

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ALEXANDRE JURANDIR APARECIDO

INTEGRANDO TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO  
DIDÁTICO: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE MOVIMENTO CIRCULAR NO  
ENSINO MÉDIO

UBERLÂNDIA

2023

ALEXANDRE JURANDIR APARECIDO

INTEGRANDO TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO  
DIDÁTICO: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE MOVIMENTO CIRCULAR NO  
ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientador: Prof.a Dra. Débora Coimbra

UBERLÂNDIA

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

A639  
2023 Aparecido, Alexandre Jurandir, 1986-  
Integrando tecnologias educacionais e teoria  
antropológica do didático [recurso eletrônico] : uma  
abordagem para o ensino de movimento circular no ensino  
médio / Alexandre Jurandir Aparecido. - 2023.

Orientadora: Débora Coimbra.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Ensino de Ciências e  
Matemática.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.284>

Inclui bibliografia.

1. Ciência - Estudo ensino. I. Coimbra, Débora, 1972-,  
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-  
graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III.  
Título.

CDU: 50:37

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática  
 Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1A, Sala 207 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 3230-9419 - www.ppgecm.ufu.br - secretaria@ppgecm.ufu.br


**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Ensino de Ciências e Matemática				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Profissional - PPGECM				
Data:	26/06/23	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	16:30
Matrícula do Discente:	12012ECM002				
Nome do Discente:	Alexandre Jurandir Aparecido				
Título do Trabalho:	Integrando Tecnologias Educacionais e a Teoria Antropológica do Didático: uma abordagem para o ensino de Movimento Circular no Ensino Médio				
Área de concentração:	Ensino de Ciências e Matemática				
Linha de pesquisa:	Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se por meio da plataforma MSTeams, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, assim composta: Professores Doutores: Débora Coimbra - orientadora/ICENP; Arlindo José de Souza Junior/FAMAT; Mikael Frank Rezende Junior/UNIFEI. Iniciando os trabalhos a presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa. A seguir, a presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

**Aprovado**

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O componente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Debora Coimbra Martins, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/06/2023, às 16:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Arlindo José de Souza Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/06/2023, às 07:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Mikael Frank Rezende Junior, Usuário Externo**, em 27/06/2023, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4598120** e o código CRC **1F8FE6C9**.

---

Dedico este trabalho a minha esposa Thais, ao  
meu pai João Bosco e à memória da minha  
mãe Irismar.

## AGRADECIMENTOS

Desta jornada, carrego muita gratidão.

Agradeço primeiramente à Professora Dra. Débora Coimbra por toda a orientação de projeto, de física, de ensino e de vida. Sou sinceramente grato por todo o caminho de aprendizagem em que me conduziu até finalmente definirmos nosso projeto. Foi muito divertido e enriquecedor. Obrigado também por ser tão dedicada e compreensiva em meus momentos de dificuldade durante a jornada.

Agradeço a todos os docentes e servidores da UFU vinculados ao PPGECM por terem trabalhado arduamente na manutenção do programa, promovendo ensino de qualidade durante a pandemia.

Aos amigos mestrados no mesmo programa, sou grato a todos pela parceria durante a jornada. O ensino remoto não foi solitário. Ao amigo Me. Márcio Rotondo, um agradecimento especial por ter me guiado ao programa e me apresentado à Professora Débora.

Agradeço a toda a comunidade do Sesi Franca pelo apoio e reconhecimento, especialmente aos meus alunos pela disponibilidade e entusiasmo durante a pesquisa.

Agradeço à minha esposa por estar ao meu lado. Mais uma etapa que concluímos felizes e juntos.

Ao meu pai, sempre a gratidão por todo o sacrifício feito para que eu pudesse estudar. À minha mãe que agora descansa em paz, a gratidão por todo o amor incondicional.

Por fim, agradeço à Deus.

“Em tal mundo, a última coisa que um professor precisa dar a seus alunos é mais informação. Eles já têm muito disso. Em vez disso, as pessoas precisam da capacidade de dar sentido à informação, de dizer a diferença entre o que é importante e o que não é importante e, acima de tudo, de combinar muitas informações em uma visão ampla de mundo”

Yuval Noah Harari, 21 Lições para o Século 21

## RESUMO

A avaliação da estrutura de ciclovias para a considerar a viabilidade da bicicleta como alternativa de transporte urbano materializou o paradigma de questionamento do mundo, base da Teoria Antropológica do Didático, norteadora desse trabalho. Nesta direção, apresentamos uma sequência didática para o ensino de movimento circular, estruturada por meio de tecnologias educacionais, sobretudo da Microsoft, realizada junto ao primeiro ano do Ensino Médio de uma escola de Franca/SP. Estabelecendo o questionamento de mundo, a introdução e institucionalização dos conceitos, a investigação e a transdisciplinaridade como alguns pilares de sustentação, o *desing instrucional* foi implementado concebendo tarefas que configuram as situações didáticas em que os estudantes aprendem pela mobilização dos conhecimentos. Na concepção e aplicação das tarefas, a Teoria das Situações Didáticas foi uma ferramenta profícua tanto na estruturação como enquanto elemento de análise. Apresentamos os resultados da aplicação da sequência didática, com o desempenho dos alunos na realização das tarefas como no projeto e fabricação dos sistemas de transmissão no *FABLAB*. Demonstramos como as tecnologias educacionais podem reforçar o contrato didático e possibilitar um gerenciamento mais eficiente das atividades. Dentre as tecnologias educacionais, o *Teams* teve papel central servindo como ambiente virtual de aprendizagem, juntamente do *Onenote* como caderno digital. Como produto educacional deste trabalho, elaboramos um enredo no *Sway*, intitulado “Estudando o Movimento Circular com as Tecnologias Microsoft no Ensino Médio”, que apresenta a sequência didática e narra a experiência de sua aplicação pelo autor e ao mesmo tempo que compartilha textos de orientação e outros materiais digitais diversos para a reprodução/adaptação da sequência didático por outros professores.

**Palavras-chave:** tecnologias educacionais; Teoria Antropológica do Didático; movimento circular, velocidade angular, ensino de física, Microsoft Teams, Onenote, Teoria das Situações Didáticas, *desing instrucional*.

## ABSTRACT

The evaluation of the cycle path structure to consider the viability of the bicycle as an alternative for urban transport materialized the paradigm of questioning the world, the basis of the Anthropological Theory of Didactics, which guides this work. In this direction, we present a didactic sequence for teaching circular motion, structured through educational technologies, especially Microsoft, carried out with the first year of high school at a school in Franca/SP. Establishing the questioning of the world, the introduction and institutionalization of concepts, research and transdisciplinarity as some pillars of support, the instructional design was implemented by conceiving tasks that configure the didactic situations in which students learn through the mobilization of knowledge. In the design and application of the assignments, the Theory of Didactic Situations was a fruitful tool both in structuring and as an element of analysis. We present the results of applying the didactic sequence, with the students' performance in carrying out assignments such as the design and manufacture of transmission systems at FABLAB. We demonstrate how educational technologies can reinforce the didactic contract and enable a more efficient management of activities. Among educational technologies, Teams played a central role serving as a virtual learning environment, along with Onenote as a digital notebook. As an educational product of this work, we developed a plot in Sway, entitled "Teaching Circular Movement with Microsoft Technologies", which presents the didactic sequence and narrates the experience of its application by the author and at the same time shares guidance texts and other diverse digital materials for the reproduction/adaptation of the didactic sequence by other teachers.

**Keywords:** educational technologies; Anthropological Didactic Theory; circular motion, angular speed, physics teaching, Microsoft Teams, Onenote, Theory of Didactic Situations, instructional design.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 – Desing instrucional da sequência didática por meio das tecnologias educacionais .....	34
Imagem 2 - Tela de exibição ao aluno de uma tarefa atribuída no Teams .....	34
Imagem 3 - Tela de exibição ao aluno da lista de critérios e avaliação de uma tarefa atribuída no Teams. ....	35
Imagem 4 - Tela de exibição da aba postagens em uma equipe do Teams. ....	35
Imagem 5 - Tela de exibição da ferramenta Insights em uma equipe do Teams. ....	36
Imagem 6 - Tela de exibição do Bloco de Anotações de Classe da turma no Onenote. ....	36
Imagem 7 – Diagrama SRC para planejamento da aula introdutória sobre o tema mobilidade urbana .....	38
Imagem 8 - Situação ilustrada na primeira pergunta do questionário. ....	40
Imagem 9 - Situação ilustrada na segunda pergunta do questionário.....	40
Imagem 10 - Situação ilustrada na terceira pergunta do questionário.....	40
Imagem 11 - Situação ilustrada na quarta pergunta do questionário.....	41
Imagem 12 - Tela de exibição da página na Biblioteca de Conteúdo da turma no Onenote contendo a lousa da aula de definição de velocidade angular. ....	42
Imagem 13 – Tela de visualização da página dos exercícios na Biblioteca de Conteúdo do Classnotebook da turma no Onenote. ....	45
Imagem 14 - Etapa de investigação do problema no Fablab.....	46
Imagem 15 - Esboço do sistema de transmissão no Whiteboard e no caderno.....	47
Imagem 16 - Definição dos parâmetros das engrenagens no Gear Generator e ajuste do desenho no Inkscape, respectivamente. ....	47
Imagem 17 - Corte das engrenagens em MDF na máquina de corte a laser .....	48
Imagem 18 - Montagem do sistema de transmissão no kit .....	48
Imagem 19 - Tela de um Whiteboard usado como quadro de anotações de desenvolvimento do trabalho. ....	49
Imagem 20 - Categorização atual da Taxonomia de Bloom proposta por Anderson.....	49
Imagem 21 - Exibição do documentário sobre Leonardo da Vinci do programa Matéria de Capa da TV Cultura .....	51
Imagem 22 – Exemplo de visualização no modo celular da questão 7 do formulário em que o aluno deve classificar cada tarefa quanto ao grau de importância para a sua aprendizagem e questionamento de mundo. ....	52

