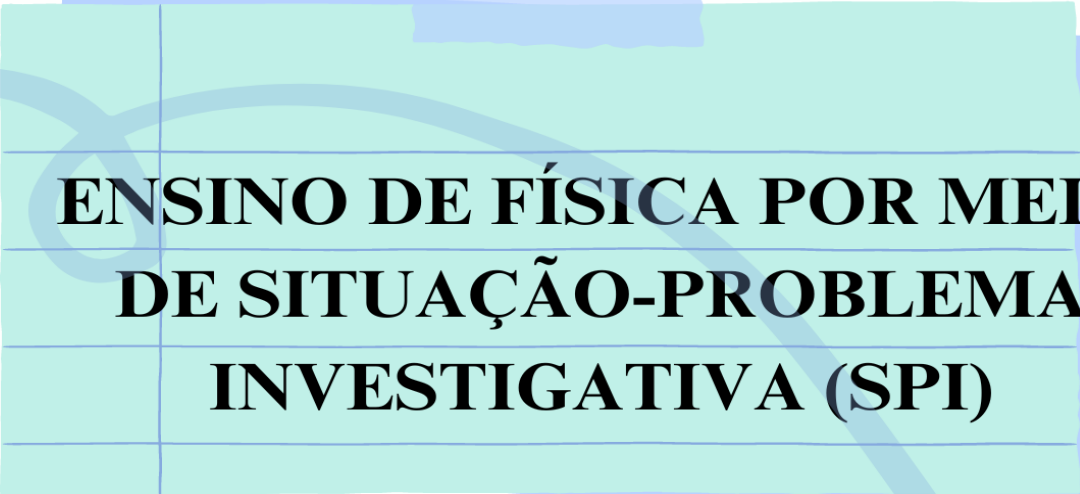




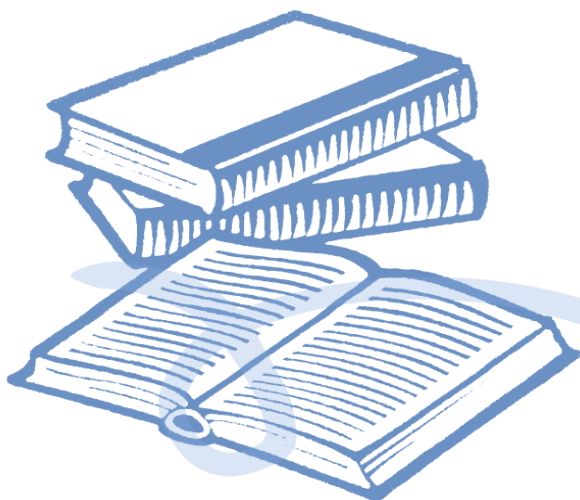
PPGECE

Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Ciências Exatas



ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)

UMA PROPOSTA PARA AS AULAS
DA DISCIPLINA DE FÍSICA
EXPERIMENTAL I



Élys da Silva Mendes
Italo Gabriel Neide
Márcia Jussara Hepp Rehfeldt



INSTITUTO FEDERAL
Amapá

Universidade do Vale do Taquari

Univates

PRODUTO EDUCACIONAL

ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI): Uma proposta para as aulas da disciplina de Física experimental I

Trabalho gerado na pesquisa de Tese do primeiro autor intitulada:
"SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA APLICADA EM AULAS DA
DISCIPLINA DE FÍSICA EXPERIMENTAL I: Uma estratégia metodológica que
associa atividades experimentais e modelagem computacional no ensino de Física

Lajeado/ RS
2023

APRESENTAÇÃO

Prezados colegas,

Temos o prazer de apresentar esta Sequência Didática (SD) que foi desenvolvida com base na pesquisa de doutoramento do primeiro autor intitulada "SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA APLICADA EM AULAS DA DISCIPLINA DE FÍSICA EXPERIMENTAL I: Uma estratégia metodológica que associa atividades experimentais e modelagem computacional no ensino de Física". Este material foi elaborado para professores de Ciências (Física) que desejam adotar uma abordagem inovadora no ensino da disciplina de Física Experimental I em cursos de licenciatura. A metodologia proposta combina atividades exploratórias computacionais, práticas experimentais e modelagem computacional utilizando o software Modellus, as atividades da segunda fase foram orientadas por meio de situação-problema investigativa (SPI). As SPI foram criadas de forma a permitir que os alunos explorem práticas experimentais e modelagens computacionais utilizando o software Modellus, com foco em tópicos relacionados à mecânica. A estratégia de ensino enfatiza a participação dos alunos de forma colaborativa, permitindo que eles interajam com seus colegas. A ideia é que as aulas de Laboratório Didático de Física Experimental (LDEF), mediadas por atividades da SD, ajudem a desenvolver propostas de práticas docentes que promovam uma educação científica que forme cidadãos críticos e conscientes do papel das tecnologias no contexto educacional atual. Além disso, a SD é uma proposta de ensino que tenta mostrar aos professores a trajetória da investigação da prática docente deste professor. Cabe mencionar que a investigação da prática docente se refere ao estudo sistemático da atividade profissional do professor em sala de aula. Esse tipo de investigação busca compreender como os professores desenvolvem suas aulas, como tomam decisões, quais as estratégias utilizadas, como avaliam seus alunos e como enfrentam as dificuldades que surgem durante o processo de ensino e aprendizagem. Assim, as atividades desta SD foram projetadas para fomentar uma prática docente dialógica centrada no processo de ensino e aprendizagem, onde o aluno é o protagonista na construção de significado de seu conhecimento, e o professor é o mediador e orientador, ajudando o aluno a se conectar com o conteúdo explorado na disciplina de Física Experimental I.

Atenciosamente,

Os autores

SUMÁRIO

1. SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	5
1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO	6
1.2 DETALHAMENTO E PROCEDIMENTO	9
2. SOBRE O SOFTWARE MODELLUS.....	18
3. Eixo temático: Ambientação usando o software Modellus	20
ATIVIDADE Nº 1: AMBIENTAÇÃO COM A FERRAMENTA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL	21
ATIVIDADE Nº 2: DIFERENÇA ENTRE DESLOCAMENTO E DISTÂNCIA PERCORRIDA.....	24
ATIVIDADE Nº 3: MOVIMENTO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE	26
ATIVIDADE Nº 4º CRIANDO SIMULAÇÕES NO SOFTWARE MODELLUS	29
4. Eixo temático: Práticas Experimentais Investigativas	31
ATIVIDADE Nº 5: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA 1	31
ATIVIDADE Nº 6: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 2	35
ATIVIDADE Nº 7: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 3	38
ATIVIDADE Nº 8: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 4	41
5. Eixo temático: Desenvolvendo Situação-Problema Investigativa (SPI)	44
ATIVIDADE Nº 9: ESQUEMA DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO.....	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A- PROPOSTA PARA CRIAR SPI.....	50
APÊNDICE B – ATIVIDADES EM FORMATO PARA IMPRESSÃO	55

1 SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este material de ensino é uma proposta para ser usada em aulas de práticas experimentais de Física. Ele inclui atividades que juntam propostas de experimentos e modelagens computacionais, com foco em conceitos básicos da mecânica newtoniana ensinados em disciplinas de Física experimental I de cursos de Licenciatura em Física. Parte das atividades deste material foram desenvolvidas na pesquisa de mestrado do primeiro autor realizado no programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade do Vale do Taquari, especificamente, as que compõem à Fase 1 da SD. O objetivo dos autores com este trabalho é oferecer um material alternativo para a disciplina de Física experimental I visando usar as tecnologias como uma aliada para o ensino e aprendizagem. O enfoque deste material foi pensado, pois, embora os estudantes utilizem as tecnologias digitais em suas atividades diárias, observa-se o seu pouco uso “para a realização de atividades que envolvem a construção e consolidação de conhecimentos” (DULLIUS; QUARTIERI; NEIDE, 2023, p. 12).

Assim, vincular atividades experimentais às computacionais pode ser uma estratégia para o professor em suas aulas, pois o experimento não é apenas algo interessante para ser visto, mas também uma atividade pedagógica desenvolvida pelo aluno que combina tarefas teóricas e experimentais, onde o fazer é importante e, refletir para compreender, é fundamental (MORO 2015, p. 15). Além disso, conforme apontado Dorneles, Araujo e Veit (2012), a inclusão de atividades que exploram as tecnologias digitais e atividades experimentais podem proporcionar aos estudantes o desenvolvimento de habilidades e técnicas laboratoriais que são vivenciadas em situações reais, ajudando a superar dificuldades.

Corroborando esse pensamento, Rodrigues (2016) menciona que métodos pedagógicos que integram atividades que promovem interação dos alunos no desenvolvimento científico resultam em uma "chance de transformar os alunos em cidadãos ativos na esfera social". Portanto, uma alternativa interativa que pode favorecer esta ocorrência é o uso de atividades exploratórias, segundo Araújo e Veit (2008), por meio delas os estudantes realizam observações mais tangíveis. Nesse contexto, buscamos apoiar as observações e interações dos alunos por meio de ações investigativas trabalhadas pela associação de atividades experimentais e computacionais, pois está “rompem com o círculo vicioso e anticientífico proporcionado pelas aulas puramente conteudistas,

em que os alunos são sujeitos passivos nos processos de ensino e de aprendizagem" (GAMA JÚNIOR, 2018, p. 13).

Apresentamos, a seguir, a motivação dos autores ao elaborarem esse material e os objetivos esperados.

1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

A proposta de ensino surgiu quando o primeiro autor estava ensinando Física Experimental em uma universidade. Na disciplina, os professores normalmente seguem roteiros prontos para os experimentos, fornecidos por empresas especializadas em equipamentos laboratoriais. Mas, ao usar esses roteiros, o primeiro autor percebeu que os conceitos são apresentados de forma direta, sem dar chance para os estudantes explorarem o experimento, de acordo com suas próprias concepções. Isso pode dificultar na compreensão dos conceitos.

Os autores deste trabalho acreditam que o uso de roteiros limita o desenvolvimento cognitivo dos alunos, pois dificulta a interação entre professores e alunos, o que é fundamental para a construção do conhecimento científico. Por isso, as atividades foram planejadas para combinar práticas experimentais em laboratório com modelagens computacionais, no estudo da Mecânica básica (Quadro 1).

Quadro 1 - Conceitos básicos abordados na sequência didática

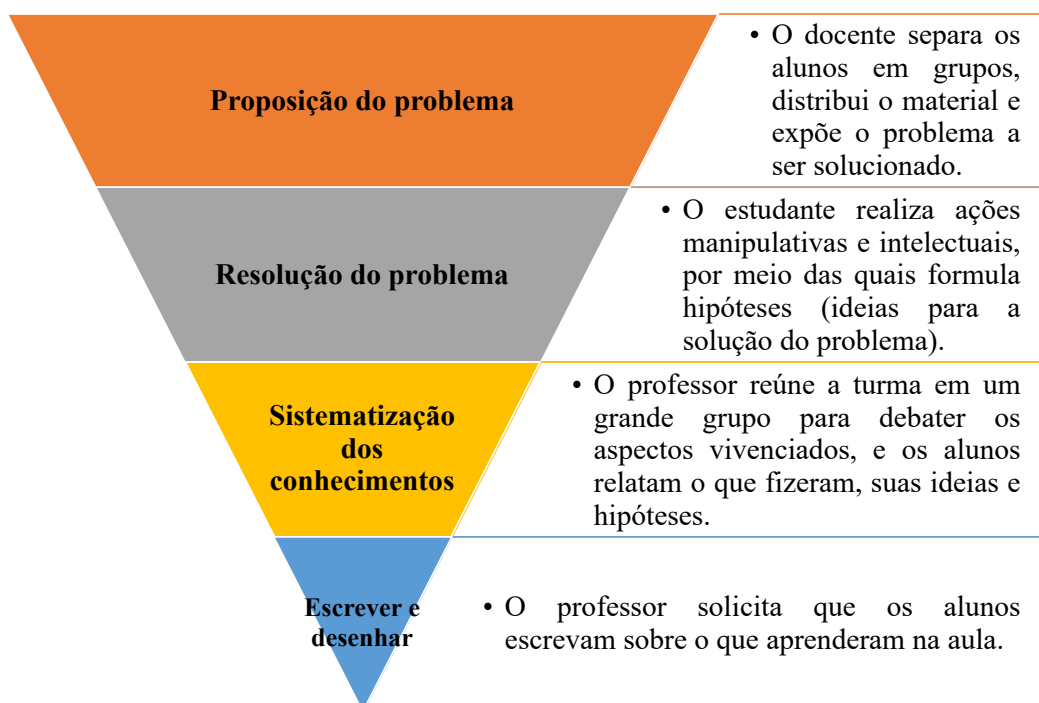
Cinemática de Movimento	Dinâmica de Movimento
Deslocamento ($\Delta\vec{x}$) e o Intervalo de tempo (Δt); Velocidade média (\vec{v}) e Velocidade escalar média ($V_{méd.}$); Velocidade instantânea ($V_{inst.}$); Movimento retilíneo uniforme ((MRU); Aceleração média ($\vec{a}_{méd.}$) e Aceleração instantânea ($\vec{a}_{inst.}$) Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).	✓ As leis de Newton; Força resultante; Força peso; Aceleração gravitacional Forças de contato; Força de tensão; Força normal; Forças de atritos. ✓ Trabalho e Energia Mecânica Trabalho de uma Força constante; Trabalho de Força variável; Energia Cinética; Energias Potenciais; Conservação da energia mecânica.

Fonte: Dos autores, 2023.

Nos propomos a oferecer atividades que contribuam para o desenvolvimento da autonomia em aprender dos alunos, incluindo modelagem computacional (MC) exploratória e atividades investigativas que envolvem situação-problema. As SPI da segunda fase da Sequência Didática (SD) são baseadas nos pressupostos teóricos de uma ação de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) descrita por Carvalho (2013). Esses pressupostos incluem: (i) definição do problema a ser investigado, fundamentada nas ideias que os alunos já possuem; (ii) uma sequência de etapas para estudar o problema; e (iii) proposta de hipóteses para avaliação posterior.

Nos momentos, os alunos agem em uma "ação manipulativa intelectual, estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com colegas e professor" (CARVALHO, 2013, p. 15). Para ilustrar de maneira sistematizada os pressupostos teóricos e metodológicos das atividades da segunda fase da SD, a Figura 1 foi elaborada, incluindo os elementos da SEI.

Figura 1: Elementos metodológicos de uma SEI



Fonte: Elementos da SEI de Carvalho (2013), adaptado pelo autor, 2023.

Na proposição do problema, o professor conduz o processo de atividade em sala de aula, incluindo a divisão dos alunos em grupos, a distribuição de materiais e a apresentação do problema a ser resolvido. O problema pode variar de acordo com o objetivo da aula e a disciplina, mas a ideia geral é que os alunos trabalhem juntos, em grupo, para resolver um desafio proposto pelo professor. Esse processo de trabalho em equipe pode ajudar a desenvolver habilidades sociais e cognitivas, além de estimular a criatividade e o pensamento crítico dos alunos.

Durante a etapa de resolução do problema proposto pelo professor, o aluno pode desenvolver uma série de ações manipulativas e intelectuais para encontrar a solução. Inicialmente, o aluno pode levantar hipóteses ou ideias para resolver o problema, utilizando seu conhecimento prévio e sua criatividade para propor soluções possíveis. Em seguida, o aluno pode realizar ações manipulativas, que envolvem a manipulação de materiais e recursos disponíveis para testar as hipóteses levantadas. Essas ações podem incluir a realização de cálculos matemáticos, a realização de experimentos científicos, a pesquisa de informações adicionais em livros ou na internet, entre outras possibilidades.

Ao longo do processo de resolução do problema, o aluno pode encontrar dificuldades e obstáculos que exigem o uso de seu pensamento crítico e sua habilidade de tomar decisões para encontrar soluções alternativas. Além disso, é importante destacar que o processo de resolução de problemas pode envolver a colaboração e a troca de ideias entre os membros do grupo, incentivando a comunicação e o trabalho em equipe. Ao final, a resolução do problema pode ser validada pelo professor e discutida em conjunto com a classe, permitindo que os alunos aprendam com suas próprias experiências e com as soluções encontradas pelos outros grupos.

O processo de sistematização do conhecimento de Carvalho (2013), neste material, se inicia com a organização de um grande grupo de alunos pelo professor, com o objetivo de debater os aspectos vivenciados em uma atividade específica. Durante essa etapa, os alunos são convidados a relatar suas experiências, ideias e hipóteses a respeito da atividade realizada. O relato pode ser feito individualmente ou em grupo, e o objetivo é permitir que os alunos compartilhem suas perspectivas e aprendizados, com a finalidade de aprofundar a compreensão do assunto estudado. É importante que cada aluno tenha a oportunidade de se expressar livremente e de ser ouvido pelos demais colegas, incentivando, assim, o diálogo e a troca de ideias.

