,

$$\mathbf{a} = a_x\hat{\mathbf{i}} \quad (1-11)$$

Sendo $\hat{\mathbf{i}}$ o vetor unitário que aponta no sentido positivo do eixo 0x, a_x terá sentido positivo e sentido negativo para o sentido oposto.

1.1.5 ACELERAÇÃO CONSTANTE

Consideremos uma partícula movendo-se com aceleração constante em linha reta na direção do vetor \mathbf{r} , sendo assim a aceleração média é igual a aceleração instantânea medida em qualquer ponto da trajetória. Se medirmos a velocidade em dois pontos arbitrários da trajetória, sendo $t_1 = 0$ o instante do primeiro ponto, \mathbf{r}_0 , e $t_2 = t$ o instante do segundo ponto, x . Consideremos \mathbf{v}_0 o vetor velocidade no primeiro e \mathbf{v} a velocidade no segundo, sendo assim podemos da Eq.1-7, fazer,

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - 0}$$

ou

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t. \quad (1-12)$$

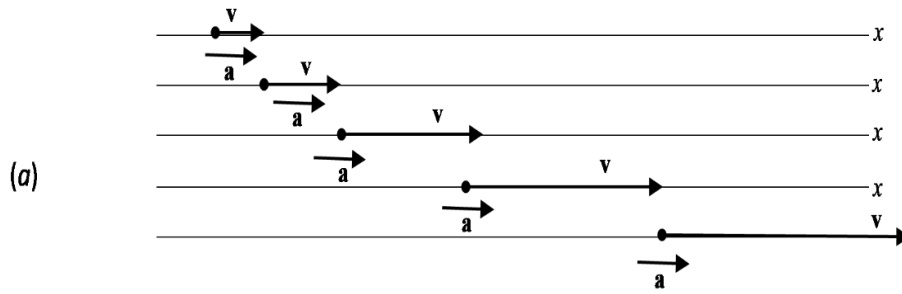
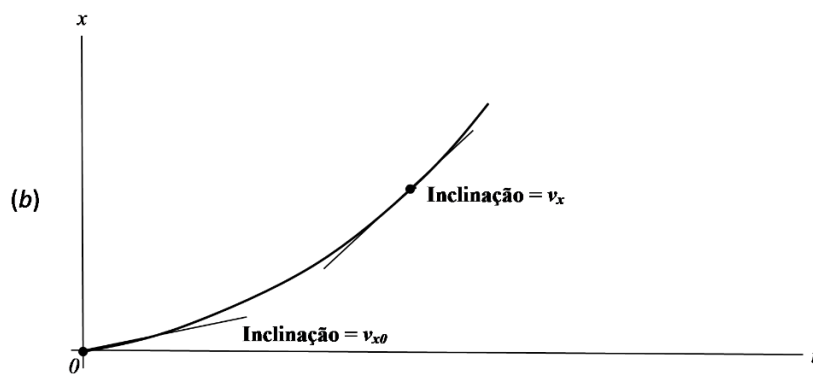
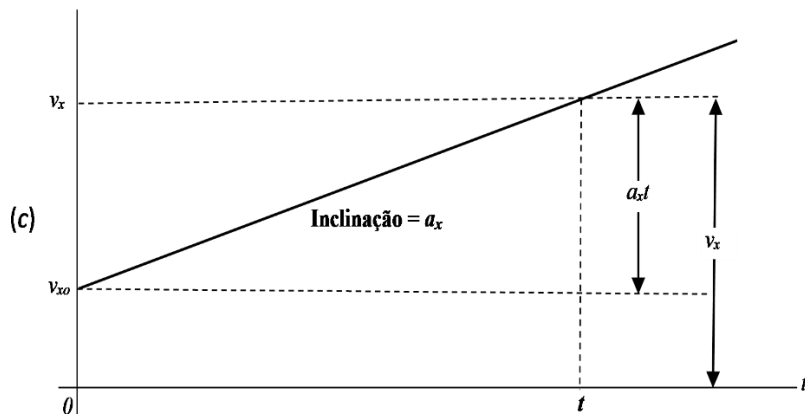


Figura 1.6. Fonte: Resnick e Halliday

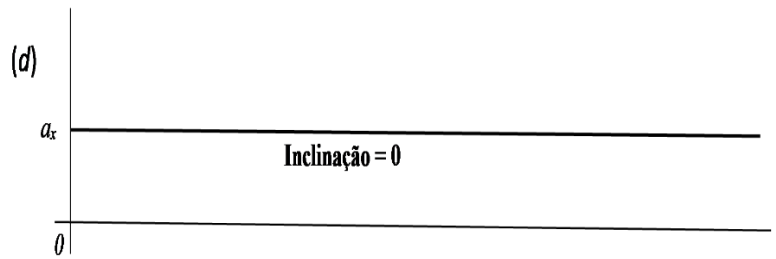
(a) Cinco "instantâneos" sucessivos do movimento retilíneo com aceleração constante. As setas nas esferas representam v ; as que estão por baixo representam a .



(b) O deslocamento aumenta quadraticamente, de acordo com $x = v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2$. Sua inclinação aumenta uniformemente e em cada instante tem o valor v_x , a velocidade.



(c) A velocidade v_x cresce uniformemente de acordo com $v_x = v_{x0} + a_x t$. Sua inclinação é constante e em cada instante tem o valor a_x , a aceleração.



(d) A aceleração a_x tem um valor constante; sua inclinação é zero.

Para demonstrar as outras equações que regem o movimento unidimensional verificamos que a Eq.1-11 descreve uma linha reta em um gráfico $v_x t$ na Fig. 1.6c, isso significa que o movimento é uniformemente variado e nesse caso podemos definir a velocidade média \bar{v}_x como sendo a média aritmética da velocidade nos instantes t_0 e t .

$$\bar{v}_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2}. \quad (1-12)$$

Podemos definir a posição da partícula no instante t , sabendo a posição inicial e a velocidade média por

$$v_x = v_{x0} + a_x t.$$

Substituindo a Eq.1-12 nessa expressão, temos

$$x = x_0 + \left(\frac{v_{0x} + v_x}{2}\right)t. \quad (1-13)$$

Agora podemos definir a posição do móvel no instante t se conhecermos a posição inicial, x_0 , a velocidade inicial, v_{0x} e a velocidade nesse instante, que pode ser obtida fazendo uso da Eq.1-11, portanto podemos inseri-la na Eq.1-13, e teremos

$$x = x_0 + \left(\frac{v_{0x} + v_{x0} + a_x t}{2}\right)t.$$

Que podemos escrever da seguinte forma

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2. \quad (1-14)$$

Podemos reorganizar a Eq.1-11 para definir o tempo t e depois substituí-la na Eq.1-13 para obtermos v_x com a seguinte expressão

$$v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0). \quad (1-15)$$

A tabela abaixo (Tab.1.1) lista as equações que regem o movimento de uma partícula em uma dimensão.

Equação Número	Equação	Variáveis			
		x	v_x	a_x	t
1-11	$v_x = v_{x0} + a_x t$	x	√	√	√
1-13	$x = x_0 + \frac{1}{2}(v_{0x} + v_x)t$	√	√	x	√
1-14	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$	√	x	√	√
1-15	$v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0)$	√	√	√	x

Tabela 1.1 - Equações que descrevem o movimento retilíneo com aceleração constante. Fonte: Resnick e Halliday

(A posição x_0 e a velocidade v_{x0} no instante inicial $t = 0$ são as condições iniciais)

O movimento em que a aceleração é nula, $a_x = 0$, é uma particularidade do sistema de equações da Tab.1-1, implica em $v_x = v_{0x}$, e na equação $x = x_0 + v_{0x}t$, que define o deslocamento da partícula em movimento unidimensional com velocidade constante.