Imagem 23 - Exemplo de visualização no modo computador da questão 9 do formulário em que o aluno deve classificar as TDICs quanto ao grau de importância no desenvolvimento do plano de trabalho e de sua aprendizagem. ....	53
Imagem 24: Classificação dos alunos quanto ao grau de importância de cada tarefa atribuída na sequência didática. ....	54
Imagem 25: Resultado da pergunta 6 do questionário aplicado à turma A.....	56
Imagem 26: Resultado da pergunta 01 do questionário aplicado à turma A.....	57
Imagem 27: Resultado da pergunta 02 do questionário aplicado à turma A.....	57
Imagem 28: Resultados da pesquisa no Google Maps referente ao tempo de trajeto centro-escola, no horário de entrada dos alunos, via carro e via bicicleta, respectivamente.....	58
Imagem 29: Notícia publicada no portal G1 sobre um grave acidente de bicicleta sofrido por um ex-aluno da escola. ....	59
Imagem 30: Tela de correção de tarefas no Teams, com destaque em vermelho do espaço destinado a comentários do professor.....	60
Imagem 31: Resultado da pergunta 4 do questionário da tarefa 09 da sequência didática. ....	60
Imagem 32: Resultado da pergunta 5 do questionário da tarefa 09 da sequência didática. ....	61
Imagem 33: Gráfico das respostas indicadas pelos estudantes na primeira pergunta da tarefa 3. ....	61
Imagem 34: Gráfico das respostas indicadas pelos estudantes na segunda pergunta da tarefa 3. ....	62
Imagem 35: Gráfico das respostas indicadas pelos estudantes na quarta pergunta da tarefa 3. ....	62
Imagem 36: Exercícios 2 e 3 da tarefa 05 da sequência didática. ....	63
Imagem 37: Tela da página dos exercícios na Biblioteca de Conteúdo no Onenote, mostrando as caixas de reprodução dos vídeos de resolução embutidas ao lado de cada respectivo exercício. ....	64
Imagem 38: Classificação realizada pelos alunos quanto ao grau de importância das TDICs e Fablab no seu aprendizado e no desenvolvimento da sequência didática. ....	65
Imagem 39: Tela do Teams de visualização de tarefa dos alunos de resolução de exercícios. ....	65
Imagem 40: Gráfico de distribuição de desempenho em faixas de notas para a tarefa 05 de Movimento Circular, disponível no dashboard da ferramenta Insights do Microsoft Teams. ....	66
Imagem 41: Painel de visualização disponível na ferramenta Insights do Teams sobre a distribuição do desempenho dos alunos em relação à classificação dentro dos critérios de avaliação determinados na rubrica da tarefa 05 de Movimento Circular. ....	66

Imagem 42: Problema 05 de transmissão de movimento visualizado no Microsoft Whiteboard. .....	67
Imagem 43: Visualização no Whiteboard das anotações do grupo 05 referentes ao processo de investigação do problema de transmissão de movimento. ....	68
Imagem 44: Resultados da primeira pergunta do questionário da tarefa 09 no Forms sobre o Movimento Circular e a Arte.....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequência didática aplicada no estudo piloto.....	37
Quadro 2 - As cinco fases da situação didática de levantamento de concepções prévias. ....	41
Quadro 3 - Análise praxeológica dos exercícios .....	43
Quadro 4: Etapas da tarefa 06 - Transmissão de Movimento - do pilar de investigação da sequência didática.....	46
Quadro 5 - As cinco fases da situação didática Movimento Circular e Arte desenvolvida no estudo piloto em 2021 .....	50
Quadro 6: Ciclovias no município de Franca-SP. ....	56

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>MEMORIAL</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
2.1	Problema de pesquisa	17
2.2	Pergunta de Pesquisa	20
2.3	Objetivos	20
2.3.1	Geral	20
2.3.2	Específicos	20
2.4	Produto	21
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>22</b>
3.1	Teoria Antropológica do Didático	23
3.2	Teoria das Situações Didáticas	27
3.3	A organização praxeológica na Teoria Antropológica do Didático	29
3.4	Comparação entre a teoria antropológica do didático (TAD) e a teoria das situações didáticas (TSD).	31
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>33</b>
4.1	A bicicleta como meio de transporte alternativo	38
4.2	Levantamento de concepções prévias	39
4.3	Resumo e lista de exercícios sobre movimento circular	43
4.4	Transmissão de Movimento	45
4.5	Movimento Circular e a Arte	50
4.6	Fechamento da Sequência Didática	51
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>54</b>
5.1	O estudo piloto	55
5.2	A bicicleta como meio de transporte alternativo	56
5.3	Levantamento de concepções prévias	61
5.4	Resumo e lista de exercícios sobre movimento circular	63
5.5	Transmissão de Movimento	67
5.6	Movimento Circular e Arte	69
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL - ESTUDANDO O MOVIMENTO CIRCULAR COM AS TECNOLOGIAS MICROSOFT NO ENSINO MÉDIO”</b>	<b>76</b>

<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO “A BICICLETA COMO MEIO DE TRANSPORTE ALTERNATIVO”.</b> .....	<b>77</b>
<b>APÊNDICE C – TAREFA “PODCAST MOBILIDADE URBANA”.</b> .....	<b>80</b>
<b>APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO “MOVIMENTO CIRCULAR – LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS”.</b> .....	<b>81</b>
<b>APÊNDICE E – TAREFA DE RESUMO E RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE MOVIMENTO CIRCULAR.</b> .....	<b>86</b>
<b>APÊNDICE F– TAREFA “TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO”.</b> .....	<b>89</b>
<b>APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO “MOVIMENTO CIRCULAR, ARTE E FEEDBACK”.</b> .....	<b>93</b>
<b>ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PESQUISA</b> .....	<b>101</b>

## 1 MEMORIAL

Atualmente, leciono física em 9 turmas de ensino médio, sendo 3 turmas de cada ano. Posso estimar que desde 2016, quando assumi o cargo de professor de física, em uma escola particular do interior de São Paulo, já completei todo o ciclo trienal de trabalho do componente curricular com aproximadamente 1.200 alunos diferentes. Olhando a própria experiência com visão crítica, na busca de assumir a postura de professor pesquisador, busquei neste programa de pós-graduação uma oportunidade de aprimorar a minha prática docente e contribuir com o ensino de física no país. Dentre os vários assuntos que me interessam, tanto pelo bel-prazer quanto pelos desafios de ensino e aprendizagem que identifiquei ao longo destes anos em sala de aula, escolhi trabalhar o movimento angular. A escolha desse programa, deste tema e dessa profissão abarcam uma série de fatores *a priori* dissociados, que convergiram em minha trajetória profissional e acadêmica. Compartilho-a brevemente aqui.

A minha jornada com o ensino começa em 2009, quando ingressei na Licenciatura em Física da UFTM, na cidade de Uberaba, Minas Gerais. Mas, a minha aproximação com a física dá-se antes.

Apesar de não ter desenvolvido qualquer apreço pela física, nem pelas outras ciências naturais como aluno, logo que encerrei o ensino médio em 2003, sem perspectiva de ingressar em uma universidade, me inscrevi ao acaso em um concurso público para o cargo de mecânico industrial na companhia de energia do estado de Minas Gerais. Tendo sido aprovado, realizei em Sete Lagoas, próximo a Belo Horizonte, o curso de formação na área durante seis meses. Este é um período importante, pois considero ter sido a primeira vez em que aprendi ciência e tecnologia de forma significativa. Eletrotécnica, metrologia, ciência dos materiais, usinagem, soldagem, hidráulica e pneumática foram algumas das disciplinas que trabalhei em sala de aula e principalmente nos laboratórios. Após a formação profissional, veio a atuação nas usinas hidrelétricas.

Geradores, turbinas, mancais, comportas, motores, bombas hidráulicas, compressores e válvulas eram alguns dos tipos de equipamentos em que eu realizava os diversos serviços de manutenção mecânica. Inserido neste mercado, trabalhando de dia, busquei no período noturno o aprimoramento profissional na Engenharia de Controle e Automação.

Em 2009, apesar dos impactos da crise de 2008, o Brasil vinha consolidando um período de crescimento econômico e distribuição de renda.

Dentre as importantes transformações sociais, estava em curso um projeto de reestruturação e expansão das universidades públicas que tinha entre seus pilares a criação de

cursos de licenciaturas. Foi neste cenário que a Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro expandiu para se tornar a Universidade Federal do Triângulo Mineiro (AMBROSIO, 2011). Neste momento, eu completava 5 anos de empresa e 3 anos e meio de engenharia. A conciliação entre empresa e universidade estava muito difícil. Um fator crítico da minha rotina nesse período é que o expediente de trabalho de 8 horas era cumprido na usina hidrelétrica de Jaguara, localizada na zona rural do município de Sacramento-MG, enquanto as aulas da engenharia, obviamente, exclusivamente presenciais à época, ocorriam acerca de 90 km de distância, na cidade de Araxá, onde ficava localizado o campus do CEFET-MG. Longas horas diárias de viagem abarrotavam o tempo necessário de dedicação à grande quantidade de lacunas de conhecimento básico em matemática e física que eu ia descobrindo à medida que os períodos avançavam. O resultado disso era uma série de dependências em disciplinas e uma falta de perspectiva de término de um curso inicialmente projetado a 11 meses de duração. Eu vivia também à época um processo de alienação à faculdade, uma vez que minha presença era restrita às aulas. Não frequentava biblioteca, grupos de estudos, eventos ou quaisquer projetos de extensão que sustentam e fomentam a vida universitária. Portanto, a grande sinergia imaginada, em tese, entre a mecânica industrial como profissão e a engenharia de controle e automação como graduação não se materializava pelos empecilhos da prática. No entanto, o processo de falta de identificação era combinado. Assim, tomei a decisão de construir uma trilha de mudança de profissão e a sala de aula era o meu objetivo. Queria ser professor. Ainda precisava do meu emprego e contava com a minha remuneração, mas a engenharia já era coisa do meu passado.

Na licenciatura em física não quis solicitar o aproveitamento de nenhuma disciplina já cursada. Em busca de um recomeço, refiz os cálculos e as físicas básicas. Conceitos fundamentais que eu havia mal compreendido, passavam a fazer sentido. Eu iniciava uma nova graduação como um estudante já com certa experiência. Conhecia os livros, as referências de estudo e estava ciente da dedicação necessária para um bom aproveitamento nas disciplinas mais difíceis. Além disso, o processo de formação teórica que eu desenvolvia à época passava finalmente a transformar o meu olhar sobre as atividades mecânicas que eu realizava nas usinas. Para ilustrar este processo, como exemplo, posso relatar uma experiência significativa que foi o estudo do eletromagnetismo, mais especificamente a leitura do texto do Feynman sobre a tecnologia elétrica.

Em Uberaba, tudo parecia mais fácil. Eu havia sido transferido na empresa e me mudado de cidade. As viagens diárias para estudar não eram mais necessárias. Eu cumpria meu expediente de 8 horas nas usinas da região e retornava com mais antecedência para estudar.