Após os relatos dos alunos, o professor conduz uma discussão em grupo, com o objetivo de analisar e avaliar as informações apresentadas. Nessa etapa, são identificados os conceitos-chave e os aspectos relevantes relacionados à atividade, assim como debatidos os pontos que foram bem compreendidos ou que geraram dúvidas. A sistematização do conhecimento pode permitir que o professor e os alunos consigam consolidar os conhecimentos adquiridos, relacionando-os com a teoria e a prática, além de fornecer um espaço para que os alunos expressem suas opiniões e serem ouvidos. Esse processo colabora para aprendizagem, pois permite que os alunos tentem compreender a importância e a utilidade do conhecimento estudado nas aulas em suas vidas. Por

fim, na etapa de “escreve e desenha” o professor orienta os alunos a escreverem sobre o que aprenderam as experiências vivenciadas durante as aulas para que possam refletir sobre o conteúdo e organizar suas ideias, e em seguida, o professor avaliar o nível de compreensão.

Nesta situação, as SPI apresentadas nesta sequência didática são exemplos de desafios ligados ao contexto local onde foram aplicadas e estudada estas metodologias. Acreditamos que isso contribui para um aprendizado mais significativo, uma vez que os alunos se sentem envolvidos no seu próprio processo de ensino. Desta forma, apresentaremos a seguir os detalhes das atividades que compõem nossa Sequência Didática (SD).

1.2 DETALHAMENTO E PROCEDIMENTO

A metodologia de utilização do material requer a realização das atividades em grupos de até três acadêmicos. A primeira fase consiste em aulas de exploração do software Modellus como recurso complementar em aulas de laboratório de Física. A segunda fase inclui atividades baseadas em situação-problema investigativa (SPI), realizadas em laboratórios didáticos de Física experimental ou em sala de aula com experimentos alternativos. Na terceira fase, os estudantes são incentivados a desenvolver problemas que explorem conteúdos ainda não abordados. Se o professor observar dificuldades, deve fornecer auxílios necessários. É sugerido de 2 a 3 horas de aula por encontro para a execução das atividades. A SD pode compor as aulas de um semestre letivo da disciplina de Física experimental I, mas pode ser aplicada em diferentes níveis de ensino, bem como o professor pode optar e adaptar o material para explorar isoladamente umas das fases da SD do Produto Educacional (PE).

Apresentamos a seguir uma proposta metodológica detalhada da SD, que está descrita no Quadro 2. No quadro mostra-se os passos e técnicas foram utilizados durante o desenvolvimento do PE. Dessa forma, espera-se que todos os que tenham interesse de explorar este material tenham conhecimento das etapas dessa SD e como isso possam adapta-las ao contexto de ensino no qual serão empregadas.

Quadro 2-Detalhamento das atividades por encontro

ETAPA DE PREPARAÇÃO - INTRODUÇÃO				
ENCONTROS HORAS/AULAS PREVISTAS	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	RECURSOS METODOLÓGICOS		OBJETIVOS
1º ENCONTRO (3 H/A)	Demonstração das técnicas de laboratório. Início da compreensão sobre Teoria de Erros. Criação e análise de gráficos.	Aula expositiva e dialogada em sala de aula com os recursos: notebook, data show e materiais de medições do LDFE.		Conhecer as medidas de segurança no Laboratório Didático de Física Experimental (LDFE); Adquirir familiaridade com os erros comuns de medição; Entender a existência da imprecisão nas medições realizadas com instrumentos; Desenvolver e analisar gráficos.
	Encontro a ser realizado na sala de aula da instituição de aplicação da estratégia metodológica.			
2º ENCONTRO (3 H/A)	Exploração de instrumentos de medidas: paquímetro, micrômetro, dinamômetro, balança, termômetro, multímetro e sensores fotovoltaicos.	Aula prática no LDFE com os recursos: notebook, data show e materiais de medições do LDFE.		Compreender e aplicar os procedimentos de segurança no Laboratório Didático de Física Experimental; Entender os diferentes tipos de erros de medidas; Aprender sobre a existência da imprecisão nas medidas feitas com instrumentos; Elaborar e interpretar gráficos.
	Encontro a ser realizado no laboratório didático de Física Experimental da instituição de aplicação da estratégia metodológica.			
FASE 1- ETAPA DE AMBIENTAÇÃO COM O SOFTWARE MODELLUS				
ENCONTROS HORAS/AULAS PREVISTAS	EIXO TEMÁTICO	ATIVIDADES PROPOSTAS	RECURSOS METODOLÓGICOS	OBJETIVOS
3º ENCONTRO (3 H/A)	AMBIENTAÇÃO COM O SOFTWARE MODELLUS	Atividade Nº 1: Ambientação com a ferramenta de modelagem computacional	Aula combinando explicações e discussões em um laboratório de informática com os recursos: Laptop, Projetor,	Apresentar o software Modellus como uma ferramenta educacional de modelagem de experimentos; Entender as principais características do software Modellus; Analisar modelos computacionais pré-existentes para compreender o potencial do software Modellus;
4º ENCONTRO (3 H/A)		Atividade Nº 2: Diferença entre deslocamento e distância percorrida;		

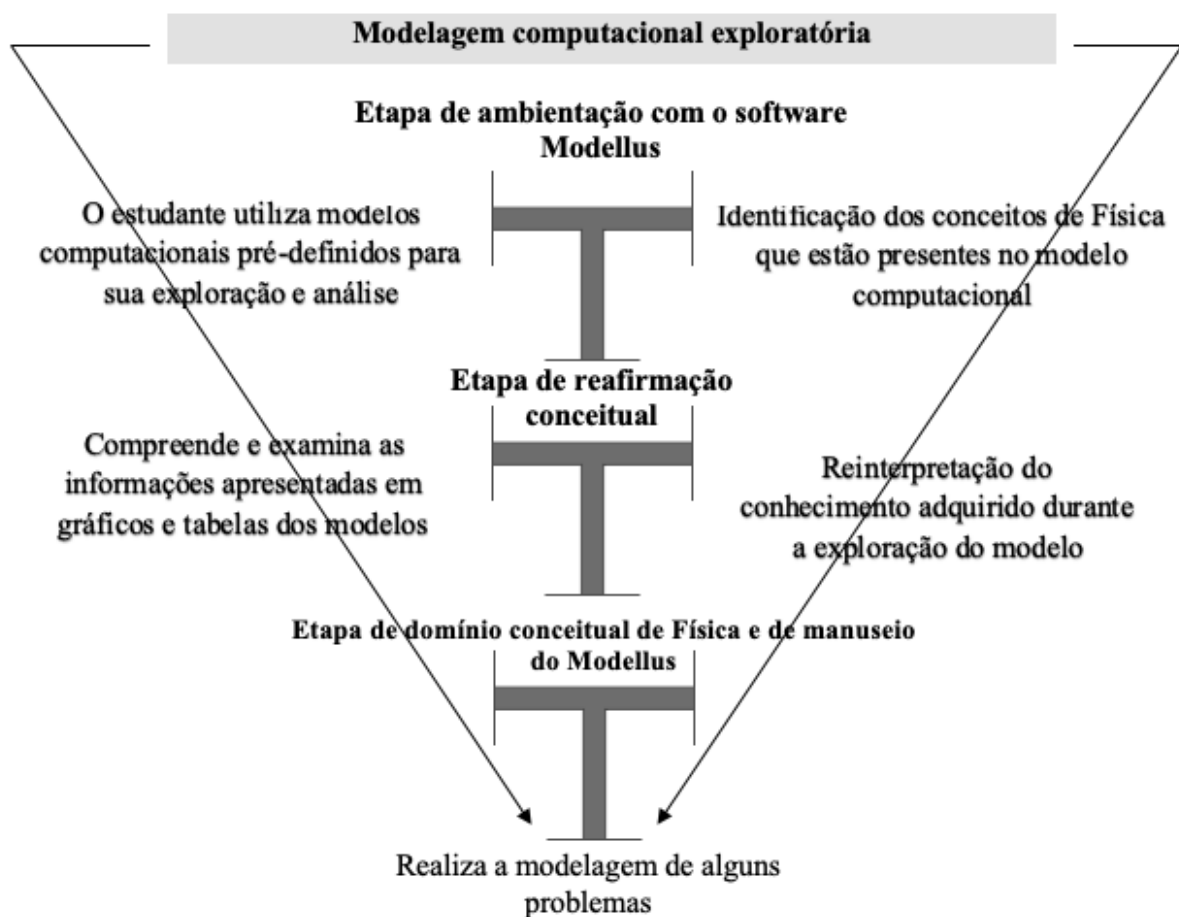
5º ENCONTRO (3 H/A)		Atividade Nº 3: Movimento com aceleração constante; Atividade Nº 4º Criando simulação no software Modellus	Microcomputador e software Modellus.	Avaliar se as atividades propostas disponíveis são suficientes para desenvolver modelos computacionais de forma autônoma.
	Os encontros desta fase são realizados no laboratório de informática da instituição de aplicação da estratégia metodológica.			
FASE 2 –SITUAÇÃO – PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)				
ENCONTROS HORAS/AULAS	EIXO TEMÁTICO	ATIVIDADES PROPOSTAS	RECURSOS METODOLÓGICOS	OBJETIVOS
6º ENCONTRO (3 H/A)	PRÁTICA EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS	Atividade Nº 5: Proposta para prática experimental investigativa 1 PROBLEMA: Como determinar a profundidade aproximada de um poço amazonas até a laminar d'água sem utilizar instrumentos de medida de comprimento?	As aulas são conduzidas de forma mediada e dialogada no laboratório didático, utilizando recursos tecnológicos como Notebook, Data Show, Kits Experimentais de Física I, Microcomputador e Software Modellus.	Investigar os conceitos de Física por meio da observação e explicação da prática experimental com auxílio da SD proposta Analisar gráficos e tabelas de práticas experimentais por meio da modelagem computacional ou simulação Desenvolver de um plano de investigação para solução de situação-problema.
7º ENCONTRO (3 H/A)				
8º ENCONTRO (3 H/A)		Atividade Nº 6: Proposta para prática experimental investigativa 2 PROBLEMA: Como determinar a velocidade de		

9º ENCONTRO (3 H/A)		lançamento vertical de um objeto? Atividade Nº 7: Proposta para prática experimental investigativas 3 PROBLEMA: Como tornar o transporte do refrigerador o mais eficiente possível, considerando a limitação de esforço do morador que vive sozinho? Atividade Nº 8: Proposta da prática experimental investigativa 4 PROBLEMA: Como se pode estabelecer a capacidade da corda elástica utilizada nos saltos radicais do Bungee Jump?		
	Os encontros desta fase são mesclados como momentos em laboratório didático de Física Experimental e de laboratório de informática da instituição de aplicação da estratégia metodológica.			
FASE 3 – DESENVOLVIMENTO DE SITUAÇÃO – PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)				
ENCONTROS HORAS/AULAS	EIXO TEMÁTICO	DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM	RECURSOS METODOLÓGICOS	OBJETIVOS
10º ENCONTRO (3 H/A)	DESENVOLVENDO SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA	Os alunos elaboram as situação-problema seguindo a metodologia estudada tentando associar ao conhecimento estudado sobre o conteúdo proposto.	As aulas são conduzidas de forma mediada e dialogada no laboratório didático, utilizando recursos tecnológicos como Notebook, Data Show, Kits Experimentais de Física I, Microcomputador e Software Modellus.	Criar situação-problema para investigação; Desenvolver de habilidades para elaborar práticas experimentais baseadas em problemas; Planejar estratégia de ensino e aprendizagem adequada ao contexto dos alunos.
11º ENCONTRO (3 H/A)		Atividade Nº 9: Esquema de desenvolvimento do modelo proposto.		
Os encontros desta fase são mesclados como momentos em laboratório didático de Física Experimental e de laboratório de informática da instituição de aplicação da estratégia metodológica.				

Fonte: Dos autores, 2023.

Na primeira etapa da SD, denomina nesse PE de etapa de preparação, os alunos se familiarizam com a ferramenta de MC, o software Modellus. Eles têm autonomia para explorar as atividades propostas, com a mediação do professor, e são fornecidos com exemplos de MC prontos. Nesta etapa do PE, os alunos são divididos em grupos pequenos, recomendados três membros cada, porém desenvolvem as atividades individualmente. Para ilustra o caminho metodológico da fase 1 foi elaborada a Figura 2.

Figura 2: Organograma metodológico 1ª fase da atividade SD



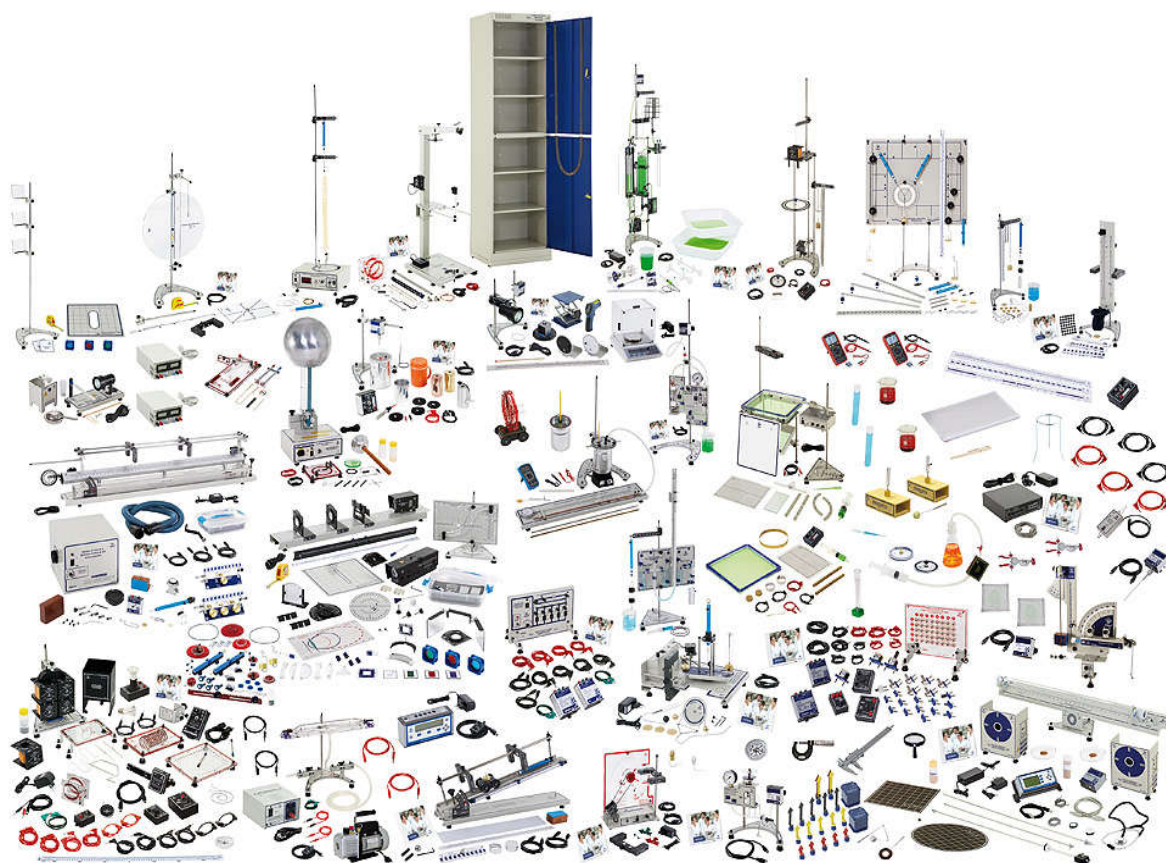
Fonte: Dos autores, 2023.

Para elucidar a Figura 2 que apresenta a “Etapa de ambientação com o software”, esclarece-se que o professor, que está envolvido mediando as atividades do PE, reúne os alunos em grupos no laboratório de informática da escola e os incentiva a explorar modelos computacionais prontos, usando a ferramenta Modellus como ferramenta educacional. Na seguinte “Etapa de reafirmação conceitual” os alunos exploram os modelos computacionais e o professor avalia se eles possuem habilidades básicas de desenvolvimento de gráficos e tabelas. Finalmente na “Etapa de domínio

conceitual de Física e de manuseio do Modellus” os alunos são desafiados a desenvolver modelos autônomos para resolver problemas propostos pelo professor, buscando melhorar o seu conhecimento conceitual de Física e seu domínio da ferramenta Modellus.

A segunda fase, que é crucial nesta SD, consiste em atividades investigativas de nível 2, conforme proposto por Tamir (1991). São realizadas durante as aulas de LDFE usando os aparatos experimentais de Física fornecidos pelo Cidepe¹. Vale destacar que o LDFE no campus Macapá do Instituto Federal de Educação do Amapá possui todos os equipamentos necessários para as atividades, como mostrado na Figura 3.

Figura 3: Aparato experimentais do laboratório de didático de física



Fonte: CIDEPE digital, 2023.

Durante a intervenção, os alunos são desafiados a investigar quatro SPI com questões abertas e têm liberdade para planejar soluções a partir de pesquisas e ideias. Eles são divididos em grupos e planejam as ações sem manipular atividades experimentais. O plano estratégico sugerido

¹ O Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa - CIDEPE, é uma empresa que produz instrumentos educacionais para instituições de ensino no Brasil, oferecendo equipamentos e materiais didáticos para laboratórios de ensino de diversas áreas, como ciências, física, química e biologia.