1.1.6) COERÊNCIA DE UNIDADES DE MEDIDA

É importante entender que as equações da Tab.1 não devem ser memorizadas e sim ter a compreensão que elas fazem parte de um sistema que deve ser entendido, devemos saber qual a origem de cada equação e qual a sua finalidade, depois que chegamos a essa compreensão, através da resolução de alguns exercícios, então as equações serão fáceis de serem lembradas, ou deduzidas.

Outro fato importante para o entendimento deste capítulo é que antes de usarmos uma equação, para verificar se de fato ela está correta é analisarmos se suas unidades de medida estão coerentes. Se estamos determinando a posição de um móvel então a unidade de medida é a de comprimento, o metro por exemplo, m, ou se estamos determinando o tempo sua unidade de medida pode ser o segundo, s, então se o que queremos determinar é o valor de uma velocidade sua unidade de medida, coerente com as do espaço e tempo deve ser o de comprimento pelo tempo, o m/s. E se for aceleração deve ser o m/s^2 . Como exemplo podemos analisar a Eq.1.15 que determina velocidade ao quadrado $(m/s)^2$. O termo $a_x(x - x_0)$ tem que dar $m^2/s^2 = (m/s)^2$,

$$\text{Aceleração} \times \text{comprimento} = \frac{\text{comprimento}/\text{tempo}}{\text{tempo}} \times \text{comprimento} = \frac{\text{comprimento}^2}{\text{tempo}^2}$$

Ou

$$(L/T)/T \times L = L^2/T^2 = (L/T)^2$$

Comprovando que a equação está dimensionalmente correta.

1.1.7) CORPOS EM QUEDA LIVRE

No estudo dos fenômenos físicos muitas vezes temos que criar modelos perfeitos para podermos explicar melhor certos eventos, como a queda de uma fruta de uma árvore, por exemplo. Podemos determinar a velocidade com a qual ela chegará ao solo, basta que consideremos, conforme a Fig. 1.7, a aceleração com a qual ela cai como sendo constante, e desconsiderar a existência da resistência do ar. A este modelo chamamos de “queda livre”.

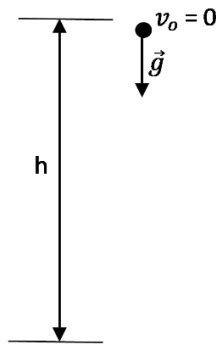


Figura 1.7 - Queda Livre

Um corpo em queda livre se move com velocidade variável, a aceleração é chamada de aceleração da gravidade e é representada por \mathbf{g} , em pequenas altitudes, como o galho de uma árvore, por exemplo. Sua variação é insignificante e seu valor pode ser considerado constante e aproximadamente igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

1.1.8) EQUAÇÕES DO MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE

As equações do movimento em queda livre são as mesmas do movimento com aceleração constante em uma dimensão, sendo que a direção do movimento é a vertical. Se adotarmos o eixo $0y$ com origem no solo, seu sentido positivo será de baixo para cima, como a aceleração da gravidade \mathbf{g} é um vetor que aponta para o centro da terra, ou seja, de cima para baixo, aponta no sentido negativo de $0y$, porém a orientação de $0y$ poderá ser convenientemente invertida para facilitar a resolução de alguns problemas.

Fazendo a mudança de eixo do nosso referencial de $0x$ para $0y$ e $y_0 = 0$, as equações de movimento listadas na Tab.1 podem ser escritas da seguinte forma,

$$v_y = v_{y0} + a_y t$$

$$y = \frac{1}{2}(v_{0y} + v_y)t$$

$$y = v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$v_y^2 = v_{y0}^2 + 2a_y y$$

podemos ainda substituir a aceleração a_y por $-g$, que é o módulo da aceleração da gravidade.

MOVIMENTO UNIDIMENSIONAL

2.1) PRINCÍPIOS BÁSICOS DA CINEMÁTICA ESCALAR – FORMALIZAÇÃO PARA O ENSINO MÉDIO

2.1.1) REFERENCIAL

Para que possamos começar a compreender melhor o estudo da Cinemática é necessário que sejam definidos alguns conceitos básicos. O primeiro que se faz necessário é definir o sistema onde será realizado o estudo, que pode ser um espaço onde existe de um ponto de referência ou referencial, que serve para medir a posição de qualquer corpo contido nesse espaço a partir deste ponto de referência ou referencial. Como exemplo podemos citar uma sala de aula onde a posição de cada cadeira geralmente é definida a partir da porta da sala. Então podemos dizer que a porta é o referencial e a partir dela podemos classificar todas as fileiras de cadeiras como a primeira fileira a mais próxima da porta e a última fileira a mais distante da porta. Um dos sistemas de referência mais utilizados é o sistema de coordenadas cartesianas, ou sistema cartesiano, Fig. 2.1, (utiliza as coordenadas x , y e z que definem retas perpendiculares entre si), os outros sistemas são o cilíndrico e o esférico, que serão discutidos em um outro capítulo. O lugar ocupado por um corpo qualquer é denominado de **posição** e um corpo que pode mudar de posição no espaço recebe o nome de **móvel**.

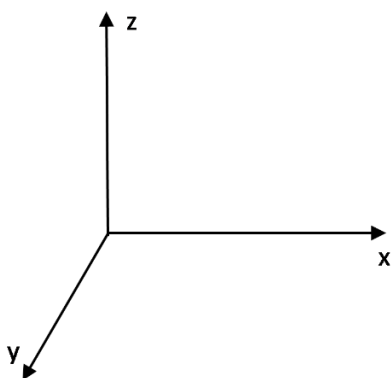


Figura 2.1 – Plano Cartesiano.

2.1.2) MÓVEL

Um móvel pode ser classificado, conforme sua dimensão em relação ao espaço onde ocorre o fenômeno, como **ponto material** ou **corpo extenso**. Segundo Ramalho e Toledo (2009): Ponto material é um corpo cujas dimensões não interferem no estudo de determinado fenômeno... Quando as dimensões de um corpo são relevantes no estudo de determinado fenômeno, ele é chamado corpo extenso.

2.1.3) MOVIMENTO E REPOUSO

Quando um ponto material muda sua posição em relação a um referencial no decorrer do tempo, dizemos que este corpo está em **movimento**. Mas se o móvel permanece na mesma posição com o passar do tempo em relação a um referencial, dizemos que este objeto está em **repouso**, porém existe ao menos um outro referencial em relação ao qual este móvel estará em movimento, logo o conceito de **movimento e repouso** é relativo, ou seja, depende do referencial adotado. Como exemplo podemos citar o caso de uma pessoa sentada na poltrona de um ônibus que se aproxima de uma estação, a pessoa está em repouso em relação ao motorista, pois ambos continuam na mesma posição em relação ao referencial poltrona do ônibus, mas esta mesma pessoa está em movimento em relação a um ponto fixo na estação.

2.1.4) DESLOCAMENTO, ESPAÇO PERCORRIDO E TRAJETÓRIA

O **deslocamento** é a diferença entre a posição final do móvel e sua posição inicial em relação a um referencial. Na Fig. 2.2 mostra o deslocamento ΔS de um móvel de uma posição **A** para a posição **B**. Logo o deslocamento é dado por:

$$\Delta S = S_B - S_A$$

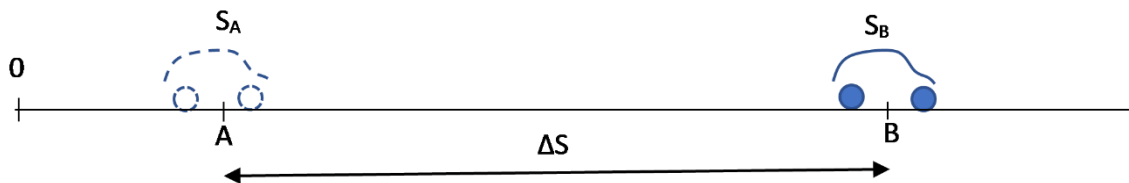


Figura 2.2 – Deslocamento positivo.