Quando as aulas terminavam, em poucos minutos eu estava em casa. Agora eu vivia em uma república estudantil com colegas de curso, frequentava a biblioteca e tinha mais experiência e tempo para estudar. Realizei iniciação científica na área de física biomolecular e fui monitor de Cálculo I, Cálculo III, Física I e Física III. À medida que eu avançava no curso, eu gostava mais da física e mais me identificava com a ideia de ser professor. Aquele plano de transição de profissão estava em curso e o próximo passo seria planejar a pós-graduação e buscar uma oportunidade de emprego em que o impacto financeiro não fosse tão grande. Em 2013, ano em que me licenci em física, eu completaria no ano seguinte 10 anos de empresa. Naquele estágio de formação acadêmica, seria difícil encontrar na sala de aula uma equivalência salarial.

Com a minha graduação e a coincidente licença de um professor do departamento de física, surge a oportunidade de assumir o cargo de professor substituto na própria UFTM via processo seletivo simplificado. Selecionado neste processo, o ensino superior se torna a minha primeira experiência profissional em sala de aula. Ministrei disciplinas nas áreas de ensino de física, história da ciência, tecnologia da informação e comunicação e introdutórias ao cálculo e física. O contrato temporário se estendeu por dois anos.

Em janeiro de 2016, há dois meses do encerramento do contrato de professor substituto em Uberaba, sou convocado a assumir no Sesi da cidade de Franca, interior de São Paulo, a vaga de professor de física referente à cadastro reserva de um dos vários concursos e processos seletivos que vinha realizando à época. O Sesi São Paulo, rede particular composta por 142 escolas em 112 municípios do estado, oferecia condições de emprego que, considerada a minha formação acadêmica à época, superavam as minhas expectativas e, inclusive, se equiparavam às condições financeiras do meu emprego na Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). Depois de 11 anos e 5 meses na manutenção mecânica de usinas hidrelétricas da Cemig e dois anos como professor substituto no ensino superior, iniciava na rede particular a minha carreira de professor no ensino básico.

No entremeio, logo ao mudar-me para Franca, conheci um vizinho também professor de física que me convidou a lecionar em um cursinho popular pré-vestibular na cidade. Como a didática necessária no cursinho era diferente da proposta na escola, a concomitância dessas atividades foi desafiadora e significativa. Permaneci neste trabalho voluntário por duas noites semanais durante quatro anos, até me afastar para ingressar neste programa de pós-graduação, por sugestão deste mesmo professor.

No Sesi de Franca há uma infraestrutura escolar diferenciada, com laboratórios de física, química e biologia, informática, mídias, robótica, biblioteca e um *Fablab* como espaço *maker*<sup>1</sup>. As salas de aulas são equipadas com computadores na mesa do professor, projetores e lousa digital. Na escola vigora um forte programa de robótica educacional voltado à composição e treinamento de equipes para disputarem as competições nacionais e internacionais. Em 2019, a equipe composta de alunos do ensino médio galgou as etapas estaduais e foi a campeã da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), sendo classificada para representar o Brasil no torneio mundial Robocup, onde conquistou a 1ª colocação na modalidade Simulador Sbotics.

Além do espaço escolar, os alunos desfrutam de um centro de atividades esportivas e culturais, com quadras, piscinas, teatro e academias. Neste centro funciona o tradicional time de basquete profissional, 12 vezes campeão brasileiro, e toda a sua categoria de base, do sub-14 ao adulto.

Apesar do alto grau de investimento, historicamente a escola e toda a sua rede nacional não apresentam resultados notórios de desempenho no Enem e vestibulares.

Além da estrutura física mencionada, é relevante destacar a estrutura virtual disponível, como o pacote de aplicativos Microsoft 365 para todos os professores e alunos desde 2016. No meu ingresso na rede, eu explorei com afinco as tecnologias digitais, principalmente as ferramentas de gestão das atividades de sala de aula.

O entusiasmo desta exploração me conduziu ao ingresso no programa internacional de educadores inovadores da Microsoft. A partir de 2018, tornei-me Educador Inovador Expert Microsoft (MIEE) e Educador Certificado Microsoft (MCE), atuando como multiplicador na região de Franca e Ribeirão Preto, prestando serviços de formação de professores e produção de tutoriais em vídeo sobre as ferramentas digitais da Microsoft voltadas à educação. Na escola, conduzi em 2019 a implantação do *Microsoft Teams* para a gestão das atividades de sala de aula, onde a disponibilização de informações, atribuições de tarefas e acompanhamento de desempenho dos alunos passou a ser digital, mais transparente, produtiva e integrada. Muitas dessas ações anteciparam em nossa escola grande parte dos desafios sucedidos com a pandemia e o ensino remoto. Com o retorno do ensino presencial pós pandemia tenho manifestado junto à equipe gestora a preocupação quanto ao esfacelamento de boas práticas conquistadas de forma

---

<sup>1</sup> Um Fablab é um espaço que fornece ferramentas controladas pelo computador e materiais para construção rápida de objetos como impressoras 3D, serras tico-tico, cortadora a laser. Existem alguns Fablab distribuídos por alguns estados do Brasil, em geral vinculados ao sistema Fiep. Fonte: [O que é o FabLab - Sistema Fiep - FabLab](#)

acelerada durante o ensino remoto, pelo senso comum de que tudo foi prejuízo na educação durante o período.

Da minha trajetória profissional e formação acadêmica, eu trouxe para as minhas aulas uma postura *monumentalista* e devota em relação à física, em minha prática docente. Acreditava na receptividade evidente dos estudantes diante dos conhecimentos sobre a natureza, que eu supunha como belezas convidativas. Além deste viés pedagógico ingênuo, me faltavam teorias sobre a aprendizagem que sistematizassem experiências que eu observava na dinâmica discente em sala de aula e direcionassem minha prática para uma didática mais efetiva. Foi nesta direção que busquei um aprimoramento profissional na área de ensino. O Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Uberlândia (UFU) surgiu como uma oportunidade na região, sendo compatível com os meus horários de aula.

## 2 INTRODUÇÃO

### 2.1 Problema de pesquisa

Neste trabalho de pesquisa, buscamos propor sobre um certo tipo de problema que fosse oriundo da realidade cotidiana e que os conceitos envolvidos estivessem apoiados sobre a utilidade para a vida do estudante. Ao mesmo tempo, nos dedicamos sobre as possibilidades que as tecnologias digitais fomentam diante dos desafios da vida do professor em desenvolver um *desing instrucional*<sup>2</sup> sobre um trabalho pretendido.

O movimento circular e a transmissão de movimento são assuntos muito presentes em diversos fenômenos e dispositivos do dia a dia, por isso nos interessamos em desenvolver um projeto que permitisse a institucionalização dos conceitos neles envolvidos, principalmente na identificação das suas relações e distinções com o movimento linear. Partindo da bicicleta como equipamento gerador destes temas, seria possível explorar um sério problema: o de mobilidade urbana, focando esse estudo na cidade de Franca, universo de desenvolvimento do projeto, uma vez que era evidente a carência de ciclovias, apesar do contexto urbano e econômico privilegiados da cidade referida.

A relevância do problema de mobilidade urbana na escola é estabelecida pelo trânsito intenso nos horários de entrada e saída, devido ao grande número de alunos. Em 2018, ocorreu um grave acidente de trânsito no qual um estudante da escola foi lançado de sua bicicleta para dentro do córrego ao ser abalroado por um carro em uma avenida marginal próxima.

Bassini (2017), em sua dissertação de mestrado, apresenta uma proposta de implementação de atividades práticas sobre o conteúdo de movimento circular, utilizando a bicicleta como principal equipamento/dispositivo experimental. Como produto final, pautado no ensino por investigação e na teoria da aprendizagem significativa, ele desenvolve um material instrucional para o aluno e outro para o professor, bem como uma sequência de três roteiros de práticas experimentais realizadas com o uso de bicicletas dotadas do sistema de marchas.

O trabalho de Bassini (2017) é bem justificado, já que é notória a escassez de atividades experimentais no ensino médio. Apesar do consenso sobre a sua importância, conforme afirma

---

<sup>2</sup> Desing Instrucional é o “processo sistemático e reflexivo de traduzir princípios de cognição e aprendizagem para o planejamento de materiais didáticos, atividades, fontes de informação e processos de avaliação” (Smith & Ragan, 1999).

Gaspar (2014) “Realizar atividades experimentais no ensino de física, na maioria das escolas, é uma prática esporádica, assistemática e sem metodologia definida (p.7)”. Buscando compreender esta escassez, Gaspar (2014) lança o questionamento para professores de física:

Quando questionados a respeito das causas dessa postura contraditória, a maioria aponta principalmente estas quatro grandes deficiências estruturais das escolas: falta de material e de equipamentos; falta de local adequado para realizar as atividades; falta de tempo para o seu preparo; e, por fim, número insuficiente de aulas na carga horária (p. 8)

Bassini (2017) entende que, atrelar práticas experimentais com a necessidade de espaços especiais e equipamentos sofisticados consiste em um equívoco e afirma que essas práticas podem ser desenvolvidas em qualquer espaço e serem construídas com base em objetos e atividades do cotidiano do aluno. No caso, a bicicleta apresenta a versatilidade e acessibilidade necessária. No levantamento bibliográfico realizado pelo autor, verificou-se a pertinência do tema movimento circular, constatando que o assunto é pouco explorado na literatura, conforme reproduzimos no Quadro 1.

**Quadro 1** – Quadro contendo os resultados (número de trabalhos) encontrados pela busca de trabalhos acadêmicos que abordam o tema físico proposto nesse trabalho na Plataforma Portal Periódicos Capes (CAPES, 2016b). *T*-Título, *LP*-Linha de Pesquisa, *A*-Bicicleta, *B*-Ensino, *C*-Ensino de física, *D*-Momento angular, *E*-Torque e *F*-Movimento circular

LP\T	A	B	C	D	E	F
A	X	0	0	0	0	0
B	0	X	32	0	0	0
C	0	11	X	0	0	0
D	0	0	0	X	0	0
E	0	0	0	0	X	0
F	0	0	0	0	0	X

Fonte: Bassini (2017)

Apesar do trabalho de Bassini (2017) apresentar uma boa fundamentação teórica, com temática relevante e pouco explorada, a metodologia apresentada em sua dissertação indica um teor bastante tradicional na aplicação dos roteiros, com uma mescla entre atividades práticas e aulas expositivas.

O estudo das ciclovias na cidade de Franca e o questionamento da bicicleta como meio alternativo de transporte é a conexão para a institucionalização dos conceitos do tema que

propomos trabalhar, e através dessas conexões os alunos farão o seu questionamento de mundo, em consonância com a Teoria Antropológica do Didático (TAD).