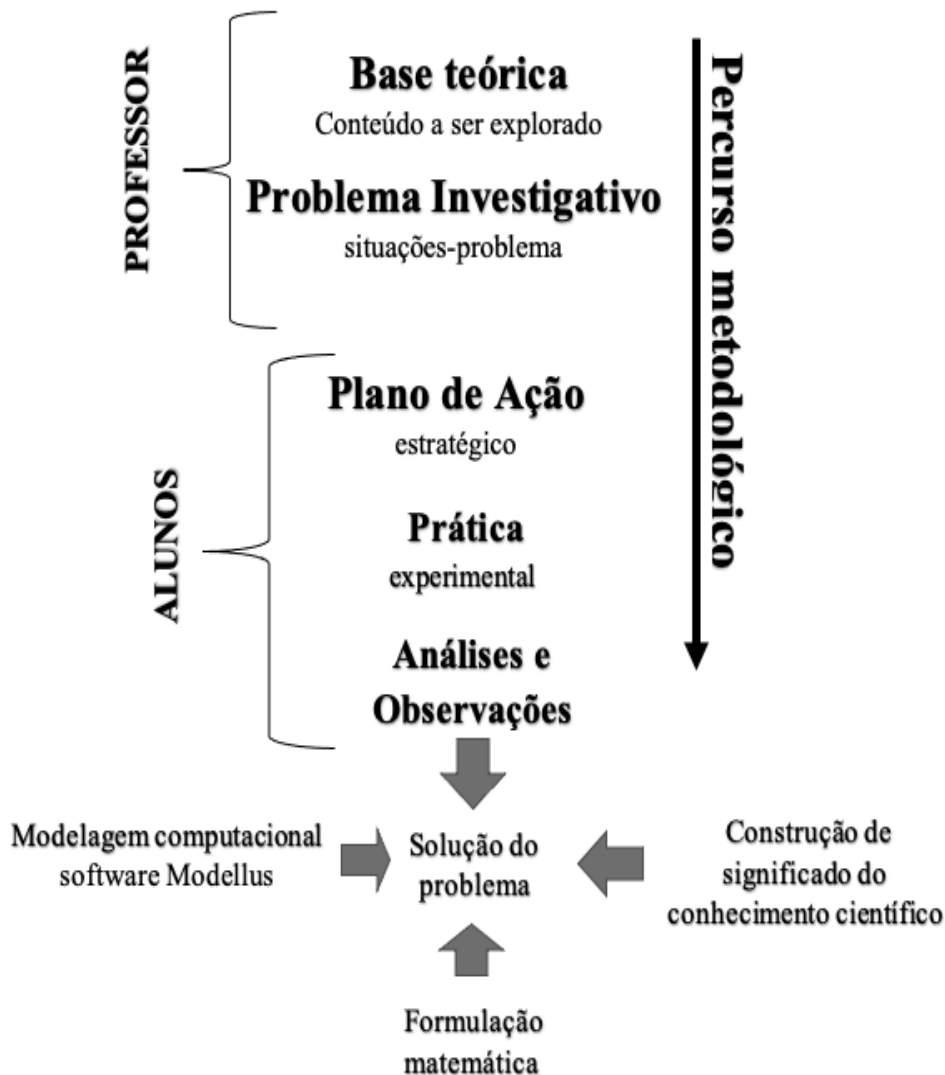
pelo grupo é seguido nas futuras práticas experimentais, permitindo que os alunos observem e desenvolvam suas ideias sobre os problemas de forma ativa e colaborativa com seus colegas. É esperado que eles participem ativamente e trabalhem em equipe durante o processo de ensino.

Neste momento, o professor/pesquisador pode sugerir a exploração de atividades experimentais complementares, com o objetivo de agregar novos conceitos e facilitar a compreensão do conteúdo estudado. Além disso, o professor pode propor atividades computacionais correlacionadas, usando softwares de modelagem ou simulações. Dessa forma, os alunos podem desenvolver suas competências e habilidades de forma autônoma, estabelecendo conexões conceituais com o conteúdo estudado. Durante esta fase, os alunos também têm autonomia para propor e analisar dados de práticas experimentais relevantes, interpretando-os em relação aos conceitos de Física.

Em seguida, os alunos são orientados a desenvolver, em conjunto com o professor, episódios de MC relacionados às SPI. Estes MC têm como finalidade apresentar uma solução e/ou fornece parâmetros para complementar o entendimento da SPI em uma concepção virtualizada, simulada no software Modellus. Estas MC podem contribuir para aprofundar as discussões conceituais, permitindo a comparação entre as práticas, análise de gráficos e tabelas de forma dinâmica e interativa.

Assim, consideramos adequado apresentar o processo metodológico da segunda fase da nossa proposta educacional, que se encontra representado na Figura 4.

Figura 4: Percurso metodológico da 2ª fase da SD



Fonte: Dos autores, 2023.

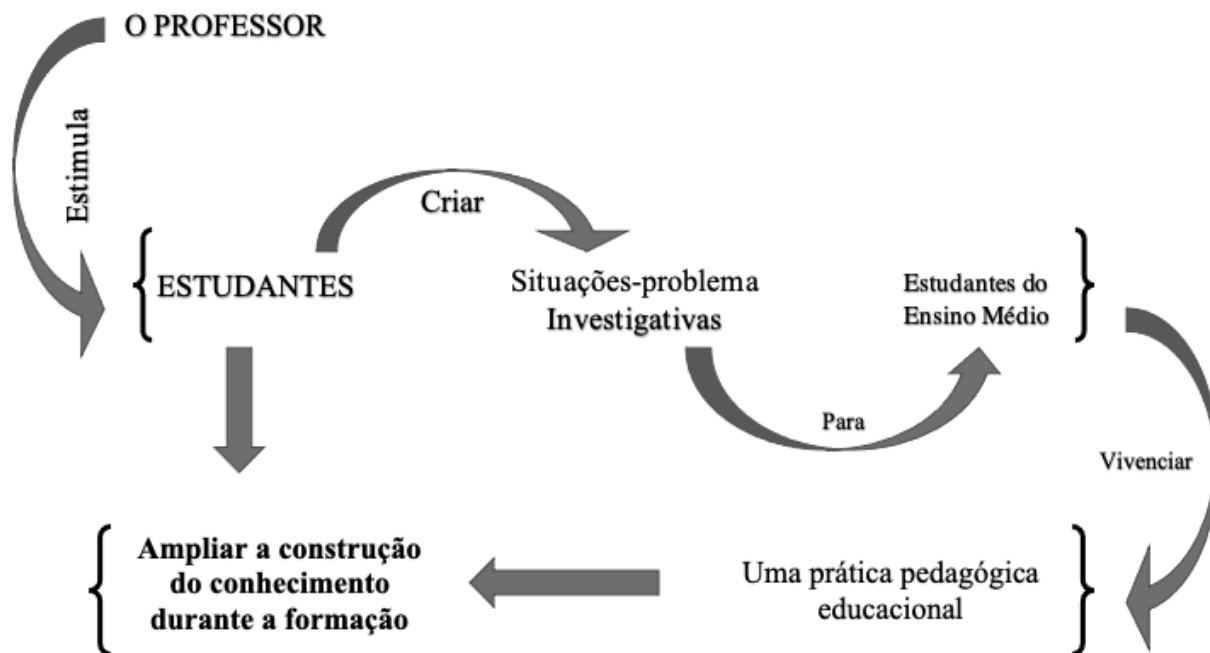
O diagrama apresenta uma abordagem que começa com o planejamento das bases teóricas a serem estudadas. Em seguida, são elaborados desafios investigativos relacionados às bases teóricas científicas que o professor deseja abordar na sua prática experimental. Após isso, o professor cria SPI baseadas nos desafios investigativos que integrem conceitos de Física a serem ensinados. Em seguida, os alunos, em grupos, investigam, discutem e planejam uma estratégia para resolver a SPI. Usando sua estratégia, os alunos apresentam conceitos de Física e possíveis formulações matemáticas em um seminário em sala de aula. Caso sejam necessários, eles também podem propor práticas experimentais para verificar suas hipóteses.

Assim, as sugestões de atividades experimentais apresentadas pelos alunos, se surgirem, serão debatidas em grupos para estabelecer uma relação com alguma atividade experimental já existente no laboratório didático. Nesse momento, o professor desempenha o papel de mediador, fornecendo orientações e clarificando os aspectos cruciais para a realização da atividade experimental. Após a realização, análise e observação da atividade experimental proposta, os alunos elaboram a MC dos desafios investigativos. O objetivo é alcançar uma reinterpretação da solução dos desafios investigativos previamente apresentados em seu plano de ação estratégico.

Nesta fase, o objetivo é que os alunos construam o conhecimento de forma natural por meio das suas próprias experiências durante as atividades da SD. A colaboração entre os alunos é vista como fator fundamental para compreender os conceitos tratados nos desafios investigativos e nas práticas experimentais, ao invés de um ensino tradicional e estruturado. O professor, que atua como mediador, orienta os alunos e auxilia na resolução dos desafios investigativos. Durante todo o processo de investigação, o pesquisador está presente para identificar aspectos importantes e busca aprimorar e aperfeiçoar as atividades da SD. Além disso, é importante destacar que a formulação matemática é uma ferramenta importante para a produção futura do modelo computacional no software Modellus.

Na terceira etapa, os estudantes são estimulados a criar SPI para explorar conceitos de Física, usando a mesma abordagem metodológica descrita na fase 2. É esperado que os estudantes tenham adquirido habilidades para elaborar SPI relacionadas aos conteúdos da unidade III do programa de Física Experimental 1. Desta forma, eles poderão criar propostas investigativas seguindo os aspectos metodológicos da SD do PE, ou seja, inicialmente definir as bases conceituais para suas investigações e em seguida criar desafios investigativos como problemas, sem apresentar diretamente os conceitos. A Figura 5 ilustra a trajetória metodológica da terceira fase da SD do PE.

Figura 5: Delineamento metodológico da 3ª fase da SD



Fonte: Dos autores, 2023.

Caso seja possível e os participantes estejam dispostos e ainda haja tempo disponível, o professor poderá propor que os problemas criados pelos alunos sejam aplicados em uma turma de ensino nível médio. Desta forma, será possível avaliar os problemas criados pelos alunos em uma prática pedagógica real de ensino. Ademais, essa fase também visa inserir os alunos no ensino de Física, proporcionando-lhes uma experiência docente com características investigativas.

2 SOBRE O SOFTWARE MODELLUS

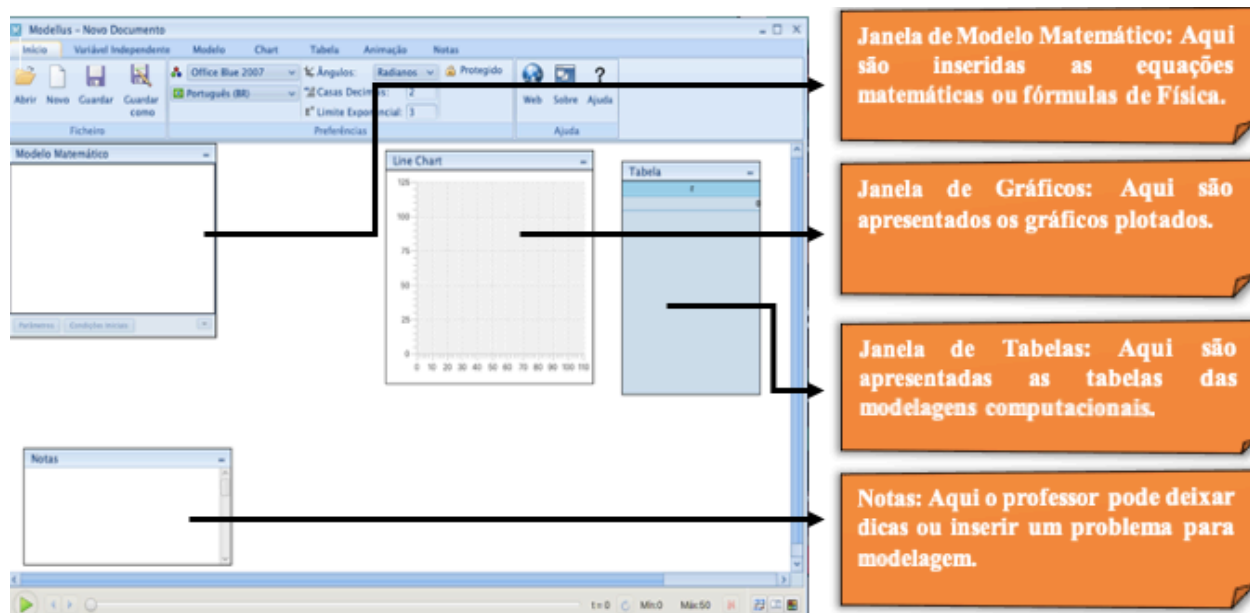
O software Modellus é reconhecido como uma das melhores opções para simulação e MC na área de física. É amplamente utilizado por professores de ciências, especialmente em disciplinas como Física, Química e Matemática, e está disponível gratuitamente em vários idiomas. As versões mais utilizadas atualmente são 4.05 e X. O programa pode ser baixado gratuitamente em sua página na internet, no endereço <https://bitbucket.org/dukke/modellus-x-public-files/downloads/>. É importante ressaltar que o desenvolvimento e a manutenção do programa estão sob a responsabilidade do pesquisador Pedro Duque Vieira². É considerado uma ferramenta

² Pedro Duque Vieira, Pesquisador graduado em Engenheiro Informático, Empresário. Criador do Modellus X e do seu sítio: <https://bitbucket.org/dukke/modellus-x-public-files/downloads/>.

importante para o ensino devido às suas características interativas, personalizáveis, acessíveis e avançadas, que permitem uma aprendizagem mais profunda e efetiva.

Ao instalar o software, o usuário é recebido por uma interface atrativa e fácil de usar, destacando as principais janelas do programa. Entre as características mais relevantes do software, destacam-se a interatividade, que permite aos usuários experimentarem e explorarem conceitos de física de maneira intuitiva, tornando o processo de aprendizagem mais lúdico e engajador; a personalização, que possibilita aos usuários customizarem suas simulações e modelos, contribuindo para a compreensão do assunto; a acessibilidade, com uma interface intuitiva e a possibilidade de criação de modelos de forma simples e eficiente; e recursos avançados, tais como animações, gráficos e relatórios, que permitem uma análise mais detalhada e profunda dos resultados obtidos. Na Figura 6 exibimos a interface do programa.

Figura 6: Interface do Software Modellus X



Fonte: Dos autores, 2023.

A fim de aproveitar ao máximo o material de ensino disponível, é imprescindível que tanto o professor quanto os alunos possuam conhecimentos básicos de informática. Para auxiliar no aprendizado da ferramenta, disponibilizamos uma série de modelos elaborados no software, incluindo aqueles que compõem as atividades exploratórias da Fase 1 da Tese do primeiro autor deste trabalho. Esses modelos podem ser acessados por meio do seguinte QR CODE.

Caso encontrem dificuldades para baixar os arquivos, eles podem ser solicitados diretamente ao pesquisador por meio do e-mail: elysmendes.pesquisadr@gmail.com.



FASE 1: ATIVIDADES COMPUTACIONAIS EXPLORATÓRIAS

Eixo temático: Ambientação usando o software Modellus

Recado dos Autores

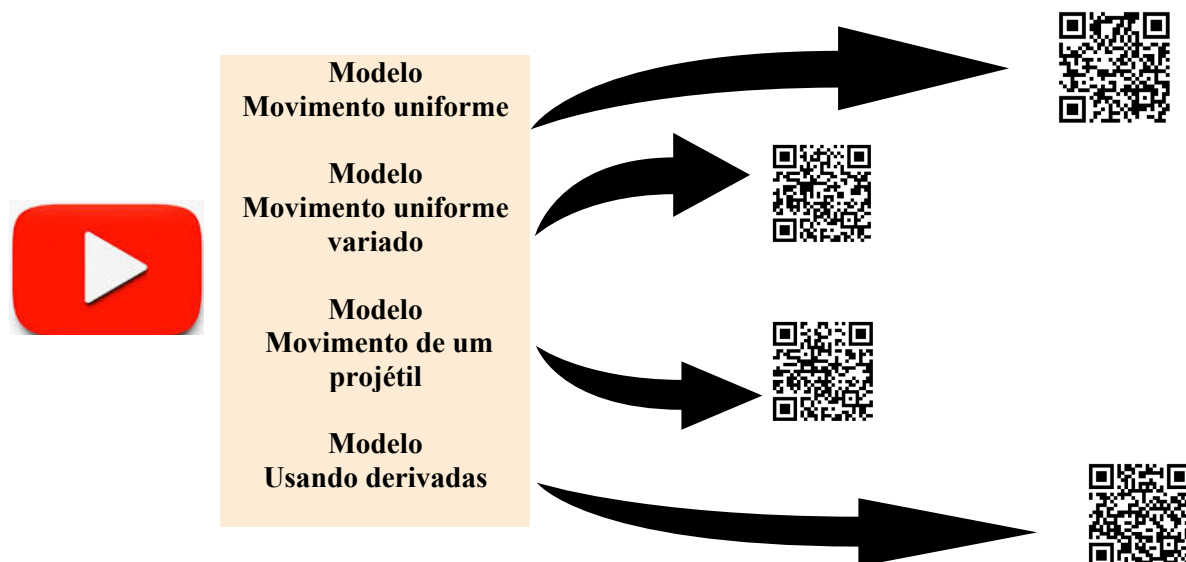
Caro(s) professor(es) e aluno(s),


Ao utilizar este material didático, solicitamos que o enfoque seja colocado na atuação dos estudantes como protagonistas em seu processo de ensino. As atividades propostas são divididas em fases, que incluem momentos de ensino estruturado por meio de modelagem computacional exploratória e períodos de ensino investigativo. Dessa forma, convidamos vocês a percorrer o caminho da construção de significado do conhecimento em um laboratório didático de Física experimental.