O deslocamento pode ser positivo, negativo ou nulo de acordo com o referencial adotado e só se leva em consideração a posição inicial e a final.

O **espaço percorrido** ou **distância percorrida (D)**, por um móvel é determinado por todas as posições por onde o móvel passou, ou seja, é o somatório do valor absoluto de todos os deslocamentos, não depende somente de onde o móvel sai e onde chega, como ocorre com o deslocamento. Pode ser dado por,

$$D = |\Delta S_1| + |\Delta S_2| + |\Delta S_3| + \dots + |\Delta S_n|$$

O caminho percorrido pelo móvel descreve uma **trajetória** de acordo com a visão de um observador em um determinado referencial, pois, um outro observador em um referencial diferente pode observar outra trajetória, logo, este conceito também é relativo. Podemos citar como exemplo podemos citar a trajetória de um ponto **P** localizado na ponta de uma hélice de um helicóptero que está decolando, sendo observado por duas pessoas: uma no solo e a outra pilotando a aeronave.

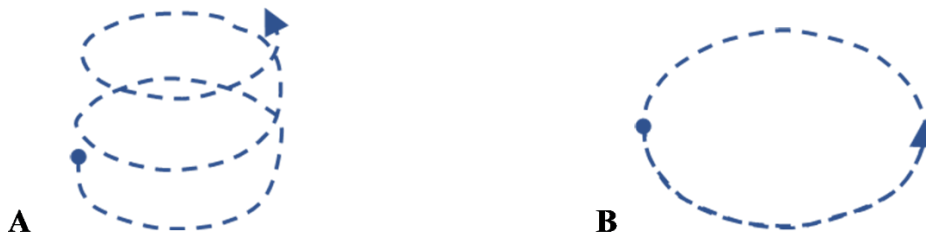


Figura 2.3 - A) trajetória vista por um observador no solo; B) trajetória vista por um observador dentro da aeronave.

2.1.5) VELOCIDADE MÉDIA E VELOCIDADE INSTANTÂNEA

A rapidez com a qual um móvel muda de posição no decorrer do tempo é chamada de **velocidade escalar média** (v_m), e é dada pela seguinte equação matemática:

$$V_m = \Delta S / \Delta t,$$

Sendo, $\Delta S = S_f - S_i$, e $\Delta t = t_f - t_i$.

Quando um automóvel está em movimento e queremos saber qual é a sua velocidade naquele instante, basta olharmos para o velocímetro. A esta velocidade chamamos de **velocidade instantânea** (v_{inst}), porém de esta velocidade não mudar no decorrer do tempo, então dizemos que o móvel está realizando um **movimento uniforme**.

Movimento Retilíneo Uniforme

Se um móvel se movimenta conforme a Fig.2.4 em uma linha reta com velocidade constante, podemos dizer que ele está em **Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)**.



Figura 2.4 - Movimento Retilíneo Uniforme

A equação que rege este movimento e a **função horária dos espaços**, que deriva da equação da velocidade média que fica:

$$S = S_0 + vt.$$

Podemos classificar os tipos de movimento, quanto ao deslocamento de um móvel, como sendo **progressivo** ou **retrógrado**.

Na figura o móvel com velocidade positiva está se movendo no sentido positivo do referencial, seu deslocamento é maior que zero, logo descreve **movimento progressivo**. O outro móvel está no sentido oposto ao sentido positivo, sua velocidade é negativa porque seu deslocamento é negativo, este móvel descreve o **movimento retrógrado**.

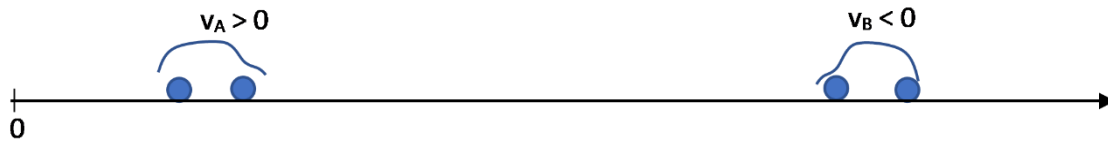


Figura 2.5 – Movimentos progressivo e retrógrado

A função horária dos espaços do MRU pode ser escrita da seguinte forma:

$$S = S_0 \pm vt,$$

Para o **movimento progressivo** fica $S = S_0 + vt$, e

Para o **movimento retrógrado** fica $S = S_0 - vt$.

Velocidade relativa, encontro e ultrapassagem

A velocidade de aproximação ou afastamento entre dois móveis, um em relação ao outro, que estejam no mesmo sentido ou em sentidos opostos, em relação a um referencial, conforme a Fig.2.6, é denominada de **velocidade relativa**.



Figura 2.6 – a) Móveis em sentidos opostos

b) Móveis no mesmo sentido

Para a aproximação de dois móveis em sentidos opostos a **velocidade relativa** (v_R) é dada por:

$$v_R = v_A + v_B$$

Para a aproximação, ou afastamento, de dois móveis no mesmo sentido **velocidade relativa** (v_R) é dada por:

$$v_R = v_A - v_B,$$

quando $v_A > v_B$ a velocidade relativa será positiva e ocorrerá uma aproximação entre os dois móveis. Porém quando $v_A < v_B$ a velocidade relativa será negativa e ocorrerá um afastamento entre os dois móveis. Essas informações podem ser obtidas quando igualamos as funções horárias dos dois móveis, fazendo,

$$S_A = S_B,$$

isso significa que podemos encontrar o tempo e a posição de **encontro ou ultrapassagem** entre os dois móveis, pois se um estiver em movimento progressivo e

o outro em movimento retrógrado, conforme a Fig.2.6a, ocorrerá um **encontro**. Se ambos estiverem no mesmo sentido, conforme a Fig.2.6b com $v_A > v_B$ então ocorrerá uma **ultrapassagem**. Mas se $v_A < v_B$ o tempo que será encontrado será negativo, isso significa que a ultrapassagem já ocorreu e a distância entre os móveis só aumentará.

SOBRE ENSINO HÍBRIDO

3.1) ENSINO HÍBRIDO: PERSONALIZAÇÃO E TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

Existem várias formas de ensinar, vários métodos comprovadamente eficientes, uns colocando o professor como o centro, a fonte de todo o conhecimento. Estes são classificados como tradicionais e ultrapassados por aqueles que defendem um ensino mais moderno e contemporâneo. Nesses o aluno é o protagonista e o professor não é mais a única fonte de conhecimento, este deixa o protagonismo para o aluno e passa a ser um orientador de ensino e aprendizagem, uma espécie de consultor. E por fim temos o ensino a distância, onde o aluno não tem a presença do professor no mesmo ambiente físico que ele. O projeto de ensino proposto neste trabalho usa o conceito um conceito que não é novo pois faz uso de aulas expositivas, mas também não é ultrapassado pois faz uso das novas tecnologias de comunicação, não está centralizado no professor e nem no aluno, ambos são protagonistas. Nosso projeto compartilha da ideia de um ensino denominado de híbrido, pois faz uma mistura de todos esses modelos para, de certa forma, personalizar a aprendizagem de cada aluno com o auxílio das novas tecnologias. Essa ideia está exposta no livro “Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na educação.”