Em nossos levantamentos, percebemos que, por mais que as pesquisas indiquem a relevância de um ensino com características de processos investigativos, com experimentos que corroborem essas investigações para o ensino de física e de ciências em geral; sua realização é de difícil implementação, seja pelas condições de trabalho do professor na educação básica, seja pelas próprias dificuldades da equipe de pesquisa envolvida, e propostas de ensino investigativo ainda são uma lacuna nesta modalidade. Inspirados neste contexto e no trabalho de Silva (1990), no qual o autor elaborou questões para o levantamento de concepções prévias dos estudantes, nos propusemos a elaborar situações didáticas que investigassem concepções alternativas e, ao mesmo tempo, subsidiados na Teoria das Situações Didáticas (TSD), pudéssemos criar conflitos cognitivos acerca do movimento circular.

Para ampliar o questionamento de mundo e promover a transdisciplinaridade, propusemos estabelecer uma relação com a Arte, através da aproximação às obras de Leonardo Da Vinci.

Além deste delineamento do conteúdo do projeto, sua conformação caracteriza um problema na ordem do dia, principalmente no contexto da pandemia em que inovações de desing instrucional por tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) foram aceleradas para atender às condições do ensino e aprendizagem em isolamento social (de Oliveira, Jayme, Almeida, & Carmona, 2021).

Quando definimos o tema e o referencial teórico, abordar o assunto movimento circular à ótica da TAD, concebemos uma série de atividades que delineassem nossa estratégia educacional.

Conformar uma estratégia educacional em uma sequência didática, promover o desing instrucional do nosso projeto, também foi um problema explorado em nossa pesquisa, neste caso com o uso das TDIC.

A exploração deste problema de desing instrucional por meio das TDIC levou em consideração o contexto digital escolar no qual o projeto foi desenvolvido. A rede Sesi São Paulo de ensino é composta de 142 escolas, presentes em 112 municípios. Na rede, desde 2015, professores e alunos dispõem do licenciamento de uso do pacote de aplicativos Microsoft 365 Education, antigo Office 365 (Araujo, 2015). O pacote apresenta uma série de soluções digitais voltadas à educação. Dentre essas soluções estão o Microsoft Teams, Onenote, Forms, Stream, Whiteboard, além dos clássicos Word, Excel e Powerpoint.

## 2.2 Pergunta de Pesquisa

Como integrar as tecnologias educacionais para desenhar uma sequência didática sobre movimento circular e transmissão de movimento à ótica da TAD?

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 Geral

Propor uma sequência didática customizada por tecnologias digitais para abordar o movimento circular e a transmissão desse, particularmente o conceito de velocidade angular, no primeiro ano do ensino médio de forma contextualizada relacionando à questão da bicicleta como alternativa de mobilidade urbana num município de médio porte.

### 2.3.2 Específicos

- Elaborar, validar e refinar uma situação didática para investigar a viabilidade da bicicleta como transporte alternativo na cidade de Franca.
- Diagnosticar as concepções prévias dos estudantes sobre grandezas angulares que induza um conflito cognitivo em relação às grandezas lineares análogas.
- Elaborar, validar e refinar uma situação didática para institucionalizar as grandezas angulares de interesse;
- Elaborar, validar e refinar uma situação didática para os estudantes investigarem a transmissão de movimento para projetarem e confeccionarem sistemas de transmissão de movimento no FABLAB;
- Realizar a análise praxiológica de exercícios sobre movimento circular e transmissão de movimento.
- Elaborar, validar e refinar uma situação didática articulando a física dos movimentos circulares e arte, particularmente na obra de Leonardo da Vinci.
- Modelar a sequência didática por meio das TDIC

## 2.4 Produto

Como produto didático deste trabalho de pesquisa, requisito deste programa de pós-graduação, elaboramos uma apresentação no Sway intitulada “Estudando o Movimento Circular com as Tecnologias Microsoft no Ensino Médio”.

O Sway é um aplicativo de *storytelling*<sup>3</sup> do pacote Microsoft 365 que permite combinar de forma roteirizada textos e diferentes mídias digitais para contar uma história. A apresentação e todos os materiais que a compõem ficam armazenados em nuvem, vinculados a uma conta da Microsoft, e o compartilhamento se dá por um link (Apêndice A).

No produto didático, a sequência didática é apresentada e a experiência de sua aplicação pelo autor é narrada por texto e diferentes mídias digitais. Ao acessá-lo, o professor de ensino médio, perfil alvo deste produto, tem compartilhados os diversos materiais didáticos – rubricas, formulários, listas de exercícios – para a reprodução/adaptação da sequência didática à medida que explora a trama em diferentes camadas de informação. Essa possibilidade de exploração da história narrada e seus materiais em diferentes camadas, conforme interesse do leitor/espectador, permite um pronto entendimento da sequência didática como um todo ao mesmo tempo que permite o aprofundamento na partes que a compõem.

---

<sup>3</sup> Storytelling é uma palavra em inglês, que está relacionada com uma narrativa e significa a capacidade de contar histórias relevantes. Em inglês a expressão "tell a story" significa "contar uma história" e storyteller é um contador de histórias. Consiste em um método que utiliza palavras ou recursos audiovisuais para transmitir uma história. Esta história pode ser contada de improviso ou pode ser uma história polida e trabalhada. Também é muito usado no contexto da aprendizagem, sendo uma importante forma de transmissão de elementos culturais como regras e valores éticos (Significados, 2018).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho tem como principal referencial teórico a Teoria Antropológica do Didático (TAD), proposta por Chevallard (1998), que articula uma visão unificada de muitos fenômenos didáticos da sala de aula, como a gestão do tempo, do contrato didático e da transposição didática, mas em uma perspectiva que amplia esse ecossistema e explora as relações entre instituições, pessoas e objetos de ensino que vão além da sala de aula. É a partir deste referencial que justificamos e desenvolvemos a relação, presente neste trabalho, entre o estudo do movimento circular e o problema de mobilidade urbana na cidade de Franca. As relações entre o movimento circular e a arte, exploradas pelos estudantes que participaram do estudo piloto em artefatos da obra de Leonardo da Vinci, especialmente a bicicleta e o helicóptero, em uma exposição virtual do Museu da Imagem e do Som (MIS), também se dá a partir deste referencial. Os exercícios de movimento circular que compõem a sequência didática deste trabalho foram propostos aos estudantes após análise praxeológica, como prescreve a TAD. O trabalho em grupos de investigação, projeto e confecção de sistemas de transmissão no Fablab também se apoia na TAD.

Outro referencial teórico importante neste trabalho é a Teoria das Situações Didáticas (TSD), de Guy Brousseau (1996), que é complementar a TAD e apresenta ao professor a função de organizar e providenciar situações favoráveis para que o aluno se envolva na ação efetiva sobre o saber e possa transformá-lo em conhecimento. Brousseau (1996, p. 46) considera que “na concepção mais geral do ensino, o saber é uma associação entre boas questões e boas respostas”. É nessa perspectiva que elaboramos uma situação didática de levantamento de concepções prévias, na qual estimulamos os estudantes a um conflito cognitivo sobre o conceito de velocidade em perguntas que envolviam situações cotidianas de corpos em movimento circular. Ainda, nessa perspectiva, também se apoiam as situações didáticas elaboradas para o estudo das grandezas angulares e transmissão de movimento que envolveram a projeção e confecção dos sistemas de transmissão, com engrenagens e cremalheira, no *Fablab* da escola.

Enquanto a TAD e a TSD conduziram a transposição didática, o questionamento de mundo e, a partir daí, a concepção das atividades, a sequência didática se apoiou no *desing instrucional* (Simão & Hesketh, 2009) para a sua estruturação por meio das TDIC.

A maneira que este trabalho dialoga com estes referenciais teóricos será mais bem explorada nos capítulos de Metodologia e de Resultados e Discussões. Neste capítulo, desenvolvemos a fundamentação teórica sobre os referenciais mencionados.

### 3.1 Teoria Antropológica do Didático

A TAD é uma teoria que se propõe a analisar um dos problemas do professor, que é preparar (conceber) seu curso de aulas e depois colocá-lo em prática. Ou seja, a TAD articula noções sobre a questão de como organizar um objeto de estudo e fazê-lo funcionar em sala de aula? Essa organização do objeto de estudo para que possa funcionar em sala de aula requer um processo de transformação denominado transposição didática (TD).

O termo transposição didática foi introduzido em 1975 pelo sociólogo Michel Verret e rediscutido em 1985 por Chevallard em sua obra *La Transposition Didactique*, na qual apresenta as transposições que ocorrem com um saber desde o meio científico ao meio escolar. Chevallard (1991) afirma em sua teoria que o saber não chega à sala de aula tal qual ele foi produzido no contexto científico. Esse saber passa por um processo de transformação, que se assemelha a uma “maquiagem didática”, de modo que ele possa ser ensinado em sala de aula. Isso ocorre porque os objetivos da escola e da comunidade científica não são os mesmos. Mas, há fases de transformação do saber até que ele chegue ao nível de transposição didática. A teoria estabelece a existência de três níveis no processo de transformação, o saber sábio (*savoir savant*), o saber a ensinar (*savoir à enseigner*) e o saber ensinado (*savoir enseigné*).

O saber sábio, também denominado “conhecimento científico” corresponde ao conhecimento produzido na esfera composta por intelectuais e cientistas. A divulgação desse saber ao público se dá mediante publicações próprias, em revistas, periódicos científicos, artigos, teses, relatórios ou livros especializados. Porém, antes de sua publicação, ele passa por determinadas transformações no interior dessa comunidade, chegando ao leitor de forma depurada, limpa e numa linguagem impessoal, sem relatar os detalhes, as emoções e os conflitos de sua elaboração e construção. Essa transformação caracterizada pela *despersonalização* e *reformulação* do saber define uma transposição científica, e não didática.

O saber a ensinar é aquele materializado em livros didáticos, programas escolares e materiais de ensino para formação universitária. Este saber é reestruturado de tal modo que a linguagem se torne mais simples que a do uso dos cientistas em uma adequação para o ensino. Nesse processo de transformação, o saber sofre uma *descontextualização*, pois ocorre a perda do seu contexto original, através de um processo de *despersonalização*, porque, nos livros didáticos e em outros materiais o saber se encontra organizado, ordenado, cumulativo e linear. Assim, torna-se um saber com sequência lógica, sem qualquer relação com o ambiente epistemológico em que foi formulado pelos cientistas e é novamente reorganizado num novo contexto epistemológico pelo processo de *dessincretização*. Mas, para que o saber sábio sofra

essa transposição didática e se materialize nas escolas em referenciais e diretrizes curriculares, ele precisa ser designado para tal na *noosfera* – termo sugerido por Chevallard para se referir à “esfera pensante” ou “instituição invisível” composta por pesquisadores, especialistas e representantes de universidades, secretarias e Ministério da Educação.