Procedimentos iniciais:

Para familiarizar-se com o software Modellus, recomendamos assistir aos vídeos tutoriais curtos do blog física na lixa, onde são apresentados quatro modelos computacionais interativos desenvolvidos na ferramenta. Esses vídeos ajudarão a conhecer alguns dos recursos disponibilizados pelo programa. Os QR CODEs para acesso aos vídeos estão disponíveis abaixo.





Agora que já conhecem alguns aspectos do software, vamos explorar a ferramenta!

ATIVIDADE Nº 1: AMBIENTAÇÃO COM A FERRAMENTA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

Objetivo:

- Apresentar os principais recursos do Software Modellus

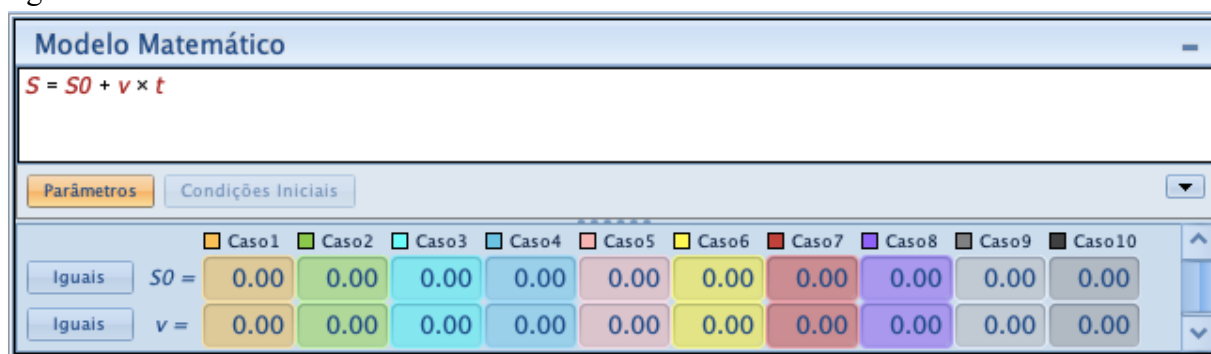
1º Passo

Na caixa “**modelo matemático**” digite a equação horária da posição ($S = S_0 + V \times t$).

No menu “**parâmetros**” digite os valores da posição inicial (S_0) e da velocidade (V) que você deseja para seu móvel (Figura 7).

[**Observação:** Para colocar o sinal de multiplicação (x) use a tecla de “**espaço**” do teclado].

Figura 7: Caixa modelo Matemático



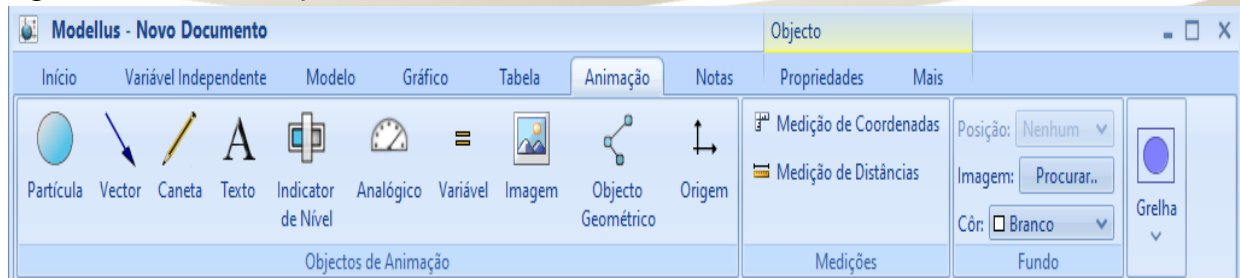
Fonte: Menu do software Modellus, 2023.

[Dica: “**parâmetros**” digite os valores da posição inicial (S_0) e da velocidade (V) que você deseja para seu móvel.]

2º Passo

Vá ao menu “**Animação**”, clique em “**Partícula**” e depois no meio da área principal do programa (ver Figura 9).

Figura 8: Menu Animação do Software Modellus



Fonte: Menu do software Modélus, 2023.

3º Passo



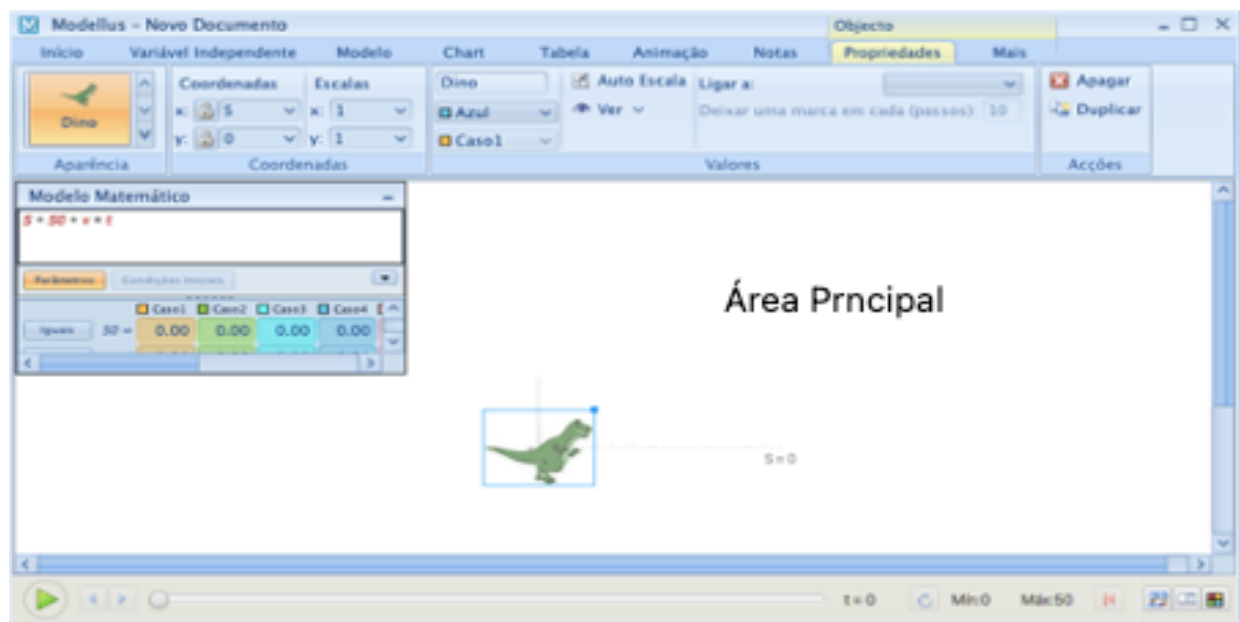
Com a partícula da área principal selecionada, localize as coordenadas **Horizontal** e **Vertical**. Em seguida clique na seta  da coordenada horizontal, selecione “S” na Vertical “0”. E, logo ao lado, em “Escala”, selecione (x= 1) e (y=1). Com a partícula da área principal selecionada, clique na seta dupla  do botão “Aparência” e procure o “Dino” (Figura 9).

Figura 9: Janela de propriedade do software Modélus

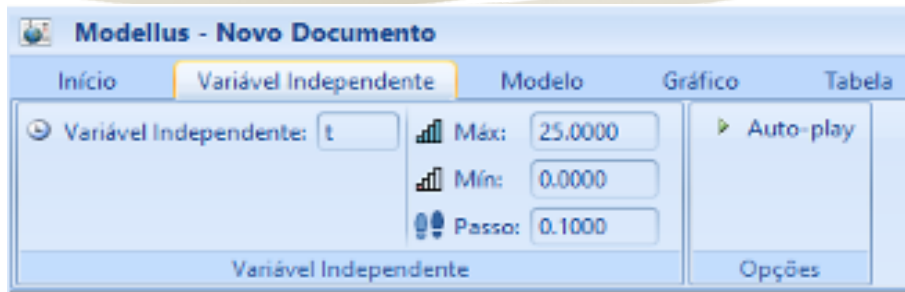


Fonte: Menu do software Modélus, 2023.

4º Passo

Agora na barra de menu procure “**Variável Independente**” e na caixa que abrirá: no Passo (Δt): digite **0.0010**, no **Mín: 0.000** e no **Máx: 25.000** (Figura 10).

Figura 10: Parâmetros de variáveis independentes.

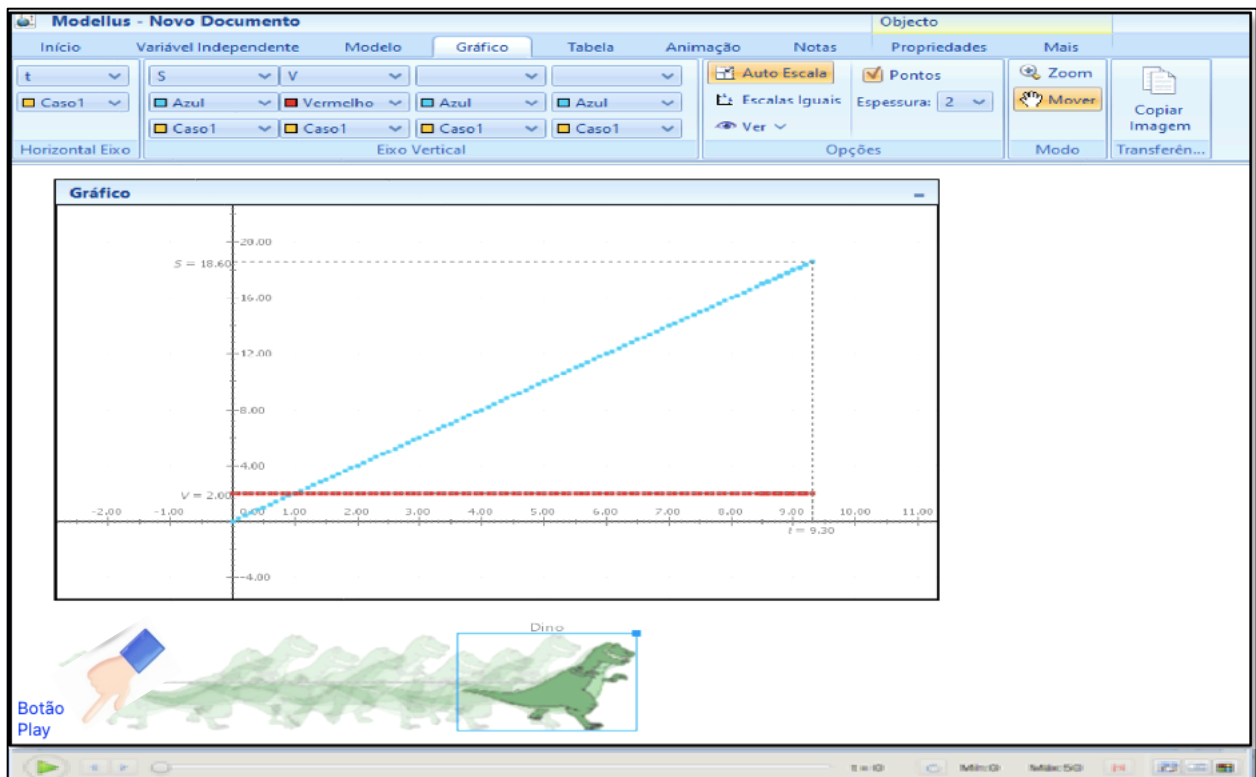


Fonte: Menu do software Modellus, 2023.

5º Passo

No menu “**Gráfico**” do modelo marque o quadro (Projeções, Valores, Pontos valores nos eixos e escala automática), mude a espessura para 2. No primeiro quadro **eixo vertical**, selecione **S** e no segundo **V**. Agora você pode executar o movimento com um clique no Play (Figura 11).

Figura 11: Menu do gráfico da modelagem



Fonte: Software Modellus, 2023.

Atividade exploratória da simulação

Verifique o resultado da simulação que você construiu e responda. [Nota: Tenha em mente as unidades de medida usadas pelo Sistema Internacional (SI)]

1. Defina valores inteiros para os parâmetros (S_0) e (V) da equação do modelo matemático e execute o modelo. Determine a posição para os instantes de 2 e 5 segundos. [Dicas: (1) use valores baixos e inteiros para S_0 e V ; (2) execute o modelo pelo menos três vezes pausando o modelo no instante definido.

2. Ajuste S_0 para 0 e V para 2 no modelo, observe o gráfico e a tabela gerados. Em que momento o objeto passará pela posição de 20 metros? Como os dados da tabela se relacionam com o comportamento do gráfico ao serem visualizados juntos?

3. Qual o significado da reta paralela ao eixo horizontal (t) no gráfico gerado pelo modelo? Para entender, observe o comportamento do objeto em diferentes momentos e descreva como ele se relaciona com a distância e o intervalo de tempo.

Recado dos Autores



Caro(s) professor(es) e aluno(s),

Sugerimos que ampliem seus conhecimentos sobre a ferramenta explorando as simulações de modelagem computacional oferecidas, que enfatizam conceitos básicos de cinemática escalar.



ATIVIDADE Nº 2: DIFERENÇA ENTRE DESLOCAMENTO E DISTÂNCIA PERCORRIDA

Objetivos

- Familiarizar o professor ou aluno com a ferramenta de modelagem computacional utilizada no produto educacional;

- Compreender a diferença entre deslocamento e distância percorrida de uma partícula por intermédio da interação com a simulação.

Situação norteadora

A simulação "modelo: deslocamento e distância percorrida.mdl" mostra uma partícula [ATLETA] correndo a partir da posição inicial (S_0) até a posição final (S), mudando depois o sentido e retornando. Execute a simulação e responda à atividade exploratória. O modelo computacional utilizado nesta atividade está disponível no drive do pesquisador e pode ser acessado por meio do QR CODE localizado ao lado.



Atividade exploratória da simulação

Conforme a simulação do **modelo: deslocamento e distância percorrida.mdl**, responda às perguntas: [**Observação:** Para uma melhor compreensão da simulação, é recomendado considerar as unidades de medida das grandezas físicas no Sistema Internacional (SI)].

1. Analise o movimento descrito na simulação, e execute o modelo pausando quando a partícula [ATLETA] muda de sentido. Em seguida, determine o deslocamento da partícula em relação ao ponto de referência na animação.

2. Analise o movimento descrito na simulação e pare a animação quando a partícula [ATLETA] passa pelo ponto de referência. Qual é o deslocamento da partícula em relação ao ponto de referência na animação?

3. Analise o movimento descrito na simulação e pare a animação quando a partícula [ATLETA] muda de sentido. Qual é a distância percorrida pela partícula em relação ao ponto de referência na animação?

4. Analise o movimento descrito na simulação, e pare a animação quando a partícula [ATLETA] passa pelo ponto de referência. Determine a distância percorrida pela partícula em relação ao ponto de referência na animação.

5. Existe uma distinção conceitual entre as grandezas físicas **deslocamento** e **distância percorrida** nas respostas prestadas anteriormente a respeito da simulação? Se sim, relate essa distinção.

ATIVIDADE Nº 3: MOVIMENTO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE

Objetivos

- Familiarizar o professor ou aluno com a ferramenta de modelagem computacional.
- Aperfeiçoar a compreensão dos conceitos físicos dos movimentos retilíneo uniforme (MRU) e retilíneo uniformemente variado (MRUV) por meio da interação dos estudantes com a simulação.

Situação norteadora

O modelo computacional envolve uma simulação do movimento de dois objetos [FUSCA 1 e FUSCA 2] se movendo horizontalmente em linha reta, sendo um com velocidade constante e outro com aceleração constante. Convidamos a explorar a simulação computacional "modelo: função horária das posições (MRU e MRUV).mdl" e analisar os dados apresentados no gráfico e tabela para resolver a atividade subsequente. O modelo computacional utilizado nesta atividade está disponível no drive do pesquisador e pode ser acessado por meio do QR CODE localizado ao lado.



Atividade exploratória da simulação

Conforme a simulação do modelo: função horária das posições (MRU e MRUV).mdl, responda às questões: [**Observação:** Para uma melhor compreensão da simulação, é recomendado considerar as unidades de medida das grandezas físicas no Sistema Internacional (SI)].

1. Com base no comportamento da velocidade em relação às posições e sentido do movimento em relação a um ponto de referência, como podemos classificar os movimentos das partículas [FUSCA 1 e FUSCA 2]? (**Observação:** na simulação, a partícula [FUSCA 2] é classificada em dois tipos de movimentos, um no mesmo sentido da trajetória e outro em sentido contrário).

2. Utilizando as equações disponíveis na janela de modelo matemático do software, calcule as posições das partículas no intervalo de 0 a 10 segundos, registrando os resultados em seu caderno. Em seguida, esboce os gráficos posição versus tempo e velocidade versus tempo neste intervalo. Considere: 1º) posição inicial (X_{01}) [FUSCA 1] = 5.00 m, posição inicial (X_0) [FUSCA 2] = 0, velocidade (V_1) [FUSCA 1] = 4.00 m/s, velocidade (V_{0x}) [FUSCA 2] = 20.00 m/s, e aceleração [FUSCA 2] = - 4.50 m/s²; 2º) Se possível, use papel quadriculado para desenhar os gráficos.