Nas palavras dos seus organizadores Lilian Bacich, Adolfo Tanzi Neto e Fernando de Mello Trevisani, “Ele é fruto das reflexões dos coordenadores e professores que participaram do Grupo de Experimentações em Ensino Híbrido desenvolvido pelo Instituto Península e pela Fundação Lemann, cujo objetivo foi levar um grupo de professores a vivenciar novas formas de atuação, planejamento e uso integrado das

tecnologias digitais em sala de aula, para que verificassem até que ponto esses encaminhamentos metodológicos poderiam impactar nos resultados esperados em relação ao desempenho de suas turmas”. Nesse modelo fica explícito o papel do professor com sendo essencial no processo de aprendizado de cada aluno, de modo que após ter conhecimento parcial da potencialidade de cada um, é possível fazer atividades diferenciadas, como por exemplo lançar um desafio para que os alunos mais empenhados e estudos e exercícios para os que estão com dificuldades na disciplina. Isto também serve para construir a autonomia do aluno, para que ele possa se acostumar a ser protagonista do processo de aprendizado de sua vida escolar e pessoal.

O processo de aprendizagem de um indivíduo não é uma coisa simples, “podemos ensinar e aprender de inúmeras formas, em todos os momentos, em múltiplos espaços. Híbrido é um conceito rico, apropriado e complicado”, (Bacich, Tanzi Neto e Trevisani, 2015). O termo significa misturado, que é o que ocorre com o processo de ensino e aprendizagem de um jovem, que nesses tempos tem muito mais informações disponíveis, e em qualquer lugar, desde que tenha acesso à internet. Existe ainda outras fontes de informações como por exemplo a escola, a família e amigos. Aprendemos conversando, lendo livros, vendo um filme, uma peça teatral, assistindo televisão, e etc. Toda essa mistura de fontes de informação é que torna a aprendizagem naturalmente híbrida. A proposta deste trabalho é a de que todos esses meios possam ser introduzidos pela escola para que o aprendiz possa se sentir apoiado e acompanhado quando estiver na escola ou em sua casa fazendo atividades escolares com a possibilidade de poder assistir a uma videoaula para tirar suas dúvidas. E a escola pode participar não somente do projeto acadêmico deste jovem, mas do seu projeto de vida também, com orientações mais personalizadas.

A personalização do ensino já é realizada em alguns países do mundo, com realidade bem diferente da nossa. Segundo o norte americano Michael Horn, cofundador do Instituto Clayton Christensen de Inovação Disruptiva, em uma entrevista à revista *Porvir* em 2014:

*Temos visto distritos do país inteiro se engajarem mais profundamente com o ensino híbrido. A cidade de Nova York, Houston, Miami Dade... São grandes distritos que estão fazendo dessa metodologia o centro de sua estratégia de transformação. Em uma escala menor, temos outros, como o **Quakertown Public Schools in Pennsylvania**. Temos também a **Florida Virtual School**.*

que é um distrito de escolas públicas que está servindo centenas de milhares de estudantes não só na Flórida, mas no mundo. Existem alguns sinais de esperança.

Segundo o Site *Blended Learning Universe*, nessas escolas que adotam essa modalidade de ensino, onde os alunos são acompanhados de forma mais personalizada, pelo menos um dos modelos, descritos nas figuras de 3.1 a 3.7, é aplicado.

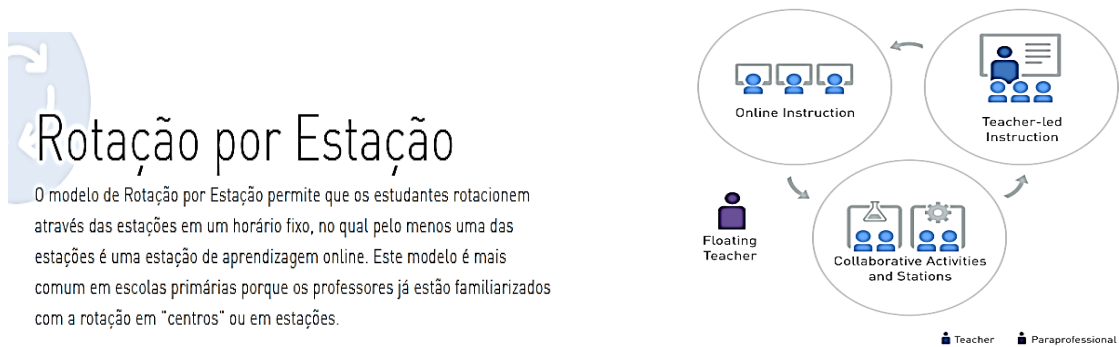


Figura 3.1 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

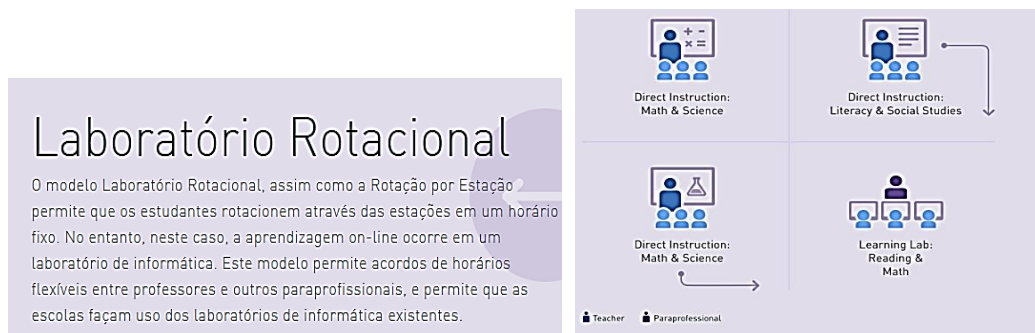


Figura 3.2 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

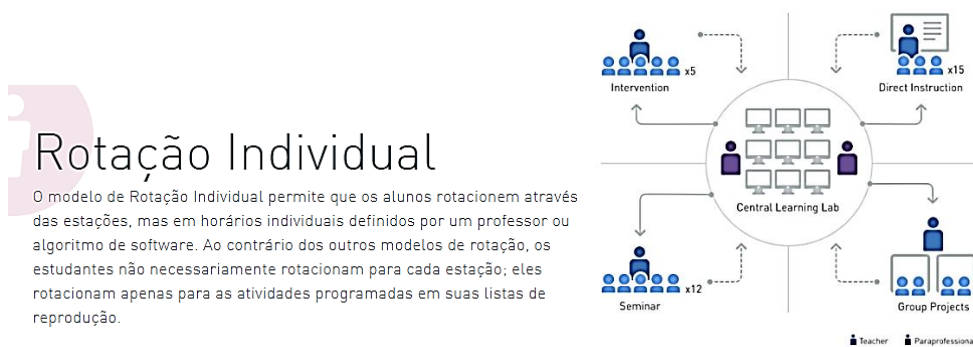


Figura 3.3 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Sala de Aula Invertida

O modelo de Sala de Aula Invertida inverte a relação tradicional entre o tempo de aula e dever de casa. Os estudantes aprendem em casa através de cursos e aulas on-line, e os professores usam o tempo de aula para práticas ou projetos orientados pelo professor. Este modelo permite que os professores usem o tempo de aula para mais do que dar aulas tradicionais.



Figura 3.4 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

Flex

O modelo Flex permite que os estudantes se movam em horários fluidos entre as atividades de aprendizagem de acordo com suas necessidades. A aprendizagem on-line é a espinha dorsal da aprendizagem do estudante em um modelo Flex. Os professores fornecem apoio e instrução numa base flexível, conforme a necessidade enquanto os estudantes trabalham através do currículo e do conteúdo do curso. Este modelo pode dar aos estudantes um alto grau de controle sobre sua aprendizagem.