O saber ensinado é o objeto resultante do processo de ensino. Na prática educativa, ele não deve ser concebido como uma mera simplificação dos saberes científicos. A ciência dos cientistas não é a mesma “ciência” da sala de aula. Em seu cerne, ocorre nova transposição didática, o saber a ensinar é transfigurado em saber ensinado pela prática educativa. Na transposição didática deste nível, as concepções pessoais do professor são evidentes e há forte influência de pressões externas da administração escolar, dos alunos, dos pais e da comunidade em geral.

A TAD pode ser entendida como uma forma de explicar a transposição didática no ecossistema da sala de aula, ou melhor dizendo, um prolongamento da teoria da transposição didática, quando amplia esses ecossistemas para relações, entre objetos de ensino, que irão além da sala de aula. Chevallard (1998) afirma,

Na prática, as primeiras análises propostas em la transposition didactique limitavam-se a distinguir objetos «matemáticos», «paramatemáticas» e «protomatemáticos». O alargamento do quadro, levado a cabo por necessidades de análise, conduziu-me a propor uma teorização em que qualquer «objeto» pudesse aparecer: a função logarítmica é, evidentemente, um objeto («matemático»), mas existe igualmente o objeto «escola», o objeto «professor», o objeto «aprender», o objeto «saber», o objeto «dor de dente», o objeto «fazer xixi», etc. (Chevallard, 1998, p. 92)

A teorização de Chevallard envolve três conceitos primitivos: os objetos “O”, as pessoas “X” e as instituições “I”.

O objeto O é o material de base da construção teórica. Tudo pode ser objeto, passando a existir como tal quando for reconhecido como existente por uma pessoa X ou instituição I. Com isso, aparecerão a relação pessoal de X com O, denotada por  $R(X,O)$ , e a relação institucional de I com O,  $R(I,O)$ .

Do ponto de vista da «semântica» da teoria, qualquer coisa pode ser um objeto. Um objeto existe a partir do momento em que uma pessoa X ou uma instituição I o reconhece como existente (para ela). Mais precisamente, podemos dizer que o objeto O existe para X (respectivamente, para I) se existir um objeto, que denotarei por R (X,O), a que chamarei de relação pessoal de X com O (resp. relação institucional de I com O). (Chevallard, 1998, p. 93)

Sobre a sala de aula, existem objetos de saber que ainda não são conhecidos pelos alunos (pessoa). No entanto, eles já são conhecidos pelo professor (instituição), e será a partir das relações que serão geradas em sala de aula (sujeito-objeto, sujeito-instituição, instituição-objeto) que se dará a aprendizagem.

Instituição, por sua vez, é um dispositivo social, total ou parcial, que impõe aos seus sujeitos formas de fazer e pensar que são próprias a cada “tipo” ou “forma” de instituição. Devemos percebê-la como uma estrutura heterogênea, em que existem várias relações de pessoas X com objetos O que pertencem a I. Uma escola é certamente uma instituição, que possui outras instituições a ela agregada, como uma sala de aula, por exemplo. Segundo Chevallard (1998), uma instituição pode ser quase o que quer que seja.

(...) A cada instituição I está associado um conjunto de objetos, chamado conjunto dos objetos institucionais (para I), que é o conjunto dos objetos O que I conhece, ou seja, para os quais existe uma relação institucional  $R(I,O)$ . Um objeto O é institucional para I ou, dito de outro modo, existe para I, quando I define uma relação (institucional) com O. (Chevallard, 1999, p. 225)

O objeto O se relaciona com a instituição I por meio de suas características próprias e essas relações podem variar de acordo com a instituição. Uma pessoa se constitui por meio das várias relações que o indivíduo estabelece com diferentes instituições.

Uma pessoa X entra para uma instituição I, na qual existe um objeto O que é chamado de objeto institucional. Assim X, ao entrar em I, começa a viver uma relação com O sob a influência de uma relação institucional, ou seja, a relação  $R(X,O)$  irá se alterar ou se construir mediante a relação  $R(I,O)$ , e, de forma mais ampliada, sob a limitação do contrato institucional C. A aprendizagem ocorre quando há alteração na relação  $R(X,O)$ , entre pessoa X e objeto O. Se não há alteração na relação  $R(X,O)$ , não há aprendizagem. No entanto, para que essa alteração seja didática, ela deve ser manifesta como intencional pela instituição I.

Para que a instituição I manifeste uma intencionalidade de fazer uma modificação ou uma alteração na relação  $R(X,O)$ , é necessário que se introduza uma nova noção primitiva, a de sujeito adequado. Com isso, uma pessoa X se tornará um sujeito adequado da instituição I, relativamente ao objeto O, quando as relações  $R(X,O)$  e  $R(I,O)$  estão em conformidade. Podemos dizer que, nesse caso, o sujeito está de acordo com as expectativas desejadas pela instituição. Caso isso não esteja ocorrendo, é considerado que o sujeito está inadequado ao contrato institucional. Este conceito de contrato institucional converge com o conceito de contrato didático proposto por Brousseau no contexto da sala de aula.

As características que moldam as expectativas para uma noção de sujeito adequado em uma instituição tenderão a manifestar-se sempre em conformação com o paradigma dominante no ensino. Segundo a TAD, no paradigma atualmente dominante, denominado “*monumentalismo* epistemológico”, o conhecimento trasfega em pedaços ou pacotes santificados pela tradição, nos quais suas supostas belezas convidativas demandam aos estudantes que os visitem para que possam desfrutar, se divertir e até mesmo se apaixonar. Esta peregrinação intelectual de finalidade contestável exige forte devoção de professores e educadores e extraordinária receptividade dos estudantes em os aceitarem como seus guias. Não obstante, os alunos são praticamente reduzidos à meros espectadores, mesmo quando os educadores apaixonadamente os incitam a desfrutar do espetáculo que é a ciência.

Chevallard (2015) anuncia a morte iminente deste paradigma de visitar monumentos uma vez que o tradicional autoritarismo institucional no qual foi sedimentado encontra-se em importante declínio com o amadurecimento das democracias e as transformações das relações de poder na sociedade. O novo paradigma para o ensino, em contraste com o atual, deve ser o questionamento do mundo e o contrato didático deve refletir essa postura.

Pensando a sala de aula como uma instituição, o contrato didático determina as expectativas sobre as relações que ali serão estabelecidas. Para Brousseau (1996), o contrato didático determina a regra do jogo, onde uma pequena parte é explícita (regras formuladas verbalmente em sala de aula) e a maior parte implícita (que já foram construídas historicamente e podem ser interpretadas no contexto de sala de aula).

Chama-se contrato didático o conjunto de comportamentos do professor que são esperados pelos alunos e o conjunto de comportamentos do aluno que são esperados pelo professor [...] esse contrato é o conjunto de regras que determinam uma pequena parte explicitamente, mas sobretudo implicitamente, do que cada parceiro da relação didática deverá gerir e daquilo que, de uma maneira ou de outra, ele terá de prestar conta perante o outro. (Brousseau, (1986) apud (Slongo, Ricardo, & Pietrocola, 2003)

É preciso que haja uma conscientização em torno do implícito, ou seja, o contrato didático se inquieta muito mais em torno de regras “não ditas” do que as explícitas. O lugar do implícito é extremamente importante na relação didática. Na relação didática, tanto o professor quanto o aluno têm obrigações recíprocas. Se algum deles não cumpre as regras estabelecidas, ocorre a ruptura do contrato didático. É neste momento de ruptura, em geral que o contrato didático se torna explícito.

A ruptura do contrato didático é um fator imprescindível para que haja negociações e renegociações, dando continuidade ao processo de ensino e de aprendizagem. Uma negociação

contínua do contrato didático, às vezes, leva à diminuição dos conteúdos e também dos objetivos da aprendizagem. Isso geralmente ocorre quando o professor tende a facilitar as tarefas propostas aos alunos, de diversas formas, quer seja por meio de abundantes explicações, ou porque ensina-lhes pequenos truques, algoritmos, técnicas de memorização, entre outros, o que poderá, ao invés de esclarecer, impedir a compreensão. Tais atitudes ou práticas adotadas pelo professor são denominadas de efeito do contrato.

O contrato didático é o meio pelo qual o professor consegue colocar uma situação didática em cena. Brousseau (1996) defende que o professor não deve comunicar o conhecimento ao aluno e sim colocar novas questões via devolução de problemas adequados. Quando isso acontece, o aluno entra no jogo e, se ele ganha, ocorre a aprendizagem. Este jogo, ou esta situação mais ampla é denominada por Brousseau como situação didática.

### **3.2 Teoria das Situações Didáticas**

A Teoria das Situações Didáticas (TSD) investiga as relações entre alunos, professores e conhecimento. Brousseau (1996, p. 48) considera que “na concepção mais geral do ensino, o saber é uma associação entre boas questões e boas respostas”. Portanto, para que o aluno seja capaz de apreender esse saber, é aceitável que o professor não apresente a resposta – pelo contrário, viabilize todos os possíveis procedimentos de modo que esta resposta seja construída. Os problemas que forem colocados aos alunos devem ser escolhidos de forma que eles os aceitem, levando-os a agir, falar, refletir, evoluir por si próprios. Colocar o problema constitui a primeira fase de uma situação didática, a fase da devolução.

O autor considera ainda que “o aluno sabe perfeitamente que o problema foi escolhido para o levar a adquirir um conhecimento novo” (Brousseau, Fundamentos e métodos da didáctica da matemática. In. BRUN, J., 1996, p. 49). Assim, as situações de ensino devem ser criadas pelo professor, com o propósito de aproximar o aluno do saber do qual há de se apropriar. Para tanto, precisamos propor situações nas quais os alunos dão sentido ao conhecimento, por meio da contextualização e personalização do saber. Tais situações permitirão que o aluno participe ativamente desse processo, e os leve a transformar suas produções em fatos universais e reutilizáveis que, na TSD, são chamados de descontextualização e despersonalização do saber. Segundo Breousseu (1986):

Uma situação didática é um conjunto de relações estabelecidas explicitamente e ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos, num certo meio, compreendendo eventualmente instrumentos e objetos, e um sistema educativo (o

professor) com a finalidade de possibilitar a estes alunos um saber constituído ou em vias de constituição [...] o trabalho do aluno deveria, pelo menos em parte, reproduzir características do trabalho científico propriamente dito, com garantia de uma construção efetiva de conhecimentos pertinentes. (Brousseau, Fundamentos y métodos de la Didáctica de la Matemática., 1986)

O aluno terá de saber que esse conhecimento é totalmente justificado pela lógica interna da situação e, portanto, deverá construí-lo de modo que não precise recorrer a razões didáticas, isto é, sem intervenção didática do professor. O importante de tudo isso é que o aluno terá verdadeiramente adquirido esse conhecimento se conseguir, por si próprio, aplicá-lo a situações com que vier se deparar fora do contexto educativo, e ausente de qualquer intencionalidade. Tal *situação fundamental* caracteriza uma situação a-didática.