Resolução

3. Utilizando as equações disponibilizadas na janela do modelo matemático do software, faça o cálculo no seu caderno para determinar o momento (instante de tempo) e a posição em que as partículas [FUSCAS] se encontram.

Posição: _____ (em metros) Instante: _____ (em segundos).

4. Com base na análise do gráfico e da tabela da simulação de movimento, identifique o momento (instante de tempo) e a posição em que as partículas [FUSCA 1 e FUSCA 2] se encontram. Registre abaixo os valores obtidos:

Posição: _____ (em metros) Instante: _____ (em segundos).

Os valores das grandezas indicadas estão em concordância com aqueles que foram obtidos na questão anterior (Questão 3)? Faça um comentário em relação aos processos utilizados para determinar os valores dessas grandezas.

Recado dos Autores

Caro(s) professor(es) e aluno(s),



Propomos incentivar os discentes a resolver (calcular) os problemas apresentados em seus cadernos de forma tradicional, ou seja, aplicando as equações características dos fenômenos descritos. Em seguida, solicitamos que eles realizem as modelagens computacionais. Por fim, sugerimos reunir os alunos para um debate sobre os aspectos dos fenômenos observados nas animações.



ATIVIDADE Nº 4º CRIANDO SIMULAÇÕES NO SOFTWARE MODELLUS

Objetivos

- Avaliar se as atividades propostas contribuem para o desenvolvimento da habilidade dos estudantes em realizar modelagens computacionais com mais independência;
- Favorecer a interação entre os alunos durante o processo de modelagem;
- Estimular o diálogo e a reflexão dos estudantes em relação às teorias apresentadas nas animações.

Modelo Computacional Nº1: Dois objetos em movimento retilíneo, obedecendo à equação $[x = x_0 + \vec{v} \cdot t]$ no sistema SI. As condições iniciais são:

Partícula 1 $[x_0 = 4,0$ e $\vec{v} = 3,0]$

Partícula 2 $[x_0 = 3,0$ e $\vec{v} = 4,0]$

- Trace os gráficos da posição em relação ao tempo para as partículas 1 e 2, entre 0s a 15s.
- Determine a posição e os momentos em que as partículas 1 e 2 se encontram.

Análise e reflexão: Uma vez finalizado o modelo computacional, convide seu colega para uma discussão e respondam à questão subsequente.

- Se o valor da velocidade v for alterado para um valor negativo, será possível as partículas se encontrarem? Explique com base em aspectos teóricos do fenômeno observado na animação.

Modelo computacional N° 2: Considere uma partícula que esteja se movendo com aceleração constante, considerando a posição inicial e que percorra uma trajetória retilínea horizontal por 8 segundos. Admitindo que ocorra uma mudança de sentido de movimento durante esse período (Nota: desconsiderar quaisquer forças de resistência na situação).

a) Desenhe o gráfico da posição em relação ao tempo.

b) Determine em que momento a partícula mudou de sentido de movimento.

Análise e reflexão: Uma vez finalizado o modelo computacional, convide seu colega para uma discussão e respondam à questão subsequente.

c) Qual parâmetro do modelo você alterou para atender às condições definidas na atividade? Explique com base nos aspectos teóricos observados na animação.

Modelo computacional N° 3: Suponha que seja possível soltar simultaneamente dois objetos de dois edifícios diferentes, um em Marte e outro na Lua. Ambos os objetos atingem as superfícies dos planetas em 5,0 segundos, sem qualquer tipo de resistência. Com base nessas condições hipotéticas, determine o que é solicitado.

a) A altura dos edifícios.

b) As velocidades com que os objetos atingem suas superfícies dos astros.

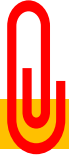
Considerar: Gravidade em Marte = $3,72 \text{ m/s}^2$ e Gravidade da Lua = $1,67 \text{ m/s}^2$

Análise e reflexão: Uma vez finalizado o modelo computacional, convide seu colega para uma discussão e respondam à questão subsequente.

c) Explique as diferenças nos valores de altura e velocidade nas situações hipotéticas, apoiando-se em aspectos teóricos observados na animação.

FASE 2: ATIVIDADES INVESTIGATIVAS E DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

Eixo temático: Práticas Experimentais Investigativas



Recado dos Autores

Caro(s) professor(es) e aluno(s),

Agora que vocês já têm as habilidades básicas da ferramenta (software Modellus), propomos desafios investigativos, permitindo que explorem e construam seu pensamento antes de propor e realizar experimentos relacionados aos fenômenos em questão. É importante destacar que o modelo computacional pode complementar e/ou reforçar a explicação.

A seguir apresentamos as SPI do PE. Recomendamos que o professor permita que os estudantes pensem e reflitam sobre o problema antes de sugerir atividades experimentais práticas relacionadas aos fenômenos destacados. Destacamos que as atividades podem ser ajustadas ao contexto da disciplina e também podem ser utilizadas em aulas práticas de física experimental do ensino médio.



ATIVIDADE Nº 5: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA 1

Objetivos:

- Utilizar as relações de posição, velocidade e aceleração para solucionar uma situação - problema investigativa (SPI);
- Desenvolver uma estratégia para investigar a solução de SPI;
- Realizar experimentos para resolver a situação problemática;

- Utilizar as equações específicas para descrever esse movimento.

Proposta de problema

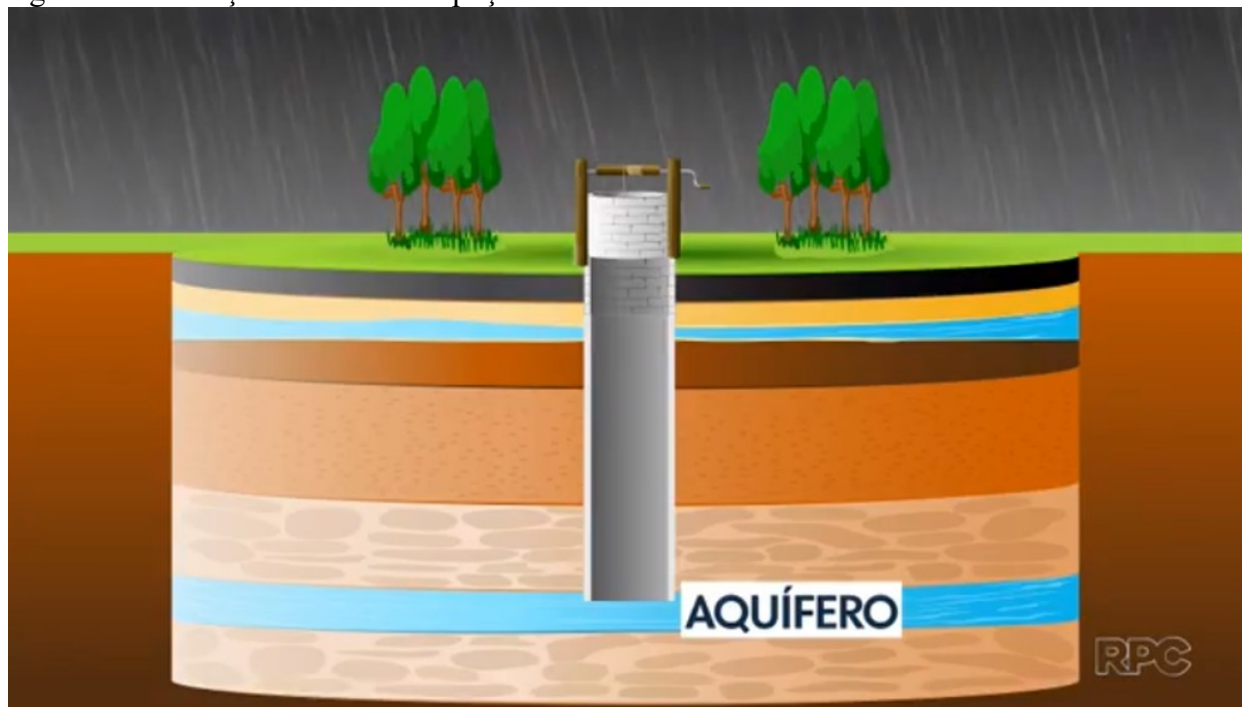
1ª SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: Em muitos municípios do Estado do Amapá/AP, a infraestrutura de distribuição de água encanada não é disponível. Como resultado, as pessoas precisam captar a água de poços amazonas, que têm profundidades variadas. Em uma dessas situações, um morador precisa adquirir uma corda para retirar a água de seu poço usando um balde. Desejando não gastar muito, ele pretende comprar a menor medida de corda necessária para captar a água. Diante dessa situação apresente uma solução para o problema a seguir.

PROBLEMA: Como estimar a profundidade aproximada de um poço amazonas até o nível da água sem o uso de ferramentas de medição de comprimento?

Figura 12: Ilustração lateral de um poço amazonas



Fonte: Produção/RPC, 2023.

VAMOS AJUDAR ESSE MORADOR!

1) Em equipe, debatam uma estratégia para resolver o problema. Elaborem uma descrição detalhada dos passos propostos pelo grupo para encontrar a solução.

2) Quais são as suposições que foram sugeridas para encontrar uma possível solução?

3) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

4) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO DO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



5) Determinar a aceleração da gravidade no local com base nas grandezas físicas envolvidas na situação-problema e dados coletados na experimentação. Comparar com o valor padrão encontrado na literatura e calcular o erro percentual.

6) Com base na situação observada na experimentação, será possível calcular a velocidade ao atingir a superfície da lâmina d'água? Se sim, proponha uma abordagem para realizar essa

determinação.

Após a realização experimental

7) Existe correspondência entre o observado na atividade experimental e o plano de ação traçado pelo grupo para solucionar a situação problema? Justifique.

8) Construa os gráficos da posição versus tempo e velocidade versus tempo a partir dos dados obtidos na atividade experimental, utilizando papel quadriculado ou outro material fornecido pelo professor. Explique qual informação cada gráfico representa.



1ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

9) Crie um modelo digital no software Modellus, utilizando os dados coletados na atividade experimental, para representar a situação-problema.

10) Proporcione uma solução para o problema do morador em medir a profundidade do poço, tendo em vista que ele só possui um relógio digital.



ATIVIDADE Nº 6: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 2

Objetivos:

- Compreender a interação entre as grandezas físicas;
- Despertar a criatividade por meio da colaboração entre os alunos;
- Desenhar uma estratégia de investigação para resolver a situação-problema;
- Experimentar com procedimentos levantados para solucionar a questão;
- Utilizar as equações para resolver a situação-problema investigativa.

Proposta de problema

2ª SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: Os profissionais responsáveis por manter a rede elétrica das cidades funcionando corretamente e de maneira segura são os eletricitas de manutenção. Durante uma rotina de manutenção, um dos eletricitas pode descuidadamente deixar cair sua ferramenta, e seu colega, que o está ajudando, pega a ferramenta e a lança de volta para o eletricitista que está trabalhando no alto, sobre uma escada encostada em um poste próximo à fiação de baixa tensão. Diante dessa situação apresente uma solução para o problema a seguir.

PROBLEMA: Com base na situação descrita, quais devem ser os aspectos físicos que influenciam no lançamento para que o eletricitista possa pegar sua ferramenta sem correr riscos para sua segurança?

VAMOS TRAÇAR UMA ESTRATÉGIA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA!

1) Em equipe, debatam uma estratégia para resolver o problema. Elaborem uma descrição detalhada dos passos propostos pelo grupo para encontrar a solução.

2) Quais são as suposições que foram sugeridas para encontrar uma possível solução?

3) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

4) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO DO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



Após a realização experimental

5) Existe correspondência entre os resultados do experimento e o plano de ação traçado pelo grupo para solução? Justifique.

6) Considerando o momento em que o electricista lança a chave verticalmente como ponto zero de referência, é possível determinar de forma aproximada a altura máxima alcançada pela chave na situação observada? Explique como isso pode ser feito.

7) Construa os gráficos da posição versus tempo e velocidade versus tempo a partir dos dados obtidos na atividade experimental, utilizando papel quadriculado ou outro material fornecido pelo professor. Observe a inclinação presente em cada gráfico e explique o que ela representa.



2ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

8) Com base nos dados coletados na experimentação, crie um modelo computacional no software Modellus que se assemelhe à situação examinada. Compare os gráficos gerados no modelo com os gráficos obtidos anteriormente e descreva o que o grupo observou.



9) Apresente uma proposta de resolução para o problema em questão e destaque as considerações importantes a serem levadas em conta.

ATIVIDADE Nº 7: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 3

Objetivos:

- Compreender a inter-relação das grandezas físicas, incluindo força normal, força peso, força de atrito, coeficiente de atrito cinético e estático, na dinâmica de movimento de objetos;
- Identificar, analisar e determinar a intensidade das forças envolvidas na interação de objetos.

Proposta de problema

3ª SITUAÇÃO – PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: Um morador de uma cidade comprou um refrigerador em uma loja de eletrodomésticos e a entrega foi feita na porta de sua residência, embalado em uma caixa de papelão para proteção durante o transporte. De acordo com o fabricante, o refrigerador deve ser transportado até o local de uso na embalagem original. O morador, que vive sozinho, precisa transportar o refrigerador sem a ajuda de terceiros, porém, devido às dimensões e peso do equipamento, ele não pode ser carregado erguido durante o deslocamento. Nesse cenário, é necessário encontrar uma solução que minimize o esforço envolvido no transporte do refrigerador até o local de uso na residência

PROBLEMA: Como tornar o transporte do refrigerador o mais eficiente possível, considerando a limitação de esforço do morador que vive sozinho?

[Na situação apresentada considere: (1º) A superfície da casa é plana e regular feita de cerâmica ou granito polido, (2º) Não existem obstáculos no trajeto até o local de uso].

VAMOS AJUDAR ESSE MORADOR!

1) Em equipe, debatam uma estratégia para resolver o problema. Elaborem uma descrição detalhada dos passos propostos pelo grupo para encontrar a solução.

2) É possível estabelecer a relação entre as grandezas Força, Massa e Aceleração para que um corpo inicie um movimento? Expliquem as ideias discutidas em grupo.

3) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

4) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO DO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



APÓS A REALIZAÇÃO EXPERIMENTAL

5) Com base nas observações feitas no experimento e no plano de ação elaborado, quais são as forças presentes durante o movimento do objeto? Analise as diferentes fases do movimento e identifique as forças atuantes em cada uma delas.

6) Com relação aos aspectos da intensidade da(s) grandeza(s) física(s) presentes no movimento do objeto, como poder-se-ia produzir uma grande aceleração usando uma força pequena? Mencione duas maneiras de aumentar a aceleração.?



3ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

7) Desenvolva um modelo computacional no Software Modellus que represente a situação investigada de acordo com os dados coletados na experimentação, explicando como o modelo foi criado e funciona.



8) Proponha uma solução para o problema em questão, levando em conta todos os aspectos a serem considerados.

ATIVIDADE Nº 8: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 4

Objetivos:

- Elaborar um plano de investigação para resolver a situação-problema;
- Investigar por meio de atividades experimentais os fenômenos da física;
- Utilizar as equações para solucionar o problema;
- Compreender a ligação entre as grandezas físicas e a lei de Hooke;
- Entender os movimentos periódicos relacionados.

Proposta de problema

4ª SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: O Bungee Jumping é uma atividade radical praticada por aqueles que buscam emoção. Ele consiste em um salto do ar, com a pessoa amarrada a uma corda elástica, presa aos tornozelos ou à cintura. Contudo, muitos praticantes deste esporte não prestam atenção na capacidade de suporte da corda elástica que adquirem, o que é fundamental para garantir a segurança durante a prática. Por esse motivo, é crucial conhecer o limite de sustentação da corda antes de realizar o salto. Diante dessa situação apresente uma solução para o problema a seguir.

PROBLEMA: Como se pode estabelecer a capacidade da corda elástica utilizada nos saltos radicais do Bungee Jump?



Lembre-se que a solução desse problema é apenas um ensaio didático para as atividades experimentais. O ensaio mecânico para medir a constante elástica de uma corda elástica deve ser realizado em um laboratório especializado que tenha os equipamentos e as ferramentas adequadas para realizar o teste de forma precisa e confiável.

VAMOS AJUDAR ESSE SALTADOR!

- 1) Em equipe, elaborem uma abordagem para resolver o problema. Relatem todos os passos sugeridos pelo grupo para alcançar a solução da situação.

2) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

3) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



APÓS A REALIZAÇÃO EXPERIMENTAL

4) Com base nas observações feitas no experimento e no plano de ação elaborado, há correspondência entre os resultados do experimento e o plano de ação traçado pelo grupo para solução? Justifique.

5) Qual(is) grandezas físicas devem ser consideradas na situação em análise?

6) Se as forças dissipativas forem ignoradas, quais aspectos do movimento podemos prever na situação em análise



4ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

7) Com base nos dados obtidos na experimentação, crie um modelo no software Modellus que simule a situação estudada e explique como ele foi elaborado.



8) Proponha uma solução para o problema em questão, levando em conta as considerações necessárias.

FASE 3

Recado dos autores

Caros Professor(es) e discentes(s),

Ao final desta atividade, estimulamos os estudantes a propor uma investigação relacionando um ou dois conceitos de Física a uma situação-problema investigativa (SPI). Se desejarem, podem seguir o modelo apresentado.