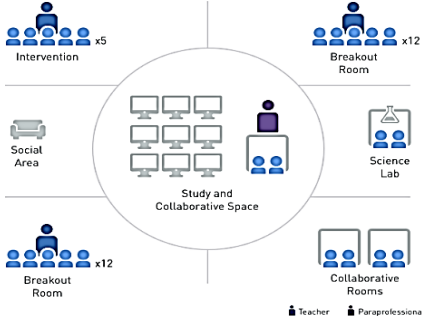


Figura 3.5 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

A La Carte

O modelo A La Carte permite que os estudantes façam um curso on-line com um professor online além de outros cursos presenciais, que muitas vezes proporcionam aos estudantes mais flexibilidade sobre seus horários. Os cursos La Carte podem ser uma ótima opção quando as escolas não podem oferecer oportunidades de aprendizagem específicas, como uma Colocação Avançada ou cursos eletivos, tornando este um dos modelos mais populares em escolas secundárias híbridas.

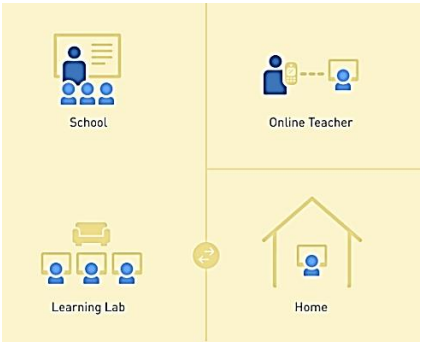


Figura 3.6 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

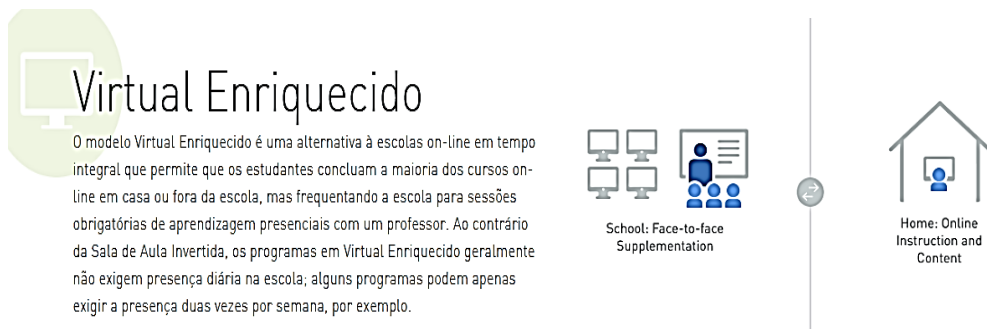


Figura 3.7 - fonte: (BLU - Blended Learning Universe)

O que foi aplicado no Brasil pela Fundação Lemann e Pelo Instituto Península foi uma adaptação desses planos de aula para a nossa realidade.

O Ensino Híbrido já é realidade em escolas brasileiras, conforme noticiado em jornais, “Em 2015, o Colégio Prudente de Moraes começou a implementação dessas metodologias inovadoras (Ensino Híbrido e Sala de Aula Invertida), quando iniciou a preparação dos professores neste novo formato de educação. No ano seguinte, implantou as ferramentas do *Google for Education*, capacitou sua equipe de professores e coordenadoras e adquiriu *chromebooks* para serem utilizados em sala de aula...Os professores do Colégio Prudente já implementaram as novas metodologias em sala de aula. Eles perceberam que todos os alunos ficam comprometidos e motivados com essa nova forma de aprender, assim como os professores em ensinar”. Lina Nonaka (Estadão - 28 de março de 2018). O uso da tecnologia na educação não pode mais ser privilégio das escolas particulares ou de algumas que fazem parte da rede pública ela deve ser democratizada.

4.2) SOBRE O GOOGLE SALA DE AULA

Todo professor precisa saber administrar o tempo que tem para preparar suas aulas, organizar suas turmas e elaborar atividades para seus alunos. O Google Sala de Aula proporciona ao professor mais agilidade na realização de todas dessas tarefas.

Apresentaremos a seguir o suporte de ajuda do Google Sala de Aula para o acesso ao amigo professor, para que seja possível criar e administrar suas próprias turmas pelo app ou por um computador. A Fig.4.1 é a imagem da página de principal após as turmas serem criadas



Figura 4.1 Turmas (Fonte: Google Sala de Aula)

Apresentaremos a seguir como fazer login e cadastrar suas turmas, conforme o tutorial do Google Sala de Aula apresentado nas figuras de 4.2 a 4.15.

Fazer login pela primeira vez

1. Em classroom.google.com, clique em **Acesse o Google Sala de Aula**.



2. Digite seu nome de usuário e clique em **Próxima**.

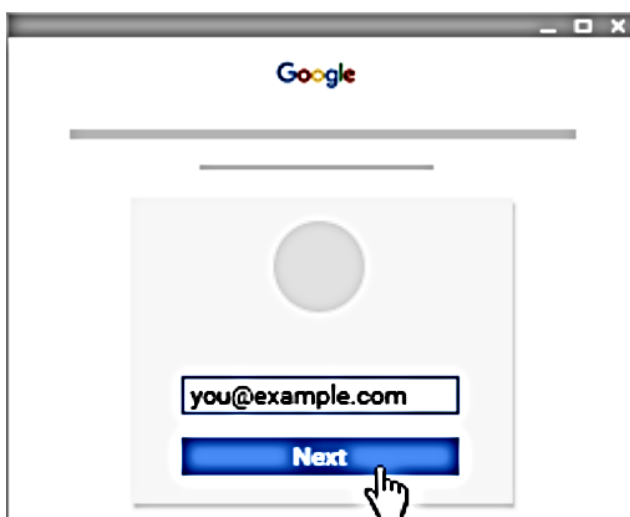


Figura 4.2 - (Fonte: Google Sala de Aula)

3. Digite sua senha e clique em **Próxima**.



4. Se houver uma mensagem de boas-vindas, leia e clique em **Aceitar**.



Figura 4.3 - (Fonte: Google Sala de Aula)

5. Se você estiver usando uma conta do G Suite for Education, clique em **Sou aluno** ou **Sou professor**.

Observação: os usuários com Contas do Google pessoais não veem essa opção.



6. Clique em **Primeiros passos**.

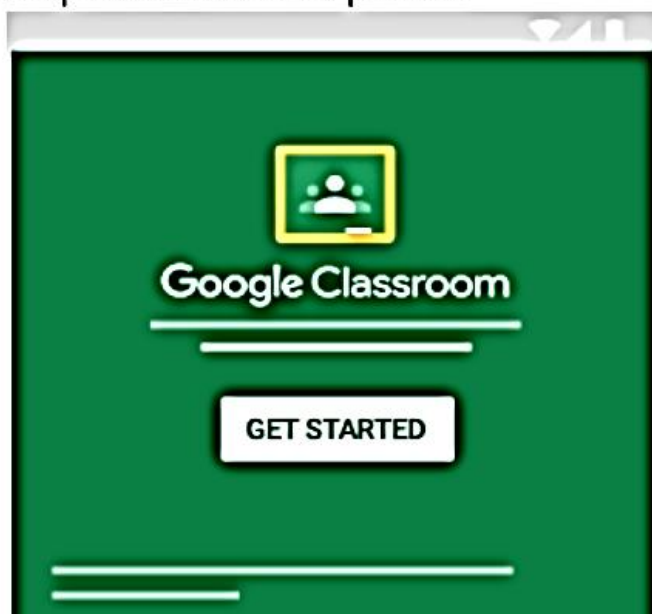


Figura 4.4 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Criar uma turma

Uma das primeiras ações de um professor no Google Sala de aula é criar turmas. Em uma turma, você pode atribuir trabalhos e postar avisos para os alunos.

Qualquer pessoa com mais de 13 anos pode criar uma turma usando uma Conta do Google pessoal.