O objetivo central das situações didáticas, segundo Magalhães (2009, p. 92), é “proporcionar um conjunto de situações reprodutíveis que provoquem mudanças comportamentais nos estudantes em função do conjunto de conhecimentos adquiridos”. É por meio dessas situações que se estabelecem as relações entre professor, aluno e saber. Por isso o sujeito cognitivo, nesta teoria, não é mais o centro de atenção e sim a própria situação.

Brousseau apresenta diferentes fases de uma situação didática. Elas servem para analisar o processo de aprendizagem do aluno. As primeiras três fases correspondem aos momentos em que não há envolvimento do professor na atividade; os alunos sozinhos dão conta do processo, também chamadas de fases a-didáticas. Nessas três primeiras fases, há o envolvimento apenas com os problemas propostos e com o jogo de interações entre os alunos. São as fases de *ação*, *formulação* e *validação*, que antecedem a fase da *institucionalização*. Ou seja, é preciso dar espaço aos alunos para que eles socializem o que aprenderam.

Como a situação em si é o centro da atenção na TSD, é fundamental que ela seja elaborada pelo professor de forma a criar condições para que os conhecimentos dos alunos sejam mobilizados. Este ambiente controlado é definido como *milieu* por Brousseau (2002). Na estruturação do *milieu* pelo professor, a intenção é que o aluno aprenda adaptando-se a um *milieu* (meio) que é uma fonte de contradições, dificuldades e desequilíbrio. Nessa adaptação, a aprendizagem evidencia-se pela manifestação de novas respostas.

O *milieu* é concebido e sustentado por uma intencionalidade didática. Um *milieu* sem intenções didáticas é insuficiente para induzir no aluno todo o conhecimento cultural que se deseja que ele adquira (Brousseau, 2002). As interações entre o aluno e o *milieu* são descritos em termos de conceito teórico de situação didática, que modela a atividade do aluno de produção de conhecimento, independentemente da mediação do professor. Segundo Almouloud (2007), a escolha de uma situação didática deve levar em consideração as possíveis posições de

um sujeito à relação didática, sendo imprescindível identificar essas posições em relação a outras, assim como suas articulações. Nesta situação o aluno age mais como um sujeito cognitivo do que como um aprendiz ou sujeito da instituição escolar. Ele se envolve em uma interação com um problema, não só colocando seu conhecimento em jogo, mas também o modificando ou rejeitando-o para produzir novos conhecimentos, dependendo das interpretações que ele faz sobre os resultados de suas ações (o *feedback* que ele recebe de um *milieu*). De acordo com Almouloud:

Na TSD, o milieu é um sistema antagonista ao sujeito, sendo o milieu adidático um sistema sem intenção didática, exterior ao sujeito, que por suas retroações às ações do sujeito, permite sua reflexão ao respeito de suas ações e de sua aprendizagem. Ou seja, o aprendiz é o responsável pelo processo de sua aprendizagem (Almouloud, 2007, p. 35).

É no contrato didático que as relações entre o professor e o aluno, relativas às interações do aluno com o *milieu*, são explicadas.

Brousseau (2002) aponta que a necessidade teórica de um *milieu* é determinada pelo fato de que a relação didática acabará por chegar a um ponto em que o aluno terá que enfrentar situações sem intenção didática.

O conceito de *milieu* é fundamental na nossa proposta de trabalho, principalmente na elaboração da situação didática para levantamento das concepções prévias dos estudantes. A literatura indica que há diferentes níveis e componentes no conceito de *milieu*, que foram importantes para a elaboração de uma nova situação didática que substituísse a visita virtual à exposição do Leonardo Da Vinci, presente no estudo piloto, e que também foram importantes na formulação dos problemas que foram investigados para a o desenvolvimento do projeto e confecção dos sistemas de transmissão no FabLab.

Como parte importante da fase de sistematização/institucionalização do conceito de velocidade angular, foram propostos exercícios aos alunos. Para esta tarefa, recorreremos à organização praxeológica proposta na TAD, abordada na sequência.

### **3.3 A organização praxeológica na Teoria Antropológica do Didático**

Podemos entender uma organização praxeológica, ou praxeologia, como a realização de certo tipo de tarefas (T) por meio de um modo de fazer, que Chevallard (1999) chama de técnica (t). Essa associação tarefa-técnica (T-t) irá definir um saber-fazer próprio para esse tipo de tarefa. Porém, ela (T-t) não se mantém em estado isolado, ou seja, não se sustentará por si só. A dupla

T-t necessita de um amparo tecnológico-teórico (ou saber), que é formado por uma tecnologia ( $\theta$ ), que irá dar uma racionalidade e uma sustentação inteligível à técnica (t) aplicada, e uma teoria ( $\Theta$ ) que irá justificar e esclarecer a tecnologia ( $\theta$ ).

Assim sendo, a organização praxeológica será composta por quatro elementos, a saber: tipo de tarefa (T), técnica (t), tecnologia ( $\theta$ ) e teoria ( $\Theta$ ), articulados a partir de um bloco prático-técnico (gerando o saber-fazer) e um bloco tecnológico-teórico (amparado no saber). Segundo o autor,

(...) a ecologia das tarefas e técnicas são as condições e necessidades que permitem a produção e utilização destas nas instituições e a gente supõe que, para poder existir em uma instituição, uma técnica deve ser compreensível, legível e justificada (...) essa necessidade ecológica implica na existência de um discurso descritivo e justificado das tarefas e técnicas que a gente chama de tecnologia da técnica. O postulado anunciado implica também que toda tecnologia tem necessidade de uma justificativa que a gente chama teoria da técnica e que constitui o fundamento último. (Chevallard, 1999, pp. 85-86)

Podemos dizer que ao redor de um tipo de tarefa (T), se encontra, a princípio, um trio formado de, ao menos, uma técnica (t), uma tecnologia ( $\theta$ ) e uma teoria ( $\Theta$ ), formando uma praxeologia completa [T, t,  $\theta$ ,  $\Theta$ ]. Na TAD, as noções de (tipo de) *tarefa*, (tipo de) *técnica*, *tecnologia* e *teoria* permitem modelar as práticas sociais em geral e, em particular, a atividade matemática, baseando-se em três postulados:

- Toda prática institucional pode ser analisada, sob diferentes pontos de vista e de diferentes maneiras, em um sistema de tarefas relativamente bem delineadas.
- O cumprimento de toda tarefa decorre do desenvolvimento de uma técnica.
- A ecologia das tarefas, quer dizer, as condições e restrições que permitem sua produção e sua utilização nas instituições.

A relação institucional que se estabelece entre uma instituição I (aluno, professor...) e um objeto O depende das posições que ocupam nessa instituição e do conjunto de tarefas que essas pessoas devem cumprir usando determinadas técnicas.

O problema de delimitar tarefas em uma prática institucional varia de acordo com o ponto de vista da instituição na qual se desenvolve a prática ou de uma instituição externa que observa a atividade para descrevê-la com um objetivo preciso. As tarefas são identificadas por um verbo de ação, que sozinho caracterizaria um gênero de tarefa, por exemplo: *calcular*, *decompor*, *resolver*, *somar*, que não definem o conteúdo em estudo.

Para Chevallard, a necessidade de reconstrução de tarefas como construções institucionais, caracteriza um problema a ser resolvido dentro da própria instituição, que no caso da sala de aula, por exemplo, é uma questão didática. Para uma determinada tarefa, geralmente, existe uma técnica ou um número limitado de técnicas reconhecidas na instituição

que problematizou essa tarefa, embora possam existir técnicas alternativas em outras instituições.

### **3.4 Comparação entre a teoria antropológica do didático (TAD) e a teoria das situações didáticas (TSD).**

A teoria das situações didáticas (TSD) se apresenta como um complemento da teoria antropológica do didático (TAD) de maneira que a noção de contrato didático proposto por Brousseau na TSD é ampliado nos sistemas didáticos e inserido em uma relação institucional na TAD. Chevallard (1996) menciona que a TAD poderia estabelecer uma possível teoria das situações institucionais.

A TAD tem como foco o saber e como ele percorre as instituições (Almouloud, 2007). Considera que o saber deve necessariamente estar associado (deve existir) a uma instituição e para se obter conhecimento é necessário que uma pessoa ou uma instituição tenha uma relação com o objeto: a relação de conhecimento é pessoal e a relação de saber é pública (Almouloud, 2007).

Em uma perspectiva epistemológica, a TAD apresenta uma ampliação em comparação a outras concepções teóricas, já que inclui as etapas de produção e utilização e explica a manipulação da transposição referente ao ensino.

Para Chevallard (1992), a transposição didática (*strictu sensu*) é a passagem de um saber científico para sua versão didática em uma instituição escolar. Nesse sentido, o saber poderá ser manipulado em duas etapas ainda no que chamamos de transposição *strictu sensu*: primeiramente, transformando o objeto do saber em objeto a ensinar e, em seguida, transformando-o em objeto de ensino (Almouloud, 2007, p. 197).

É nesta transposição didática, do objeto a ensinar em objeto de ensino, que ocorre uma interface da TSD com a TAD. Enquanto a TAD não faz menção aos papéis dos alunos e professor neste momento de transposição, a TSD define precisamente estes papéis. Para Brousseau (1986), a construção do conhecimento é papel do aluno e é função da forma de organização do ensino em situações didáticas pelo professor.

Sendo assim, a TAD foi preponderante na concepção da sequência didática de maneira que o assunto mobilidade urbana foi o âmbito para questionamentos como o da viabilidade da bicicleta como meio de transporte alternativo no município. Questionamentos estes que validam os saberes acerca do movimento circular e sua penetração nas instituições. A premissa é que os questionamentos de mundo validam os saberes científicos nas instituições e estes saberes

científicos, transpostos em conhecimento, promovem o questionamento das instituições pelos alunos.