Eixo temático: Desenvolvendo Situação-Problema Investigativa (SPI)

Objetivo:

- Fomentar que os alunos se coloquem na posição de professores em uma situação;
- Elaborar uma Situação-problema investigativa (SPI) que contemple a abordagem investigativa, com o uso da modelagem computacional (MC) e da experimentação.

ATIVIDADE Nº 9: ESQUEMA DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO.

PROBLEMA: [ESCREVA AQUI O PROBLEMA QUE RELACIONADA À SUA SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA]

Proposta de conceitos para a SPI:

- Trabalho e Energia.
- Conservação da Energia Mecânica.

Objetivos:

Escreva aqui os objetivos da prática experimental

SITUAÇÃO PROBLEMA INVESTIVATIVA

Pesquise e elabore uma situação-problema passível de ser modelada

Formule questionamentos relacionados ao experimento sem apresentar diretamente os conceitos (invariantes operatórias).

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO

Formule questionamentos incentivando a busca por uma explicação, após a observação da prática experimental.

MODELAGEM COMPUTACIONAL

Elabore a modelagem que corresponda a solução de sua situação -problema

[Importante]:

Na escolha da situação-problema você deve considerar as habilidades que seus estudantes possuem sobre o software Modellus.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades realizadas pela SD enfatizam a importância de colocar o aluno como o centro do processo de ensino e aprendizagem. Durante as observações das intervenções realizadas, quando os alunos foram desafiados com situações que os estimularam a pensar e refletir, eles mostraram maior entusiasmo, participação e colaboração, propondo soluções para problemas hipotéticos. Além disso, houve uma interação intensa entre os colegas, enriquecendo as investigações. A abordagem metodológica do PE apresentou melhores resultados quando as atividades foram complementadas pela ferramenta de modelagem computacional no Modellus, o que contribuiu para uma apresentação da solução dos problemas propostos da segunda Fase da SD.

Os aspectos notados correspondem a uma aprendizagem ativa que, de acordo com Paiva (2016), é entendida quando o professor emprega uma série de práticas pedagógicas centradas nos alunos e os estimula a adquirir conhecimentos de maneira colaborativa ou cooperativa. A postura dos alunos ao realizarem as atividades da SD foi algo que ainda não havia experimentado ao lecionar aulas em LDFE. Anteriormente, costumava focar no ensino das disciplinas experimentais de forma rígida, onde os resultados já estavam pré-definidos e resolvidos, conforme os manuais das práticas de laboratório. Segundo Rodrigues et al., (2021, p. 16), esse tipo de prática é a que mais se observa, pois “são mais fáceis de executar, planejar e avaliar”.

A priorização de ações mais reflexivas permitiu que os alunos pudessem planejar as etapas e procedimentos experimentais, o que favoreceu a obtenção de um melhor entendimento sobre o assunto e o desenvolvimento de um pensamento crítico acerca do significado da medição de fenômenos físicos. É importante lembrar que o uso de tecnologia no ensino de física deve estar sempre acompanhado por uma formação adequada dos professores para que eles saibam como usá-los de forma eficaz. Afinal, a tecnologia é apenas uma ferramenta, e seu sucesso depende da habilidade do professor em adaptá-la e incorporá-la no seu planejamento de aulas, afinal, a tecnologia pode ser um excelente recurso, mas não substitui a importância do professor em criar um ambiente de ensino que proporcione a construção do conhecimento dos alunos e uma condução do processo de ensino-aprendizagem com maior significado.

As vantagens do ensino de Física usando modelagens computacionais e práticas experimentais tratado no PE incluem: a) o uso de situação-problema investigativa (SPI) com aspecto do contexto dos alunos; b) Aferiu a curiosidade dos alunos; e c) o compartilhamento de informações e colaboração entre os estudantes na busca de soluções. É fundamental que o professor atue como mediador do ensino, permitindo que os estudantes cheguem aos conceitos por conta própria.

Quanto aos obstáculos encontrados podemos destacar: primeiro, os alunos tiveram dificuldade no início para desenvolver as modelagens propostas, mas isso foi resolvido com a ajuda do professor; segundo o tempo dedicado às atividades nem sempre foi suficiente. Sugere-se que os professores dediquem pelo menos dois encontros com três horas de aula para cada atividade da Fase 2 deste projeto; terceiro, foi necessário deixar mais claro os objetivos das atividades, pois em alguns momentos os alunos queriam estudar conceitos que não eram foco das atividades.

Um ponto importante que merece ser destacado na estratégia metodológica ocorreu quando os dados das práticas experimentais não correspondiam aos valores esperados pelos os alunos, este “desacordo” os fazia questionar a validade do processo de desenvolvimento que propuseram para a prática experimental estudada. Essa observação era esperada, pois, de acordo com Carvalho (2013), no processo investigativo, pode ocorrer a validação ou não das ideias levantadas pelos alunos.

Quanto à estratégia metodológica implementada no ensino de Física, verificou-se que a estrutura utilizada para as atividades da Fase 2 da SD proporcionou uma reflexão sobre o conteúdo e, como resultado, estimulou discussões sobre como solucionar os problemas. De acordo com Carvalho (2006), é importante que os educadores estejam conscientes de que as atividades investigativas propostas não devem se limitar apenas a observações superficiais ou manipulações de dados. Além disso, é essencial envolver os alunos ativamente em momentos de reflexão, discussão, explicação e compartilhamento de seu trabalho com os colegas.

Durante a fase 3 da SD, foi possível constatar que a metodologia utilizada proporcionou aos alunos a habilidade de elaborar SPI. Sob a orientação do professor, os alunos participantes criaram SPI que incorporaram elementos metodológicos de uma sequência de ensino investigativa (SEI), seguindo a abordagem descrita por Carvalho (2013). Os resultados dessa etapa do PE evidenciaram a capacidade dos alunos de desenvolver problemas que abrangessem aspectos de uma experimentação investigativa. No Apêndice A, apresentamos as dez SPI elaboradas pelos

alunos, as quais passaram por uma reformulação para se tornarem proposições para SPI. No entanto, é importante destacar que essas são apenas ideias de situações e devem ser adaptadas ao contexto local em que o professor pretende aplicá-las.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativo. Em: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. Cengage Learning ed. São Paulo: 1, 2013.

CARVALHO, A. M. P. DE. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. Em: **Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y propuestas**. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2006.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 1, p. 99–122, 2012.

DULLIUS, M. M.; QUARTIERI, M. T.; NEIDE, I. G. **Tecnologias digitais no ensino de ciências e matemática**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023.

GAMA JÚNIOR, R. C. **A indissociação da eletricidade e do magnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais**. Dissertação (Ensino de Ciências Exatas). Lajeado/RS: Universidade do Vale do Taquari - Univates, 2018.

MORO, F. T. **Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no Ensino Médio**. Dissertação (Ensino de Ciências Exatas). Lajeado/RS: Universidade do Vale do Taquari - Univates, 2015.

RODRIGUES, L. DE S. C. et al. Práticas experimentais investigativas no laboratório do ensino superior. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 8, n. 2, p. 13–25, jan. 2021.

TAMIR, P. Practical work in school science: An analysis of current practice. Em: **Practical science**. Milton Keynes ed. Open University Press: Woolnough, B.E., (ed.), 1991.

APÊNDICE A- PROPOSTA PARA CRIAR SPI

Situação-problema 1: O parque de diversões

Contexto: Muitos alunos adoram frequentar parques de diversões, mas nem sempre estão cientes dos princípios físicos envolvidos nas atrações. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Um parque de diversões deseja construir uma nova atração que envolve um carrinho que desce uma montanha-russa e, em seguida, passa por um looping vertical e retorna à posição inicial. Os alunos devem calcular a altura da montanha-russa necessária para que o carrinho complete o looping sem perder velocidade e sem precisar de um motor adicional. Na situação será possível aplicar os conceitos de energia potencial e cinética, além de entender como a força gravitacional e a inércia afetam o movimento do carrinho.

Situação-problema 2: A energia em casa

Contexto: Muitos alunos não percebem o quanto de energia é consumido em suas casas diariamente, e como é importante conservá-la. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem calcular a quantidade de energia necessária para levantar um objeto até uma determinada altura em relação ao chão e comparar com a quantidade de energia necessária para mantê-lo na mesma altura. Em seguida, eles devem pesquisar os principais aparelhos elétricos em uma casa e calcular a quantidade de energia consumida por cada um deles. Os alunos devem refletir sobre a importância de desligar aparelhos elétricos quando não estão sendo usados e como isso pode ajudar a economizar energia.

Essa situação-problema envolve conceitos de energia potencial, trabalho e conservação de energia mecânica, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a importância da conservação de energia no dia a dia.

Situação-problema 3: O transporte de carga

Contexto: Com o aumento do comércio eletrônico e das entregas em domicílio, muitos alunos podem estar familiarizados com o processo de transporte de carga. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem calcular o trabalho necessário para levantar uma caixa de um caminhão de entrega até uma altura de 1 metro e comparar com o trabalho necessário para carregar a caixa por uma distância de 10 metros. Em seguida, os alunos devem refletir sobre qual método de transporte seria mais eficiente para entregar uma grande quantidade de caixas em uma cidade, levando em consideração o trabalho necessário para levantá-las em um caminhão, o trabalho necessário para descarregá-las e a distância percorrida.

Essa situação-problema envolve conceitos de trabalho mecânico, energia potencial, energia cinética e conservação de energia, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a eficiência do transporte de carga em diferentes contextos.

Situação-problema 4: A produção de energia elétrica

Contexto: A produção de energia elétrica é um tema atual e importante, e muitos alunos podem estar interessados em aprender mais sobre o assunto. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem calcular o trabalho necessário para levantar uma massa de água por uma certa altura em um reservatório de uma usina hidrelétrica e comparar com o trabalho necessário para mover uma certa quantidade de combustível fóssil em uma usina termelétrica. Em seguida, os alunos devem refletir sobre as vantagens e desvantagens de cada método de produção de energia elétrica, levando em consideração a eficiência, o custo e o impacto ambiental.

Essa situação-problema envolve conceitos de trabalho mecânico, energia potencial, energia cinética, conservação de energia e fontes de energia, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a produção de energia elétrica e seu impacto no meio ambiente.

Situação-problema 5: O amortecedor de bicicleta

Contexto: Muitos alunos usam bicicletas como meio de transporte ou para praticar esportes. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem calcular o trabalho realizado por um amortecedor de bicicleta, que usa uma mola para absorver impactos durante o ciclismo. Eles devem calcular a energia potencial armazenada na mola quando ela é comprimida e a energia cinética do ciclista quando ele atinge um obstáculo. Em seguida, eles devem calcular a energia absorvida pela mola e o trabalho realizado pelo amortecedor para desacelerar o ciclista e protegê-lo do impacto.

Essa situação-problema envolve conceitos de trabalho, energia cinética, energia potencial elástica, conservação de energia mecânica e propriedades das molas, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a importância de dispositivos de segurança em bicicletas.

Situação-problema 6: O lançamento de um foguete

Contexto: O lançamento de foguetes é um tema interessante e atual, que pode despertar a curiosidade dos alunos. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem calcular o trabalho necessário para comprimir uma mola e a energia potencial armazenada na mola. Em seguida, eles devem calcular o trabalho realizado pela mola para impulsionar um foguete e a energia cinética do foguete quando ele é lançado. Os alunos também podem calcular a altura máxima alcançada pelo foguete e a velocidade na qual ele é lançado.

Essa situação-problema envolve conceitos de trabalho, energia cinética, energia potencial elástica, conservação de energia mecânica e propriedades das molas, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a importância de compreender os princípios físicos envolvidos em lançamentos de foguetes e a exploração espacial.

Situação-problema 7: Derrapagem em uma pista de skate

Contexto: Muitos alunos praticam skate como esporte e lazer. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem determinar o coeficiente de atrito estático entre as rodas do skate e a pista de skate, para evitar derrapagens perigosas durante manobras. Eles devem medir a força mínima necessária para iniciar o movimento do skate e usar essa informação para calcular o coeficiente de atrito estático. Em seguida, os alunos podem discutir estratégias para reduzir o coeficiente de atrito, como a utilização de lubrificantes.

Essa situação-problema envolve conceitos de força, atrito, coeficiente de atrito estático, medidas e experimentação, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a importância de entender os princípios físicos envolvidos em esportes de skate

Situação-problema 8: Fricção entre pneus e estrada

Contexto: Muitos alunos têm acesso a automóveis ou utilizam transporte público, que se movem sobre pneus em contato com a estrada. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem determinar o coeficiente de atrito estático entre os pneus de um carro e a estrada, para entender como isso afeta a capacidade de frenagem e o desempenho do veículo em curvas. Eles podem medir a distância necessária para o carro parar completamente em diferentes condições de superfície da estrada e usar essa informação para calcular o coeficiente de atrito estático. Em seguida, os alunos podem discutir estratégias para aumentar ou diminuir o coeficiente de atrito, como a pressão dos pneus e a qualidade da borracha.

Essa situação-problema envolve conceitos de força, atrito, coeficiente de atrito estático, medidas e experimentação, além de fornecer uma oportunidade para os alunos refletirem sobre a importância de entender os princípios físicos envolvidos em condução segura e eficiente de veículos.

Situação-problema 9: Colisões em jogos de vídeo game

Contexto: Muitos alunos são entusiastas de jogos de vídeo game, e muitos desses jogos envolvem colisões entre objetos. Uma situação-problema interessante seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem analisar as colisões entre personagens ou objetos em um jogo de vídeo game, para entender como a conservação do momento linear é aplicada na prática. Eles podem medir a velocidade inicial e final dos objetos envolvidos em uma colisão e calcular o momento linear antes e depois da colisão. Em seguida, os alunos podem discutir as diferentes possibilidades de colisões, como colisões elásticas e inelásticas, e como elas afetam a conservação do momento linear.

Essa situação-problema envolve conceitos de conservação do momento linear, colisões elásticas e inelásticas, cálculo de velocidade e experimentação, além de fornecer uma oportunidade para os alunos aplicarem esses conceitos em um contexto lúdico e interessante.

Situação-problema 10: Acidentes de trânsito

Contexto: Infelizmente, acidentes de trânsito são uma realidade presente na vida de muitos alunos e suas famílias. Uma situação-problema interessante sobre esse aspecto seria:

Sugestões para criação de situação-problema investigativa (SPI): Os alunos devem analisar um acidente de trânsito, para entender como a conservação do momento linear é aplicada na prática. Eles podem medir a velocidade inicial e final dos veículos envolvidos no acidente e calcular o momento linear antes e depois da colisão. Em seguida, os alunos podem discutir as diferentes possibilidades de colisões, como colisões elásticas e inelásticas, e como elas afetam a conservação do momento linear. Além disso, os alunos podem discutir as consequências de diferentes tipos de colisões para a segurança dos passageiros.

Essa situação-problema envolve conceitos de conservação do momento linear, colisões elásticas e inelásticas, cálculo de velocidade e experimentação, além de fornecer uma oportunidade para os alunos aplicarem esses conceitos em um contexto sério e importante para suas vidas.

APÊNDICE B

ATIVIDADES EM FORMATO PARA IMPRESSÃO

Caro professor,

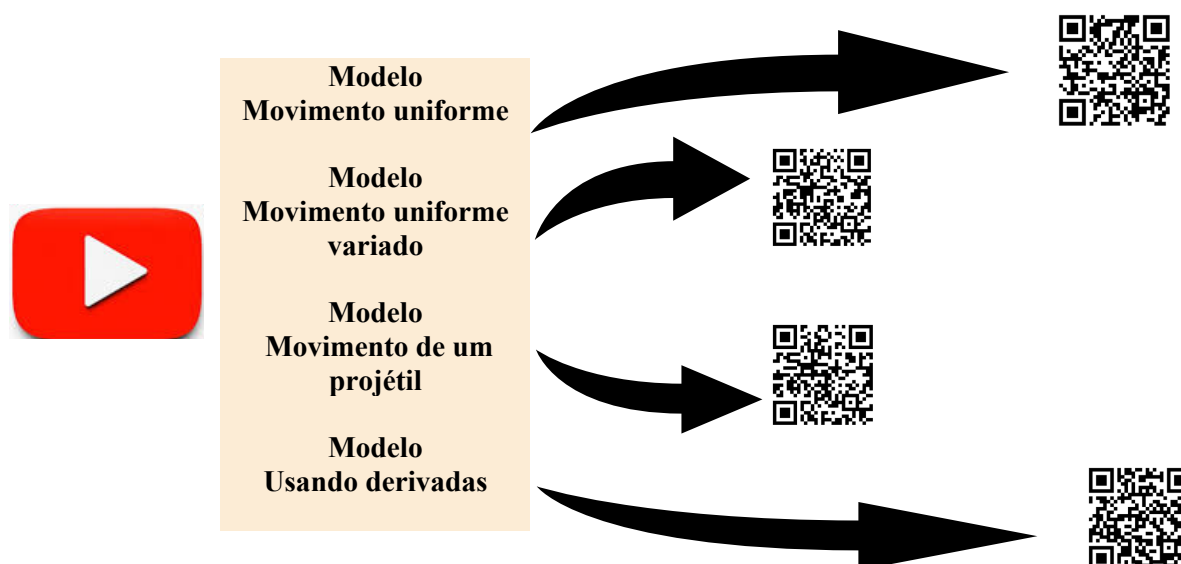
Disponibilizamos as atividades em um formato para impressão, o objetivo é tornar mais fácil a implementação e o desenvolvimento desta prática pedagógica em suas aulas. As atividades são voltadas para o ensino de física da disciplina de Física experimental I, comumente trabalhada nos cursos de licenciatura em Física. A abordagem segue a investigação de Situação-problema que são complementadas pela exploração dos recursos das tecnologias digitais, em particular, a modelagem computacional criada no software Modellus.