Android

Computador

iPhone e iPad

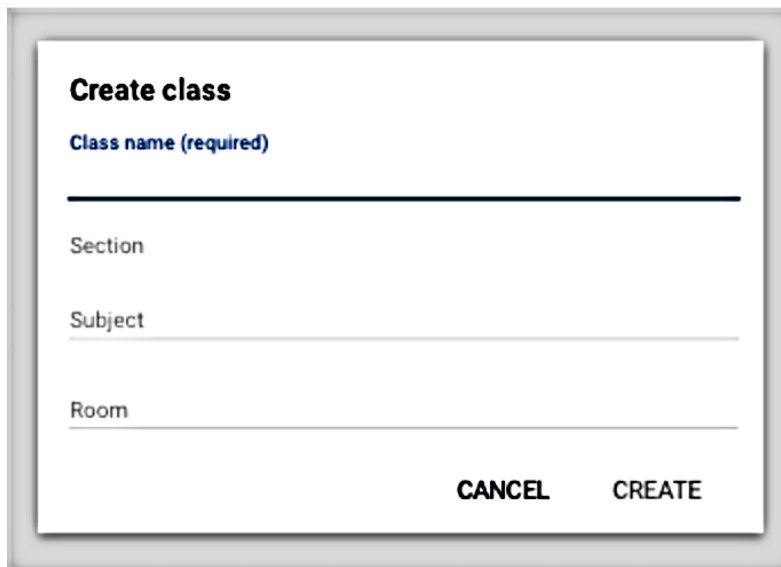
Criar uma turma

1. Acesse classroom.google.com [🔗](#) .
2. Na página inicial do Sala de Aula, clique em Adicionar **+** > **Criar turma**.



Figura 4.5 - (Fonte: Google Sala de Aula)

3. Digite o nome da turma.



Create class

Class name (required)

Section

Subject

Room

CANCEL CREATE

4. (Opcional) Para incluir uma breve descrição, a série ou o horário da turma, clique em **Seção** e digite os detalhes.

5. (Opcional) Para incluir a disciplina, clique em **Disciplina** e digite o nome ou clique em uma das opções da lista que é exibida enquanto você digita.

6. (Opcional) Para incluir a localização da turma, clique em **Sala** e digite os detalhes.

7. Clique em **Criar**.



Todas as novas turmas têm a página "Atividades", que pode ser removida. Se você removê-la, o professor principal da turma poderá adicioná-la novamente. Para saber mais detalhes, consulte **Adicionar ou remover a página "Atividades"**.

Figura 4.6 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Ao criar uma tarefa, você pode:

- postar para uma ou mais turmas;
- postar para alunos específicos;
- adicionar uma data ou um horário de entrega;
- adicionar um tópico;
- adicionar anexos.

Criar uma tarefa

1. Toque em Sala de Aula  > selecione a turma.
2. Toque em Adicionar  > Tarefa.
3. Digite o título e as instruções que você quiser.

Postar para uma ou mais turmas

1. Ao lado do nome da turma, toque em Próxima > .
2. Toque em qualquer outra turma > **Concluído.**

Observação: não é possível postar para alunos específicos em várias turmas. As postagens para várias turmas são compartilhadas com todos os alunos das turmas.

Figura 4.7 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Adicionar um tópico

1. Toque em **Nenhum tópico**.
2. Escolha uma opção:
 - Para criar um tópico, toque em **Adicionar tópico** e digite um nome para ele.
 - Para selecionar um tópico na lista, toque nele.
3. Toque em **Salvar**.

Observação: só é possível adicionar um tópico a uma tarefa.

Adicionar anexos

Você pode adicionar arquivos do Google Drive, links, imagens ou vídeos do YouTube à sua tarefa. Nos dispositivos com Android 7.0 Nougat, você pode arrastar os materiais para o Google Sala de aula a partir de outro aplicativo quando os dois aplicativos estiverem abertos no modo de tela dividida. Saiba mais sobre o [Android 7.0 Nougat](#).

Toque em Anexar  e escolha uma opção:

Figura 4.8 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Adicionar anexos

Você pode adicionar arquivos do Google Drive, links, imagens ou vídeos do YouTube à sua tarefa. Nos dispositivos com Android 7.0 Nougat, você pode arrastar os materiais para o Google Sala de aula a partir de outro aplicativo quando os dois aplicativos estiverem abertos no modo de tela dividida. Saiba mais sobre o Android 7.0 Nougat.

Toque em Anexar  e escolha uma opção:

Observação: se você receber uma mensagem informando que não tem permissão para anexar um arquivo, toque em Copiar. O Google Sala de Aula cria uma cópia para anexar à tarefa e a salva na pasta da turma no Google Drive.



Tipo de anexo	Instruções
 Arquivo	<ol style="list-style-type: none">1. Toque em Arquivo .2. Selecione o arquivo.3. Toque em Abrir.

Figura 4.9 - (Fonte: Google Sala de Aula)









Tipo de anexo	Instruções
 Arquivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toque em Arquivo . 2. Selecione o arquivo. 3. Toque em Abrir.
 Drive	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toque no Google Drive . 2. Toque no item. 3. Toque em Selecionar.
 Link	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toque em Link . 2. Digite o URL. 3. Toque em Adicionar. <p>Use esta opção para vídeos do YouTube.</p>
 Tirar foto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toque em Tirar foto . 2. Tire a foto. 3. Toque em Concluído.

Figura 4.10 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Postar para alunos específicos

Por padrão, uma tarefa é postada para todos os alunos da turma. Você pode postar uma tarefa para alunos específicos. No entanto, não é possível postar para alunos específicos se mais de uma turma estiver incluída. E também não é possível postar para mais de cem alunos específicos de uma vez.

1. Toque em **Todos os alunos**.
2. Toque em **Todos os alunos** para desmarcar a opção.
3. Toque nos alunos para os quais você quer postar a tarefa.
4. Toque em **Concluído**.

Adicionar uma data ou um horário de entrega

Por padrão, a tarefa não tem data de entrega. Para alterar isso:



1. Toque em **Sem data de entrega**, selecione uma data e toque em **OK**.
2. (Opcional) Toque em **Horário**, selecione um horário e toque em **OK**.

Figura 4.11 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Ao criar uma tarefa, você pode:

- postar para uma ou mais turmas;
- postar para alunos específicos;
- adicionar uma data ou um horário de entrega;
- adicionar um tópico;
- adicionar anexos.

Criar uma tarefa

1. Toque em Sala de Aula  > selecione a turma.
2. Toque em Adicionar  > Tarefa.
3. Digite o título e as instruções que você quiser.

Postar para uma ou mais turmas

1. Ao lado do nome da turma, toque em Próxima > .
2. Toque em qualquer outra turma > Concluído.

Observação: não é possível postar para alunos específicos em várias turmas. As postagens para várias turmas são compartilhadas com todos os alunos das turmas.

Figura 4.12 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Postar, programar ou salvar uma tarefa como rascunho



Ao criar uma tarefa, você pode postá-la imediatamente, programá-la para ser postada depois ou salvá-la como rascunho.

Para ver as postagens programadas e os rascunhos, toque em "Postagens salvas" na parte superior da página "Mural" da turma.


Postar uma tarefa

Para postar a tarefa imediatamente, toque em Postar ➤.

Programar tarefa para uma data posterior

1. Toque em Mais ⋮ > Programar.
2. Ao lado de Programar para:
 - a. Toque na data e selecione uma nova data.
 - b. Toque na hora e selecione uma nova hora.

Figura 4.13 - (Fonte: Google Sala de Aula)

Para definir como os alunos interagem com um anexo, ao lado dele, toque em Visualizar  e escolha uma opção:

- **Alunos podem visualizar:** todos os alunos podem ler o arquivo, mas não podem editá-lo.
- **Alunos podem editar:** todos os alunos compartilham o mesmo arquivo e podem fazer alterações nele.
- **Fazer uma cópia para cada aluno:** cada aluno recebe uma cópia do arquivo, e o nome dele aparece no título do documento. No caso de arquivos do Documentos, Planilhas e Apresentações Google, você e o aluno podem editar os documentos. Quando os alunos entregam a tarefa, não podem mais editar o documento até você devolvê-lo.