Apesar de tratar das condições institucionais para a organização do conhecimento, a TAD não trata explicitamente da aprendizagem. Sendo assim, para a concepção das tarefas a compor a sequência didática nos apropriamos da TSD, com suas etapas de ação, formulação, validação e institucionalização que descrevem o processo de aprendizagem individual. Por meio da TSD, modelamos as situações didáticas presentes nas tarefas de levantamento de concepções prévias acerca do movimento circular e de investigação do movimento em sistemas de transmissão, no intuito que a ação do aluno pudesse viabilizar a construção do conhecimento.

Mesmo não fazendo nenhuma hipótese sobre a aprendizagem específica do aluno, a sequência didática não está apoiada na TAD somente em seu sentido amplo. Todas as atividades são modeladas em uma perspectiva praxeológica, inclusive no que diz respeito ao *desing instrucional* da sequência didática por meio das tecnologias educacionais. Ainda no âmbito da concepção das tarefas, foi realizada a análise praxeológica dos exercícios sobre movimento circular atribuídos aos alunos para resolução.

De certo modo, como antítese ao *monumentalismo epistemológico*, tanto a TAD como a TSD consideram o conhecimento segundo um princípio de funcionalidade.

## 4 METODOLOGIA

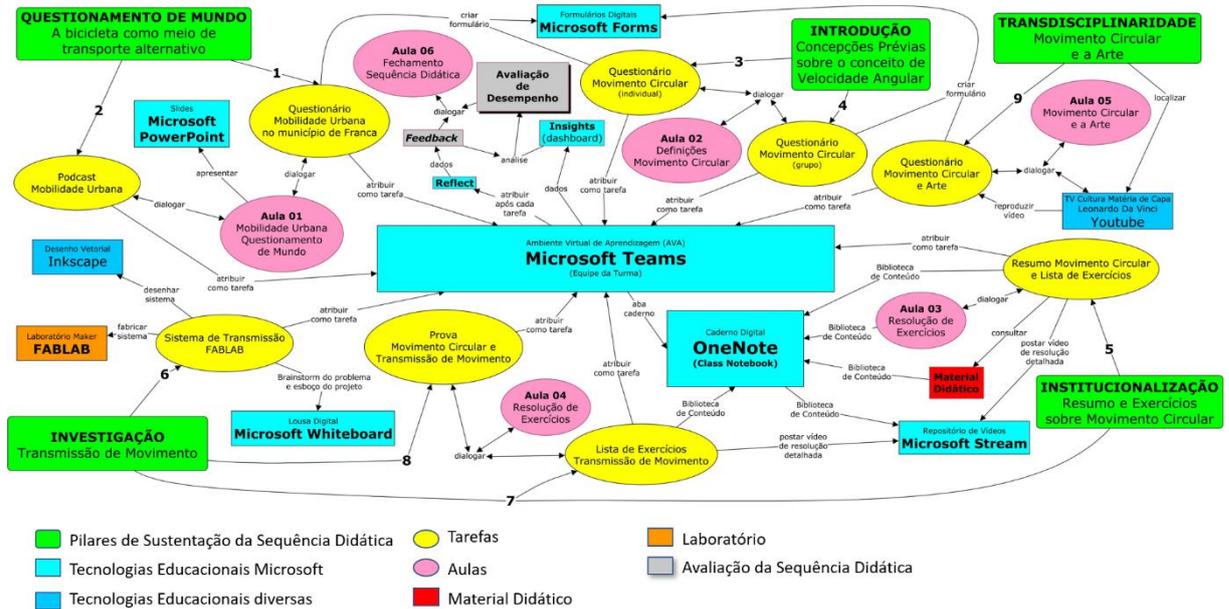
A investigação qualitativa do tipo estudo de caso desenvolvida neste trabalho, consistiu inicialmente de um estudo piloto aplicado no ano de 2021 junto a três turmas de 1º ano do ensino médio da escola particular Sesi Franca, localizada na cidade de Franca, interior de São Paulo. As turmas eram mistas, com 34 alunos em média, na faixa dos 15 anos de idade. Este estudo apresentou resultados que, após análise e discussão, corroboraram para o aprimoramento do trabalho e realização de nova aplicação (estudo final) no ano de 2022 com as novas turmas de 1º ano do ensino médio que mantiveram o perfil.

São as características da estruturação da sequência didática por tecnologias educacionais que configuram metodologicamente o trabalho como um estudo de caso. As tecnologias educacionais aqui apresentadas, sobretudo o Microsoft Teams como ambiente virtual de aprendizagem, são nestes moldes recentes e foram intempestivamente usadas no ensino remoto durante a pandemia. Segundo Damasceno e Oliveira (2021), foi quebrada a lógica de defasagem no ritmo de evolução tecnológica no campo da educação em comparação a outros setores da economia e isso destaca a importância do debate e reflexão contemporânea em torno das tecnologias educacionais e suas aplicações. Como uma experiência aqui relatada, este trabalho está inserido neste ecossistema de inovação e evolução das tecnologias e metodologias educacionais com novos modelos de comunicação e interação humana, mas guiado por teorias clássicas de aprendizagem.

A sequência didática desenvolvida foi sustentada em cinco pilares que orientaram a concepção das tarefas desenvolvidas pelos estudantes. A estruturação dessas tarefas, das aulas, dos materiais, bem como das avaliações e feedback foi feita por meio de TDIC, sobretudo da Microsoft.

A Imagem 1 ilustra o desing instrucional dessa sequência didática, destacando a disposição e integração das diversas tecnologias educacionais, assim como os pilares didáticos, tarefas e aulas que compõem a sequência. A representação gráfica da sequência didática na Imagem 1 é de extrema importância, pois responde à pergunta de pesquisa deste trabalho. A metodologia, resultados e discussões que se seguem representam uma exploração detalhada dos caminhos delineados nessa imagem. Além disso, o produto educacional resultante deste trabalho oferece uma apresentação coreografada desses mesmos caminhos, permitindo aos leitores/espectadores percorrerem em camadas a trajetória proposta.

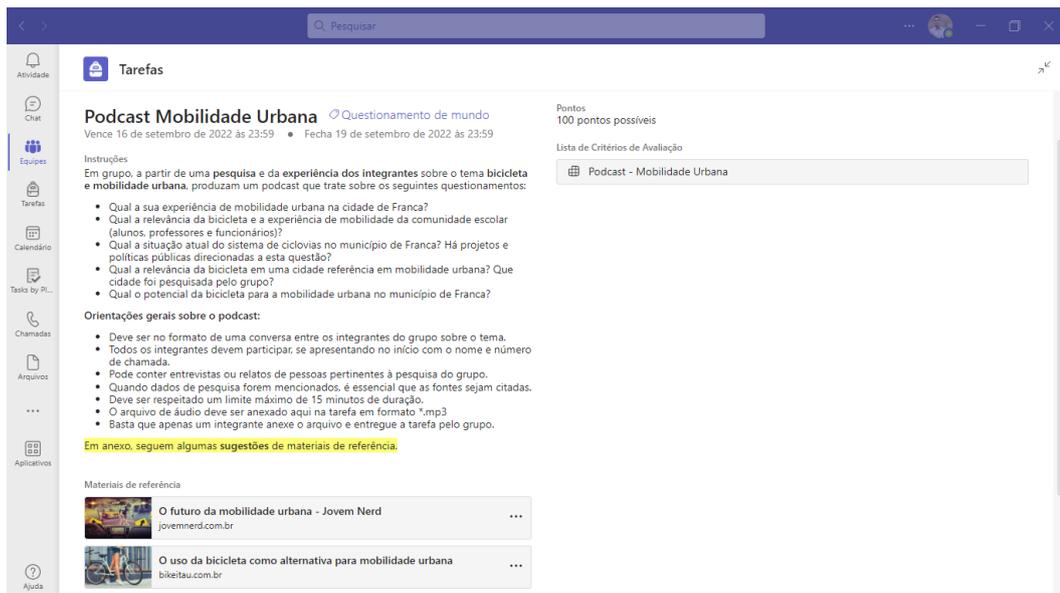
Imagem 1 – Desing instrucional da sequência didática por meio das tecnologias educacionais



Fonte: do autor.

Neste desing instrucional, a equipe da turma no Microsoft Teams funciona como Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Todas as tarefas concebidas nesta sequência didática foram atribuídas aos estudantes na equipe com data de vencimento e fechamento, instruções, materiais de referência e pontuação (Imagem 2).

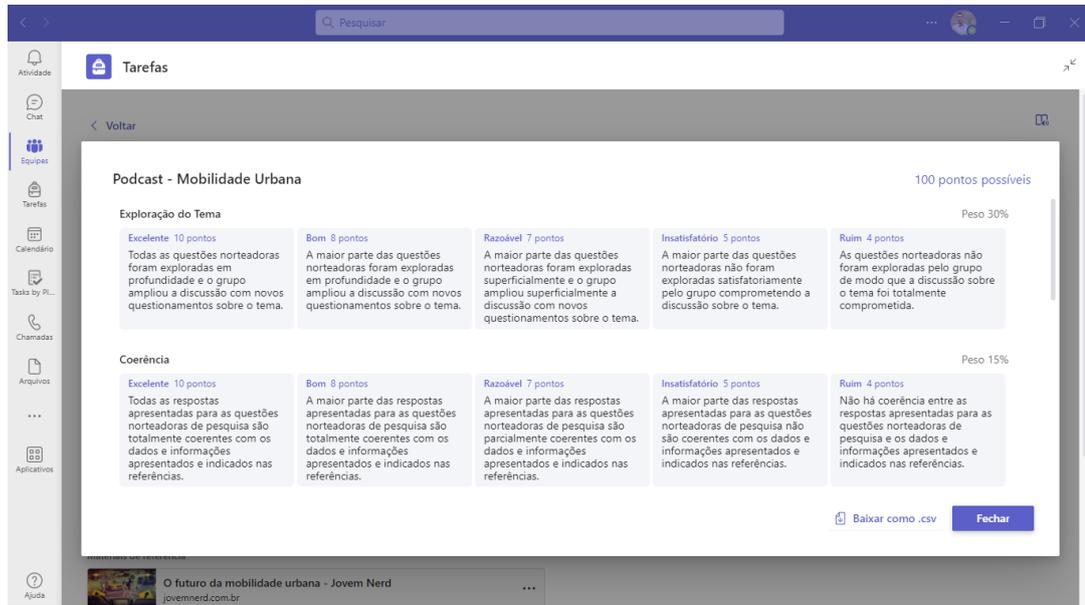
Imagem 2 - Tela de exibição ao aluno de uma tarefa atribuída no Teams



Fonte: do autor.