ATIVIDADES

FASE 1: ATIVIDADES COMPUTACIONAIS EXPLORATÓRIAS

Procedimentos iniciais:

Para familiarizar-se com o software Modellus, recomendamos assistir aos vídeos tutoriais curtos do blog física na lixa, onde são apresentados quatro modelos computacionais interativos desenvolvidos na ferramenta. Esses vídeos ajudarão a conhecer alguns dos recursos disponibilizados pelo programa. Os QR CODEs para acesso aos vídeos estão disponíveis abaixo.



ATIVIDADE Nº 1: AMBIENTAÇÃO COM A FERRAMENTA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

Objetivo:

- Apresentar os principais recursos do Software Modellus

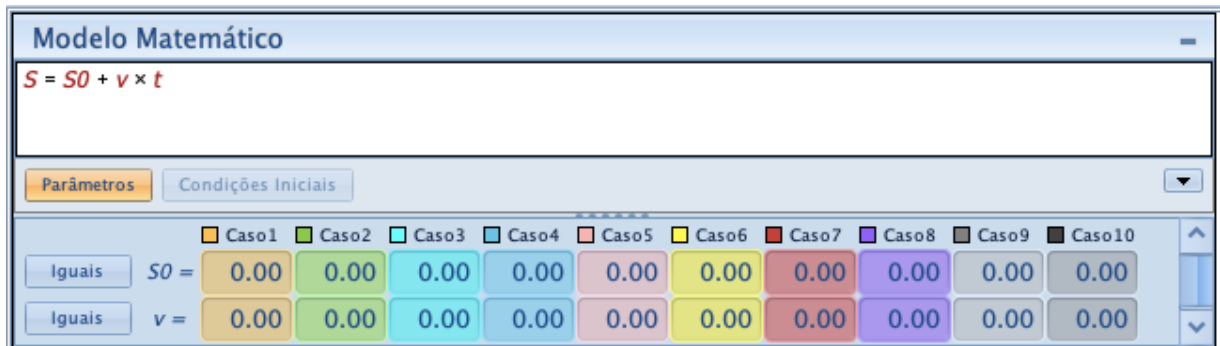
1º Passo

Na caixa “**modelo matemático**” digite a equação horária da posição ($S = S_0 + V \times t$).

No menu “**parâmetros**” digite os valores da posição inicial (S_0) e da velocidade (V) que você deseja para seu móvel (Figura 7).

[**Observação:** Para colocar o sinal de multiplicação (x) use a tecla de “**espaço**” do teclado].

Figura 7: Caixa modelo Matemático



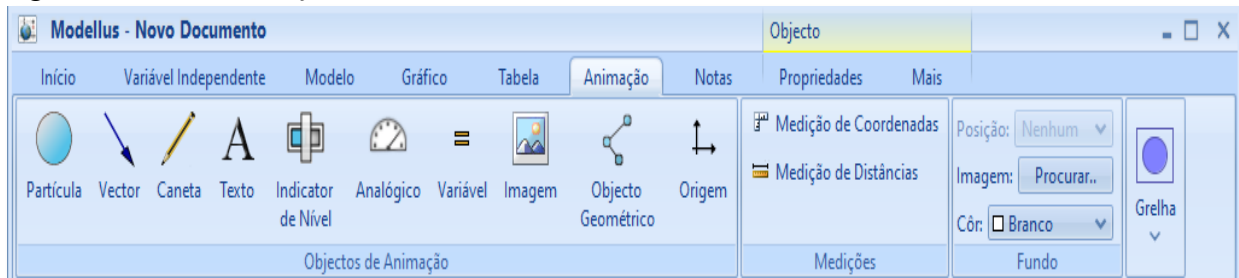
Fonte: Menu do software Modellus, 2023.

[Dica: “**parâmetros**” digite os valores da posição inicial (S_0) e da velocidade (V) que você deseja para seu móvel.]

2º Passo

Vá ao menu “Animação”, clique em “**Partícula**” e depois no meio da área principal da Figura 8.

Figura 8: Menu Animação do Software Modellus



Fonte: Menu do software Modellus, 2023.

3º Passo



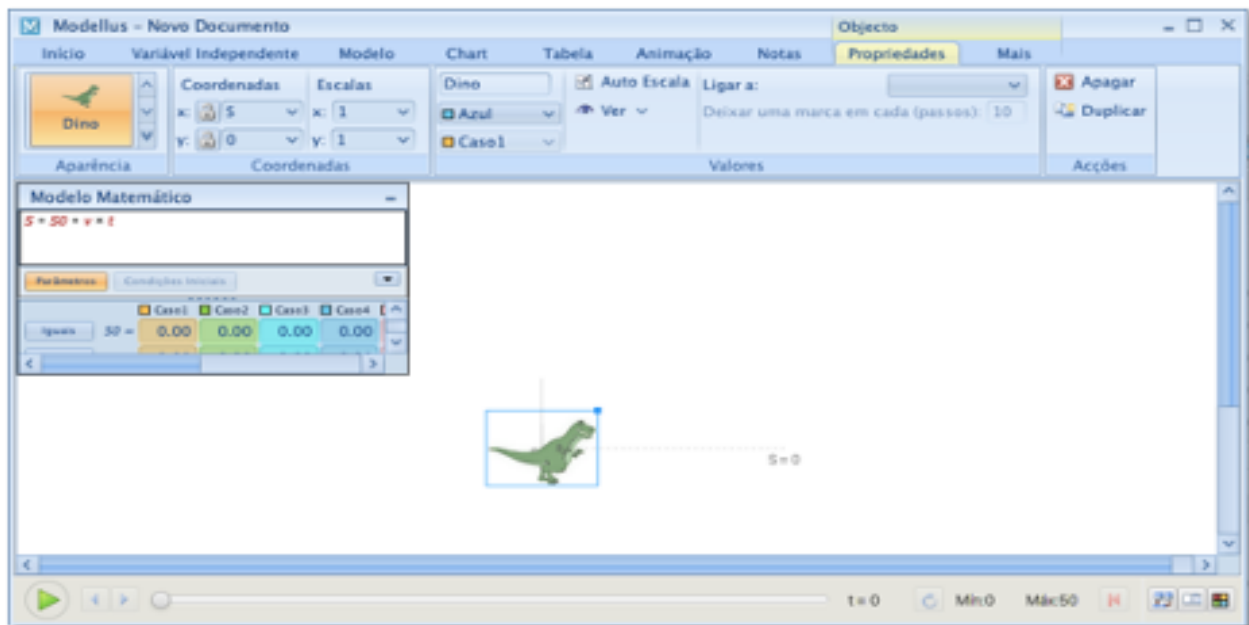
Com a partícula da área principal selecionada, localize as coordenadas **Horizontal** e **Vertical**. Em seguida clique na seta  da coordenada horizontal, selecione “S” na Vertical “0”. E, logo ao lado, em “Escala”, selecione (x= 1) e (y=1). Com a partícula da área principal selecionada, clique na seta dupla  do botão “Aparência” e procure o “Dino” (Figura 9).

Figura 9: Janela de propriedade do software Modellus

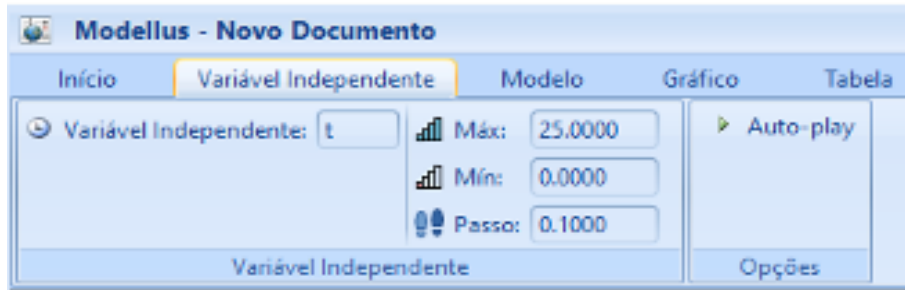


Fonte: Menu do software Modellus, 2023.

4º Passo

Agora na barra de menu procure “**Variável Independente**” e na caixa que abrirá: no Passo (Δt): digite **0.0010**, no **Mín: 0.000** e no **Máx: 25.000** (Figura 10).

Figura 10: Parâmetros de variáveis independentes.

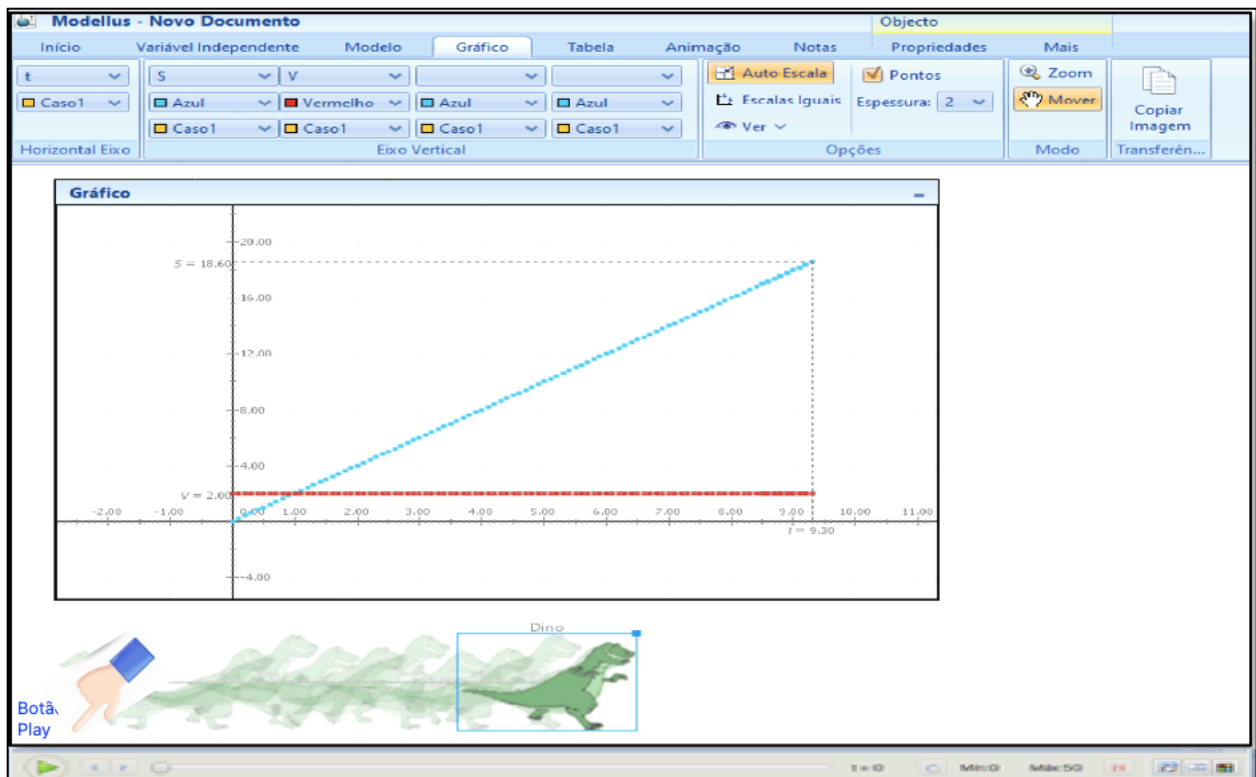


Fonte: Menu do software Modellus, 2023.

5º Passo

No menu “**Gráfico**” do modelo marque o quadro (Projeções, Valores, Pontos valores nos eixos e escala automática), mude a espessura para 2. No primeiro quadro **eixo vertical**, selecione **S** e no segundo **V**. Agora você pode executar o movimento com um clique no Play (Figura 11).

Figura 11: Menu do gráfico da modelagem



Fonte: Software Modellus, 2023.

Atividade exploratória da simulação

Verifique o resultado da simulação que você construiu e responda. [Nota: Tenha em mente as unidades de medida usadas pelo Sistema Internacional (SI)]

1. Defina valores inteiros para os parâmetros (S_0) e (V) da equação do modelo matemático e execute o modelo. Determine a posição para os instantes de 2 e 5 segundos. [Dicas: (1) use valores baixos e inteiros para S_0 e V ; (2) execute o modelo pelo menos três vezes pausando o modelo no instante definido.

2. Ajuste S_0 para 0 e V para 2 no modelo, observe o gráfico e a tabela gerados. Em que momento o objeto passará pela posição de 20 metros? Como os dados da tabela se relacionam com o comportamento do gráfico ao serem visualizados juntos?

3. Qual o significado da reta paralela ao eixo horizontal (t) no gráfico gerado pelo modelo? Para entender, observe o comportamento do objeto em diferentes momentos e descreva como ele se relaciona com a distância e o intervalo de tempo.

ATIVIDADE Nº 2: DIFERENÇA ENTRE DESLOCAMENTO E DISTÂNCIA PERCORRIDA

Objetivos

- Familiarizar o professor ou aluno com a ferramenta de modelagem computacional utilizada no produto educacional;
- Discernir a diferença entre deslocamento e distância percorrida de uma partícula por intermédio da interação com a simulação.

Situação norteadora

A simulação "modelo: deslocamento e distância percorrida.mdl" mostra uma partícula [ATLETA] correndo a partir da posição inicial (S_0) até a posição final (S), mudando depois o sentido e retornando. Execute a simulação e responda à atividade exploratória. O modelo computacional utilizado nesta atividade está disponível no drive do pesquisador e pode ser acessado por meio do QR CODE localizado ao lado.



Atividade exploratória da simulação

Conforme a simulação do **modelo**: deslocamento e distância percorrida.mdl, responda às perguntas: [**Observação**: Para uma melhor compreensão da simulação, é recomendado considerar as unidades de medida das grandezas físicas no Sistema Internacional (SI)].

1. Analise o movimento descrito na simulação, e execute o modelo pausando quando a partícula [ATLETA] muda de sentido. Em seguida, determine o deslocamento da partícula em relação ao ponto de referência na animação.

2. Analise o movimento descrito na simulação e pare a animação quando a partícula [ATLETA] passa pelo ponto de referência. Qual é o deslocamento da partícula em relação ao ponto de referência na animação?

3. Analise o movimento descrito na simulação e pare a animação quando a partícula [ATLETA] muda de sentido. Qual é a distância percorrida pela partícula em relação ao ponto de referência na animação?

4. Analise o movimento descrito na simulação, e pare a animação quando a partícula [ATLETA] passa pelo ponto de referência. Determine a distância percorrida pela partícula em relação ao ponto de referência na animação.

5. Existe uma distinção conceitual entre as grandezas físicas **deslocamento** e **distância percorrida** nas respostas prestadas anteriormente a respeito da simulação? Se sim, relate essa distinção.

ATIVIDADE Nº 3: MOVIMENTO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE

Objetivos

- Familiarizar o professor ou aluno com a ferramenta de modelagem computacional.
- Aperfeiçoar a compreensão dos conceitos físicos dos movimentos retilíneo uniforme (MRU) e retilíneo uniformemente variado (MRUV) por meio da interação dos estudantes com a simulação.

Situação norteadora

O modelo computacional envolve uma simulação do movimento de dois objetos [FUSCA 1 e FUSCA 2] se movendo horizontalmente em linha reta, sendo um com velocidade constante e outro com aceleração constante. Convidamos a explorar a simulação computacional "modelo: função horária das posições (MRU e MRUV).mdl" e analisar os dados apresentados no gráfico e tabela para resolver a atividade subsequente. O modelo computacional utilizado nesta atividade está disponível no drive do pesquisador e pode ser acessado por meio do QR CODE localizado ao lado.



Atividade exploratória da simulação

Conforme a simulação do modelo: função horária das posições (MRU e MRUV).mdl, responda às questões: [**Observação:** Para uma melhor compreensão da simulação, é recomendado considerar as unidades de medida das grandezas físicas no Sistema Internacional (SI)].

1. Com base no comportamento da velocidade em relação às posições e no sentido do movimento em relação a um ponto de referência, como podemos classificar os movimentos das partículas [FUSCA 1 e FUSCA 2]? (**Observação:** na simulação, a partícula [FUSCA 2] é classificada em dois tipos de movimentos, um no mesmo sentido da trajetória e outro em sentido contrário).

2. Utilizando as equações disponíveis na janela de modelo matemático do software, calcule as posições das partículas no intervalo de 0 a 10 segundos, registrando os resultados em seu caderno. Em seguida, esboce os gráficos posição versus tempo e velocidade versus tempo neste intervalo. Considere: 1º) posição inicial (X_{01}) [FUSCA 1] = 5.00 m, posição inicial (X_0) [FUSCA 2] = 0,

velocidade (V_1) [FUSCA 1] = 4.00 m/s, velocidade (V_{0x}) [FUSCA 2] = 20.00 m/s, e aceleração [FUSCA 2] = - 4.50 m/s²; 2º) Se possível, use papel quadriculado para desenhar os gráficos.