Para excluir um anexo, ao lado dele, toque em Visualizar  > Excluir.

Figura 4.14 - (Fonte: Google Sala de Aula)

3. Toque em Programar.

A tarefa será postada automaticamente na data e hora programadas.

Observação: você pode programar uma tarefa para uma turma e depois reutilizá-la em outra.

Salvar uma tarefa como rascunho

Para salvar a tarefa como um rascunho, toque em Mais **⋮** > **Salvar rascunho**.

Editar uma tarefa ▼

Reutilizar uma tarefa ▼

Excluir uma tarefa ▼

Figura 4.15 - (Fonte: Google Sala de Aula)

PLANO DE AULA – No Alinhamento Construtivo

5.1) – PLANO DE AULA

Professor: Marco Aurélio Ferreira Simões

Série / Turmas: 1º Anos 01 e 02 - 1º BIMESTRE

Componente Curricular: FÍSICA – Tema/unidade: Movimento Retilíneo Uniforme

Nº AULAS: 03 de 48 min.

Aula 1 – Velocidade média.

Aula expositiva

- **Resultados pretendidos da aprendizagem:** *Memorizar* a equação da velocidade média ($v_m = \Delta s / \Delta t$); *Calcular* a variação do espaço ($\Delta s = s_f - s_i$), variação do tempo ($\Delta t = t_f - t_i$) e a velocidade média ($v_m = \Delta s / \Delta t$) e também fazer a conversão de m/s para km/h e vice-versa.
- **Atividades de ensino:** Aula dialogada apresentando/revisando velocidade média. Apresentação de exemplos.
- **Atividades aprendizagem:** Resolver exercícios baseados nos exemplos dados, para memorizar a equação da velocidade média; calcular deslocamento, variação do tempo e velocidade média e fazer a conversão (calcular) de uma unidade de medida (m/s) para a outra (km/h).

Aula 2 – Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U) – Aula expositiva dialogada e solicitação de atividade para casa.

Aula 2.1 – Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U) - Atividade em casa.

(Os procedimentos abaixo deverão ser compartilhados com os alunos pelo Google Sala de Aula)

Resultados pretendidos da aprendizagem –

Explicar os seguintes conceitos do M.R.U:

- O que é o M.R.U.
- O que é Movimento progressivo e Movimento Retrógrado, fazendo uso de um referencial inercial.

- Encontros, Ultrapassagens e Velocidade Relativa.

Calcular os valores das velocidades relativas.

Atividades de ensino (AV1 de Física do 2º bím) – Atividade em casa: Construir uma maquete para ser utilizada em uma videoaula para explicar conceitos da Cinemática, calcular os valores das velocidades relativas e comparar os resultados.

Materiais

- Uma folha de isopor de 20 mm
- Duas folhas de papel camurça na cor preta e uma na cor verde.
- Uma folha de papel ofício.
- Régua milimetrada de 30 cm.
- Cortador de isopor ou estilete.
- Caneta esferográfica.
- Dois carros em miniatura. (Tipo Hot Wheels)

Procedimentos para construir a pista

- Cada aluno deverá adquirir um carrinho de brinquedo que seja miniatura de um carro real.
- Pesquisar na internet as dimensões reais do carro equivalente à miniatura.
- Medir comprimento da miniatura.
- Obter a escala da miniatura em comparação com as dimensões reais do carro. (dividir o comprimento da miniatura, c , em milímetros pelo comprimento real do automóvel C , em metros. $\rightarrow E = c/C$)

Exemplo: $c = 75 \text{ mm}$; $C = 508 \text{ cm} = 5,08 \text{ m} \rightarrow E = 75/5,08 = 14,763377... \approx 15 \text{ mm/m}$
Isso significa que 15,0 mm representa 1,0 m na maquete.

- Usar a escala obtida para construir uma pista com o isopor e o papel camurça, conforme as seguintes orientações:

- Fazer um corte longitudinal no isopor para obter duas partes compridas e de mesma largura.

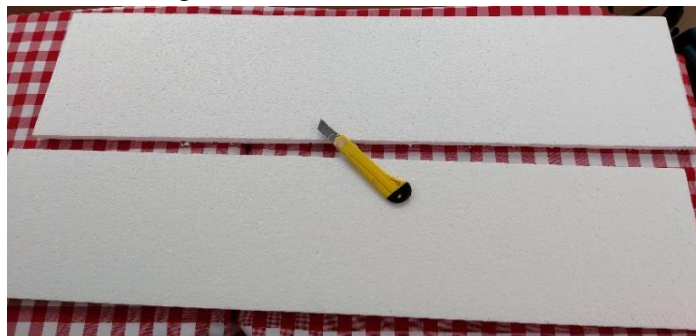


Figura 5.1 - Corte longitudinal

- Colar uma na outra em seu comprimento.
- Desenhar uma estrada com dez metros de largura, fazendo uso da escala obtida, com linhas paralelas de modo que o desenho fique centralizado no isopor.
- Marcar o espaço de dez em dez metros fazendo uso de palitos compridos para churrasco, e desenhar uma linha perpendicular à pista, ao lado de cada palito.



Figura 5.2 - Marcação horizontal e vertical a cada dez metros.

- Colar bandeirinhas com a informação de cada posição nos palitos e marcar linhas a cada metro entre os palitos. (exemplo: palito 1 com a bandeirinha de 0 m, o palito 2 com a bandeirinha de 10 m, o palito 3 com a de 20 m, e assim por diante).

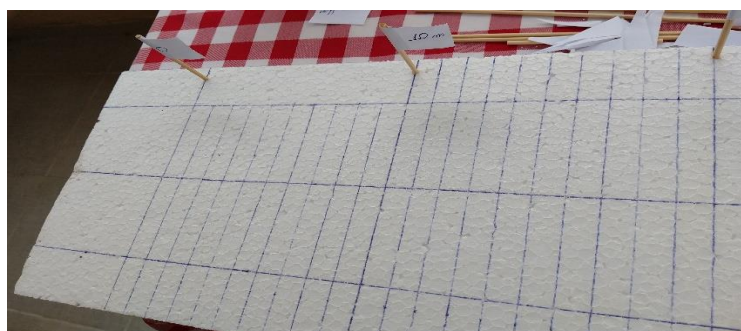


Figura 5.3 - Marcação horizontal a cada metro.

(não faça essas linhas se for colocar o papel camurça ou pintar. Faça as linhas depois de colocar o papel ou pintar)

- Colar o papel camurça preto no centro, para simular o asfalto e o verde na lateral, para simular a vegetação. (não é obrigatório)



Figura 5.4 - Pista pronta com papel camurça imitando o asfalto e a grama.

(As linhas brancas foram feitas com tiras de papel ofício)

Depois desses procedimentos o artefato estará pronto para ser utilizado para produzir um vídeo para explicar cada item a seguir.

Atividade Avaliativa - Fazer uma Videoaula para:

- (1) Explicar o Movimento Retilíneo Uniforme.
- (2) Explicar os Movimentos Progressivo e retrógrado.
- (3) Explicar encontros, e calcular suas velocidades relativas (use velocidade de 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s e 20 m/s). E fazendo uso da equação $v = \Delta S / \Delta t$, onde ΔS é variação da distância entre os carros e Δt é o tempo decorrido no evento, calcular a velocidade relativa. Comparar com a soma das velocidades dos carros.
- (4) Explicar ultrapassagens e suas velocidades relativas: use velocidade de 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s e 20 m/s.

Proceder conforme item (3) para calcular a velocidade relativa e comparar com a subtração das velocidades. (a velocidade maior menos a velocidade menor).

O(A) aluno(a) deve usar termos adequados, como se estivesse em uma sala de aula, em seu vídeo. Não usar gírias, e deve estar fardado.

[Salvar o vídeo no seu Google Drive. \(...@seducam.g12.br\)](#)

Acessar o Google Drive e compartilhar o vídeo com [marco.....@seducam.pro.br](#)

Regras de pontuação da Avaliação

Conceito	Ruim		Regular			Bom			Excelente		
	D-	D	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A	A+
Escala de nota	0,0	4,0	5,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,5	10,0
RPA (Resultados Pretendidos da Aprendizagem)	- Não explicou corretamente o que foi solicitado e usou termos inadequados ou explicou superficialmente.		- Explicou superficialmente/ parcialmente o que foi solicitado e fez uso de termos inadequados.			- Explicou corretamente, mas usou termos inadequados ou pouco fluente (com muitas pausas).			- Explicou corretamente com linguagem adequada e fluente (sem muitas pausas).		
Explicar											
Calcular	- Sem farda da escola.		- Fardado			- Fardado			- Fardado		
Comparar	- Não calculou - Não comparou os resultados. - Fez a maquete.		- Calculou erroneamente. - Não comparou os resultados corretamente.			- Calculou corretamente - Comparou os resultados corretamente.			- Calculou corretamente - Comparou os resultados corretamente.		

Quadro 5.1 - Rubrica de avaliação. Fonte: (BIGGS;TANG,2011, apud MENDONÇA.) (adaptado)

Vídeo recebido até 23:59 da data de entrega não terá ponto descontado de sua nota.

Vídeo recebido um dia após a data de entrega terá 1,0 ponto descontado de sua nota.

Vídeo recebido dois dias após a data de entrega terá 2,0 pontos descontados de sua nota.

Vídeo recebido três dias após a data de entrega terá 4,0 pontos descontados de sua nota.

Vídeo recebido quatro dias após a data de entrega terá 8,0 pontos descontados de sua nota.

CONCLUSÃO

O interesse em apresentar o desenvolvimento deste trabalho, realizado em uma escola estadual da zona norte de Manaus, com alunos do primeiro ano do ensino médio, é o de mostrar que a busca pelo conhecimento por parte do professor nunca termina, seja especificamente em sua área de atuação ou seja na obtenção de novos métodos pedagógicos e tecnológicos que possam contribuir para melhorar suas aulas e sua relação interpessoal com a comunidade escolar, que inclui alunos, responsáveis, colegas professores e o corpo administrativo. A forma como ministro aulas hoje não é a mesma do começo da carreira docente, há quinze anos. O mundo mudou, os alunos mudaram sua forma de se comunicar, de aprender, de buscar conhecimento e informação, de se divertir. Então o professor também precisa mudar e, principalmente, conhecer melhor seus alunos, estar mais próximos a eles, usar as ferramentas de comunicação que eles utilizam para se mostrar presente e atento aos seus anseios e, por que não, suas angústias, suas frustrações. O Ensino Híbrido, que vem do termo *Blended Learning*, pode nos proporcionar tais experiências, como procuramos mostrar no presente trabalho.

Após a aplicação deste trabalho, onde fizemos uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), também, do bom e velho quadro branco, verificamos que eles se completam no desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. O tecnológico misturado com o tradicional para proporcionar ao aluno novas experiências e novas formas de aprendizagem e avaliação. Apesar dos nossos alunos estarem inseridos nesse novo modo de agir e se comunicar, quando chegam no ensino médio e se deparam com uma escola onde os professores usam a tecnologia e outros métodos que não são aqueles nos quais eles foram acostumados, se faz necessário um período de adaptação, foi pensando nisso que desenvolvemos esse plano de aula.

O comentário entre os alunos e seus questionamentos a outros professores sobre este processo despertou o interesse de alguns colegas que passaram a adotar as ferramentas de comunicação digital. Mas ainda estão resilientes em adotar o *Sala de aula invertida*, ou outro processo do Ensino Híbrido em suas aulas, em parte por ainda não terem planejado suas aulas nestes moldes, contudo espero que este trabalho possa esclarecer ao leitor algum aspecto que seja relevante sobre este processo de ensino que em breve poderá ser o mais alinhado com a aplicação do Novo Ensino Médio proposto pelo Governo Federal.

REFERÊNCIAS

Bender, William N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Tradução: Fernando de Siqueira Rodrigues; Revisão técnica: Maria das Graças Souza Horn. – Porto Alegre: Penso, 2014

Lilian Bacich, Lilian; Tanzi Neto, Adolfo; Trevisani, Fernando de Mello. (Organizadores). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação** / – Porto Alegre: Penso, 2015.

Ramalho Junior, Francisco **Física 1 - Os Fundamentos da Física** / Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares. — 10. ed. — São Paulo : Moderna, 2009.

Resnick, Robert; Halliay, David. **Física 1**. Tradução: Antonio Máximo R. Luz [et al]; Revisão técnica: Adir Moyses Luiz. – Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983.

Taylor, John R. **Mecânica Clássica**. Tradução: Waldir Leite Roque. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

Ajuda do Google Sala de Aula. Como fazer login no Google Sala de Aula. Google.com. Disponível em: <https://support.google.com/edu/classroom/answer/6072460?hl=pt-BR&ref_topic=9049890>. Acesso em jun. 2019.

Alinhamento Construtivo. Johnbiggs.com.au. Disponível em: <www.johnbiggs.com.au>. Acesso em: maio 2019.

BLU - Blended Learning Universe. Modelos de Ensino Híbrido. blendedlearning.org. Disponível em: <<https://www.blendedlearning.org/modelos/?lang=pt-br>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

Fundação Lemann/somos. Fundacaolemann.org. Disponível em: <<https://fundacaolemann.org.br/somos>>. Acesso em: jun. 2019

Gomes, Patrícia. Michael Horn explica como foi a construção do conceito e diz por que considera o blended learning a solução para grandes redes. Porvir.org, 20 fev. 2014. Disponível em: <<http://porvir.org/ensino-hibrido-e-unico-jeito-de-transformar-ducacao/>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

Google Sala de Aula. Google.com. Disponível em: <<http://classroom.google.com/>>. Acesso em jun. 2019.

Horn, Michael B. Ensino Híbrido: Uma Inovação Disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos. Traduzido por Fundação: Lemann e Instituto Península. Maio 2013. Disponível em: <<https://www.christenseninstitute.org/publications/ensino-hibrido/>>. Acesso em: jul. 2019.

Mendonça, Andréa P. Alinhamento Construtivo: Fundamentos e Aplicações. In: Gonzaga, Amarildo M. (Organizador). Formação de Professores no Ensino Tecnológico: Fundamentos e Desafios. 1ª. ed. ISBN 978-85-444-0369-3. Curitiba, PR:CRV, 2015.p.109 – 130.

Nonaka, Lina. Ensino Híbrido e a Sala de Aula Invertida: o aluno como protagonista do próprio aprendizado. Estadão.Edu, março 2018. Disponível em: <https://educacao.estadao.com.br/blogs/colégio-prudente/ensino-hibrido-e-a-sala-de-aula-invertida-o-aluno-como-protagonista-do-proprio-aprendizado/>. Acesso em: jul. 2019

Santos, Marco Antônio dos. Mecânica clássica / Marco Antônio dos Santos; Marcos Tadeu D'azeredo Orlando. - Vitória : UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2012. 129 p. Disponível em: <<http://nead.uesc.br/arquivos/Fisica/mecanica-classica/modulo.pdf>>. Acesso em: 18 de jun.2019.