Resolução

3. Utilizando as equações disponibilizadas na janela do modelo matemático do software, faça o cálculo no seu caderno para determinar o momento (instante de tempo) e a posição em que as partículas [FUSCAS] se encontram.

Posição: _____ (em metros) Instante: _____ (em segundos).

4. Com base na análise do gráfico e da tabela da simulação de movimento, identifique o momento (instante de tempo) e a posição em que as partículas [FUSCA 1 e FUSCA 2] se encontram. Registre abaixo os valores obtidos:

Posição: _____ (em metros) Instante: _____ (em segundos).

Os valores das grandezas indicadas estão em concordância com aqueles que foram obtidos na questão anterior (Questão 3)? Faça um comentário em relação aos processos utilizados para determinar os valores dessas grandezas.

ATIVIDADE Nº 4º CRIANDO SIMULAÇÕES NO SOFTWARE MODELLUS

Objetivos

-Avaliar se as atividades propostas contribuem para o desenvolvimento da habilidade dos estudantes em realizar modelagens computacionais com mais independência;

- Favorecer a interação entre os alunos durante o processo de modelagem;

-Estimular o diálogo e a reflexão dos estudantes em relação às teorias apresentadas nas animações.

Modelo Computacional N°1: Dois objetos em movimento retilíneo, obedecendo à equação $[x = x_0 + \vec{v} \cdot t]$ no sistema SI. As condições iniciais são:

Partícula 1 $[x_0 = 4,0$ e $\vec{v} = 3,0]$

Partícula 2 $[x_0 = 3,0$ e $\vec{v} = 4,0]$

- a) Trace os gráficos da posição em relação ao tempo para as partículas 1 e 2, entre 0s a 15s.
- b) Determine a posição e os momentos em que as partículas 1 e 2 se encontram.

Análise e reflexão: Uma vez finalizado o modelo computacional, convide seu colega para uma discussão e respondam à questão subsequente.

- c) Se o valor da velocidade v for alterado para um valor negativo, será possível as partículas se encontrarem? Explique com base em aspectos teóricos do fenômeno observado na animação.

Modelo computacional N° 2: Considere uma partícula que esteja se movendo com aceleração constante e percorra uma trajetória retilínea horizontal por 8 segundos. Admitindo que ocorra uma mudança de sentido de movimento durante esse período (Nota: desconsiderar quaisquer forças de resistência na situação).

- a) Desenhe o gráfico da posição em relação ao tempo.
- b) Determine em que momento a partícula mudou de sentido de movimento.

Análise e reflexão: Uma vez finalizado o modelo computacional, convide seu colega para uma discussão e respondam à questão subsequente.

- c) Qual parâmetro do modelo você alterou para atender às condições definidas na atividade? Explique com base nos aspectos teóricos observados na animação.

Modelo computacional N° 3: Suponha que seja possível soltar simultaneamente dois objetos de dois edifícios diferentes, um em Marte e outro na Lua. Ambos os objetos atingem as superfícies dos planetas em 5,0 segundos, sem qualquer tipo de resistência. Com base nessas condições hipotéticas, determine o que é solicitado.

- a) A altura dos edifícios.

b) As velocidades com que os objetos atingem suas superfícies dos astros.

Considerar: Gravidade em Marte = $3,72 \text{ m/s}^2$ e Gravidade da Lua = $1,67 \text{ m/s}^2$

Análise e reflexão: Uma vez finalizado o modelo computacional, convide seu colega para uma discussão e respondam à questão subsequente.

c) Explique as diferenças nos valores de altura e velocidade nas situações hipotéticas, apoiando-se em aspectos teóricos observados na animação.

FASE 2: ATIVIDADES INVESTIGATIVAS E DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

ATIVIDADE Nº 5: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA 1

Objetivos:

- Utilizar as relações de posição, velocidade e aceleração para solucionar uma situação;
- Desenvolver uma estratégia para investigar a solução de uma situação-problema investigativa;
- Realizar experimentos para resolver a situação problemática;
- Utilizar as equações específicas para descrever esse movimento.

Proposta de problema

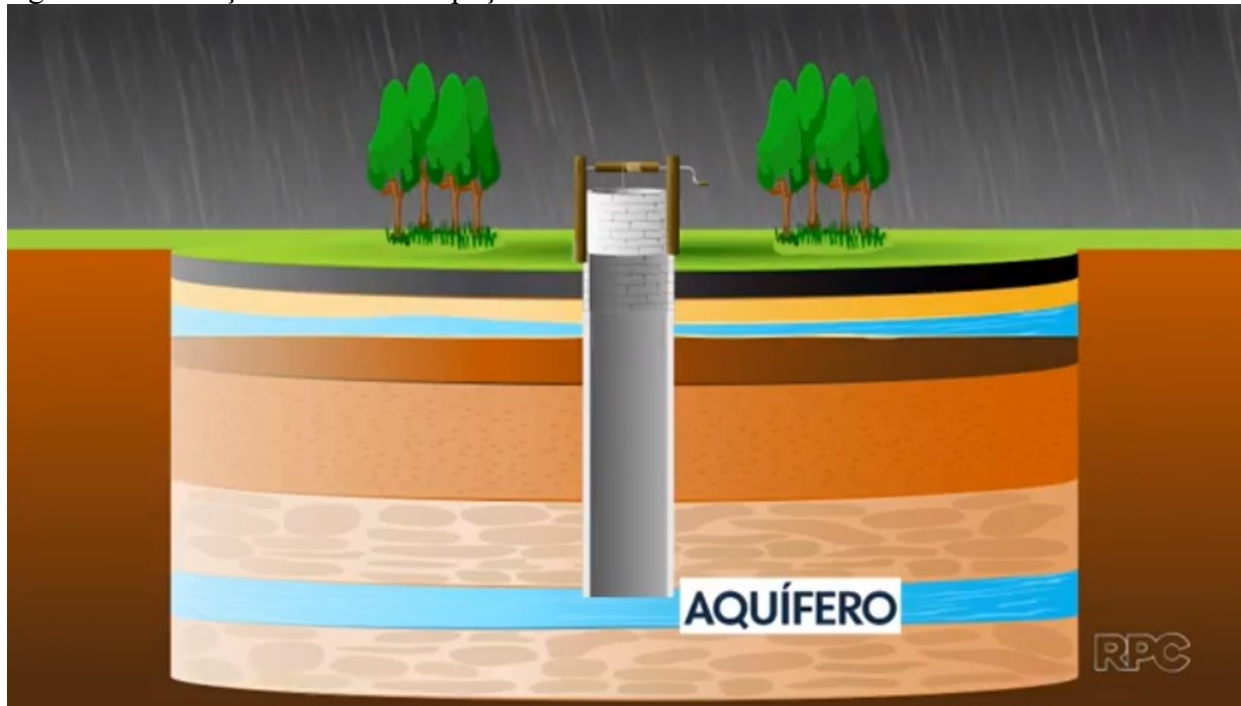
1ª SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: Em muitos municípios do Estado do Amapá/AP, a infraestrutura de distribuição de água encanada não é disponível. Como resultado, as pessoas precisam captar a água de poços amazonas, que têm profundidades variadas. Em uma dessas situações, um morador precisa adquirir uma corda para retirar a água de seu poço usando um balde. Desejando não gastar muito, ele pretende comprar a menor medida de corda necessária para captar a água. Diante dessa situação apresente uma solução para o problema a seguir.

PROBLEMA: Como estimar a profundidade aproximada de um poço amazonas até o nível da água sem o uso de ferramentas de medição de comprimento?

Figura 12: Ilustração lateral de um poço amazonas



Fonte: Produção/RPC, 2023.

VAMOS AJUDAR ESSE MORADOR!

1) Em equipe, debatam uma estratégia para resolver o problema. Elaborem uma descrição detalhada dos passos propostos pelo grupo para encontrar a solução.

2) Quais são as suposições que foram sugeridas para encontrar uma possível solução?

3) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

4) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO DO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.



LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:

5) Determinar a aceleração da gravidade no local com base nas grandezas físicas envolvidas na situação-problema e dados coletados na experimentação. Comparar com o valor padrão encontrado na literatura e calcular o erro percentual.

6) Com base na situação observada na experimentação, será possível calcular a velocidade ao atingir a superfície da lâmina d'água? Se sim, proponha uma abordagem para realizar essa determinação.

Após a realização experimental

7) Existe correspondência entre o observado na atividade experimental e o plano de ação traçado pelo grupo para solucionar a situação problema? Justifique.

8) Construa os gráficos da posição versus tempo e velocidade versus tempo a partir dos dados obtidos na atividade experimental, utilizando papel quadriculado ou outro material fornecido pelo professor. Explique qual informação cada gráfico representa.



1ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

9) Crie um modelo digital no software Modellus, utilizando os dados coletados na atividade experimental, para representar a situação-problema.

10) Proporcione uma solução para o problema do morador em medir a profundidade do poço, tendo em vista que ele só possui um relógio digital.



ATIVIDADE Nº 6: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 2

Objetivos:

- Compreender a interação entre as grandezas físicas;
- Despertar a criatividade por meio da colaboração entre os alunos;
- Desenhar uma estratégia de investigação para resolver a situação-problema;
- Experimentar com procedimentos levantados para solucionar a questão;
- Utilizar as equações para resolver a situação-problema investigativa.

Proposta de problema

2ª SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: Os profissionais responsáveis por manter a rede elétrica das cidades funcionando corretamente e de maneira segura são os eletricitas de manutenção. Durante uma rotina de manutenção, um dos eletricitas pode descuidadamente deixar cair sua ferramenta, e seu colega, que o está ajudando, pega a ferramenta e a lança de volta para o eletricista que está trabalhando no alto, sobre uma escada encostada em um poste próximo à fiação de baixa tensão. Diante dessa situação apresente uma solução para o problema a seguir.

PROBLEMA: Com base na situação descrita, quais devem ser os aspectos físicos que influenciam no lançamento para que o eletricista possa pegar sua ferramenta sem correr riscos para sua segurança?

VAMOS TRAÇAR UMA ESTRATÉGIA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA!

1) Em equipe, debatam uma estratégia para resolver o problema. Elaborem uma descrição detalhada dos passos propostos pelo grupo para encontrar a solução.

2) Quais são as suposições que foram sugeridas para encontrar uma possível solução?

3) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

4) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO DO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



Após a realização experimental

5) Existe correspondência entre os resultados do experimento e o plano de ação traçado pelo grupo para solução? Justifique.

6) Considerando o momento em que o electricista lança a chave verticalmente como ponto zero de referência, é possível determinar de forma aproximada a altura máxima alcançada pela chave na situação observada? Explique como isso pode ser feito

7) Construa os gráficos da posição versus tempo e velocidade versus tempo a partir dos dados obtidos na atividade experimental, utilizando papel quadriculado ou outro material fornecido pelo professor. Explique qual informação cada gráfico representa.



2ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

8) Com base nos dados coletados na experimentação, crie um modelo computacional no software Modellus que se assemelhe à situação examinada. Compare os gráficos gerados no modelo com os gráficos obtidos anteriormente e descreva o que o grupo observou.



9) Apresente uma proposta de resolução para o problema em questão e destaque as considerações importantes a serem levadas em conta.

ATIVIDADE Nº 7: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 3

Objetivos:

- Compreender a inter-relação das grandezas físicas, incluindo força normal, força peso, força de atrito, coeficiente de atrito cinético e estático, na dinâmica de movimento de objetos;

- Identificar, analisar e determinar a intensidade das forças envolvidas na interação de objetos.

Proposta de problema

3ª SITUAÇÃO – PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: Um morador de uma cidade comprou um refrigerador em uma loja de eletrodomésticos e a entrega foi feita na porta de sua residência, embalado em uma caixa de papelão para proteção durante o transporte. De acordo com o fabricante, o refrigerador deve ser transportado até o local de uso na embalagem original. O morador, que vive sozinho, precisa transportar o refrigerador sem a ajuda de terceiros, porém, devido às dimensões e peso do equipamento, ele não pode ser carregado erguido durante o deslocamento. Nesse cenário, é necessário encontrar uma solução que minimize o esforço envolvido no transporte do refrigerador até o local de uso na residência

PROBLEMA: Como tornar o transporte do refrigerador o mais eficiente possível, considerando a limitação de esforço do morador que vive sozinho?

[Na situação apresentada considere: (1º) A superfície da casa é plana e regular feita de cerâmica ou granito polido, (2º) Não existem obstáculos no trajeto até o local de uso].

VAMOS AJUDAR ESSE MORADOR!

1) Em equipe, debatam uma estratégia para resolver o problema. Elaborem uma descrição detalhada dos passos propostos pelo grupo para encontrar a solução.

2) É possível estabelecer a relação entre as grandezas Força, Massa e Aceleração para que um corpo inicie um movimento? Expliquem as ideias discutidas em grupo.

3) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

4) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO DO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



APÓS A REALIZAÇÃO EXPERIMENTAL

5) Com base nas observações feitas no experimento e no plano de ação elaborado, quais são as forças presentes durante o movimento do objeto? Analise as diferentes fases do movimento e identifique as forças atuantes em cada uma delas.

6) Com relação aos aspectos da intensidade da(s) grandeza(s) física(s) presentes no movimento do objeto, como poder-se-ia produzir uma grande aceleração usando uma força pequena? Mencione duas maneiras de aumentar a aceleração.?



3ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

7) Desenvolva um modelo computacional no Software Modellus que represente a situação investigada de acordo com os dados coletados na experimentação, explicando como o modelo foi criado e funciona.



8) Proponha uma solução para o problema em questão, levando em conta todos os aspectos a serem considerados.

ATIVIDADE Nº 8: PROPOSTA PARA PRÁTICA EXPERIMENTAL 4

Objetivos:

- Elaborar um plano de investigação para resolver a situação-problema;
- Investigar por meio de atividades experimentais os fenômenos da física;
- Utilizar as equações para solucionar o problema;
- Compreender a ligação entre as grandezas físicas e a lei de Hooke;
- Entender os movimentos periódicos relacionados.

Proposta de problema

4ª SITUAÇÃO-PROBLEMA INVESTIGATIVA (SPI)



CONTEXTO: O Bungee Jumping é uma atividade radical praticada por aqueles que buscam emoção. Ele consiste em um salto do ar, com a pessoa amarrada a uma corda elástica, presa aos tornozelos ou à cintura. Contudo, muitos praticantes deste esporte não prestam atenção na capacidade de suporte da corda elástica que adquirem, o que é fundamental para garantir a segurança durante a prática. Por esse motivo, é crucial conhecer o limite de sustentação da corda antes de realizar o salto. Diante dessa situação apresente uma solução para o problema a seguir.

PROBLEMA: Como se pode estabelecer a capacidade da corda elástica utilizada nos saltos radicais do Bungee Jump?



Lembre-se que a solução desse problema é apenas um ensaio didático para as atividades experimentais. O ensaio mecânico para medir a constante elástica de uma corda elástica deve ser realizado em um laboratório especializado que tenha os equipamentos e as ferramentas adequadas para realizar o teste de forma precisa e confiável.

VAMOS AJUDAR ESSE SALTADOR!

1) Em equipe, elaborem uma abordagem para resolver o problema. Relatem todos os passos sugeridos pelo grupo para alcançar a solução da situação.

2) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

3) Desenhe um esquema que represente a ideia debatida pelo grupo e, se possível, destaque as grandezas físicas envolvidas.

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO GRUPO

Utilizando os equipamentos dos kits experimentais. Escolha os materiais para testar o plano de ação traçado pelo grupo.

LISTE OS MATERIAIS UTILIZADOS:



APÓS A REALIZAÇÃO EXPERIMENTAL

4) Com base nas observações feitas no experimento e no plano de ação elaborado, há correspondência entre os resultados do experimento e o plano de ação traçado pelo grupo para solução? Justifique.

5) Elabore uma análise das grandezas físicas presentes na situação? Escreva-as.

6) Se as forças dissipativas forem ignoradas, algo mudaria na situação em análise? Explique sua resposta.



4ª MODELAGEM COMPUTACIONAL

7) Com base nos dados obtidos na experimentação, crie um modelo no software Modellus que simule a situação estudada e explique como ele foi elaborado.



8) Proponha uma solução para o problema em questão, levando em conta as considerações necessárias.

FASE 3

Objetivo:

- Fomentar que os alunos se coloquem na posição de professores em uma situação.

ATIVIDADE Nº 9: ESQUEMA DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO

PROBLEMA: [ESCREVA AQUI O PROBLEMA QUE RELACIONADA À SUA SITUAÇÃO PROBLEMA INVESTIGATIVA]

Proposta de conceitos para a SPI:

-Trabalho e Energia.

-Conservação da Energia Mecânica.

Objetivos:

Escreva aqui os objetivos da prática experimental

SITUAÇÃO PROBLEMA INVESTIGATIVA

Pesquise e elabore uma situação-problema passível de ser modelada

Formule questionamentos relacionados ao experimento sem apresentar diretamente os conceitos (invariantes operatórias).

TESTANDO O PLANO DE AÇÃO

Formule questionamentos incentivando a busca por uma explicação, após a observação da prática experimental.

MODELAGEM COMPUTACIONAL

Elabore a modelagem que corresponda a solução de sua situação -problema

[Importante]:

Na escolha da situação-problema você deve considerar as habilidades que seus estudantes possuem sobre o software Modellus.