Além dos campos mencionados, em todas as tarefas atribuídas também consta a lista de critérios de avaliação (rubrica), especificamente elaborada com os devidos critérios, pesos e pontuação distribuída entre as classificações de cada critério (Imagem 3).

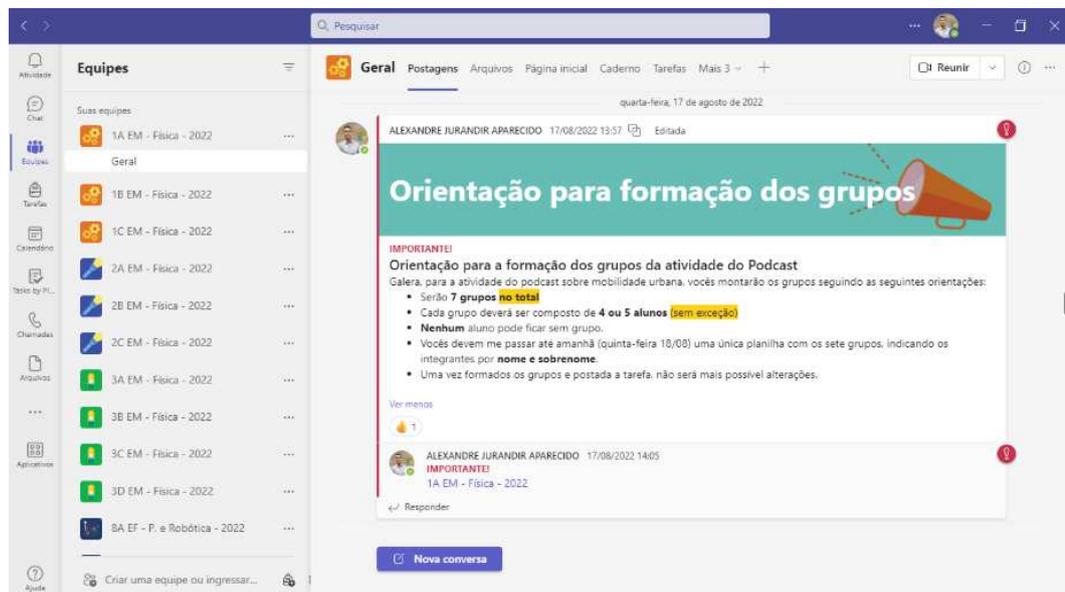
Imagem 3 - Tela de exibição ao aluno da lista de critérios e avaliação de uma tarefa atribuída no Teams.



Fonte: do autor.

Na equipe também há as ferramentas de *chat* e aba de postagens para comunicação com os estudantes e aba de arquivos para compartilhamento de materiais em nuvem (Imagem 4).

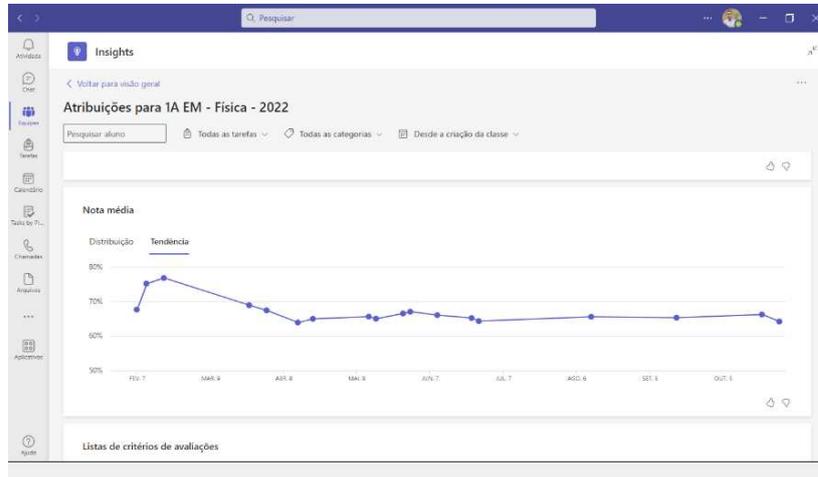
Imagem 4 - Tela de exibição da aba postagens em uma equipe do Teams.



Fonte: do autor.

A aba insights funciona como um *dashboard*<sup>4</sup> da equipe (Imagem 5). Nele, é possível visualizar uma série de dados relevantes à avaliação de desempenho dos alunos nas tarefas: notas, médias, estatísticas de entrega, gráficos de distribuição e tendência de notas, entre outros.

Imagem 5 - Tela de exibição da ferramenta Insights em uma equipe do Teams.



Fonte: do autor

Na equipe, também por uma aba específica, é possível acessar o caderno digital da turma no Onenote (*classnotebook*). Na Biblioteca de Conteúdo, foi criada a seção “Movimento Circular” para disponibilização das anotações de aula e demais materiais sobre os assuntos abordados na sequência didática.

Imagem 6 - Tela de exibição do Bloco de Anotações de Classe da turma no Onenote.

Fonte: do autor

<sup>4</sup> Dashboard é um painel de interface gráfica de usuário que fornece visualizações rápidas dos principais indicadores de desempenho relevantes para um determinado objetivo ou processo. (Hale, 2020)

As situações didáticas que compõem a sequência didática, concebidas a partir dos pilares de questionamento do mundo, introdução, institucionalização, investigação e transdisciplinaridade estão indicadas no Quadro 01.

Quadro 1 - Sequência didática aplicada no estudo piloto.

Situação Didática		Estratégia do professor	Atividade do aluno
1	A bicicleta como meio de transporte alternativo	Promover o questionamento sobre a viabilidade da bicicleta como meio de transporte alternativo na cidade de Franca.	Avaliar a viabilidade da bicicleta como meio de transporte alternativo na cidade de Franca.
2	Levantamento de concepções prévias	Levantar concepções prévias e induzir conflito cognitivo sobre o conceito de velocidade angular em situações cotidianas (questionário eletrônico).	Responder e discutir as situações apresentadas em formulário eletrônico, primeiro individualmente, depois em grupos de 3 alunos.
3	Resumo e lista de exercícios sobre Movimento Circular	Compartilhar técnicas de resolução de exercícios de movimento circular.	Se apropriar de técnicas de resolução de exercícios sobre movimento circular.
4	Transmissão de Movimento	Promover situações problemas para a investigação dos conceitos de transmissão de movimento.	Investigar o problema proposto a partir dos conceitos institucionalizados do movimento circular, projetar e confeccionar um sistema de transmissão como solução
5	Movimento Circular e a Arte	Estabelecer relações entre o movimento circular e a Arte.	Explorar os artefatos da obra de Leonardo Da Vinci, especialmente a bicicleta e o helicóptero.

Fonte: do autor

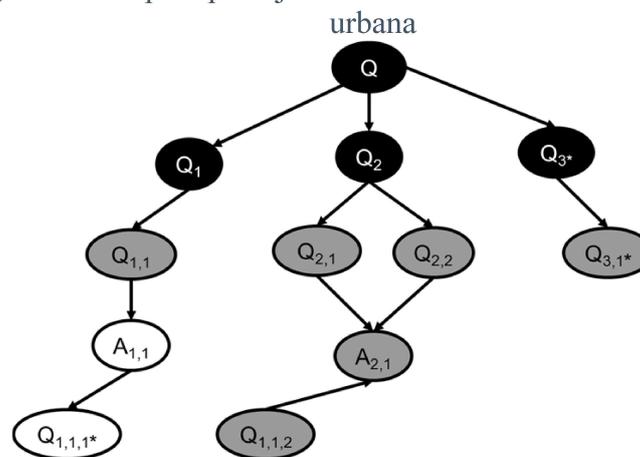
No estudo piloto aplicado em 2021, a sequência didática (SD) teve início na situação didática de levantamento de concepções prévias. A partir da análise dos resultados e aprofundamento na TAD, entendemos que o questionamento de mundo deveria ser o ponto de partida da sequência didática.

#### 4.1 A bicicleta como meio de transporte alternativo

Esta situação didática inaugura a sequência didática e se inicia com uma aula introdutória ao tema em que o professor elenca algumas questões acerca da mobilidade urbana e a viabilidade da bicicleta como transporte alternativo no município de Franca.

Para elencar estas questões e trabalhar o tema na aula introdutória, recorreremos a uma abordagem diagramática de SRC, como sugerido por Winslow et al. (2013). A SRC (Study and Research Course) enfatiza a dialética entre pesquisa e estudo e é um modelo didático que deriva da Teoria Antropológica do Didático (Winslow, Matheron, & Mercier, Study and Research Courses as an Epistemological Model for Didactics, 2013). Em sua abordagem diagramática, abordamos um tema a partir da definição estratégica de grandes questões geradoras que desencadeiam, em um diagrama, mais questões, secundárias, terciárias, à medida que são investigadas ou respondidas, mesmo que parcialmente. O diagrama de questões elaborado no planejamento da aula introdutória serviu como uma discussão hipotética sobre o tema com os alunos (Imagem 7).

Imagem 7 – Diagrama SRC para planejamento da aula introdutória sobre o tema mobilidade urbana



**Q** : A bicicleta é um meio de transporte alternativo para a cidade de Franca?

**Q1** : O seu trajeto casa->escola, se feito de bicicleta, pode ser mais rápido do que se feito via carro?

**Q1,1** : Quais os tempos de trajeto casa->escola indicados no Google Maps, nos devidos horários de entrada e saída, via carro e via bicicleta?

**A1,1** : Os tempos de trajeto via carro e via bicicleta diferem pouco.

**Q1,1,1\*** : Há bicicletários suficientes para os alunos na escola?

**Q1,1,2** : Este trajeto casa->escola é composto de ciclovias?

**Q2** : Qual a situação atual do sistema de ciclovias do município de Franca?

**Q2,1** : A situação do sistema de ciclovias do município de Franca é compatível com suas características urbanas e socioeconômicas?

**Q2,2** : Qual a situação(características) do sistema de ciclovias de uma cidade referência no transporte urbano via bicicleta?

**A2,1** : A bicicleta não é um meio de transporte alternativo para a cidade de Franca devido a situação inadequada do sistema de ciclovias do município.

**Q3\*** : Como funciona a bicicleta?

**Q3,1\*** : Como funciona e para que serve o sistema de marchas de uma bicicleta?

Fonte: do autor

Nessa conjectura, as delimitações do tema estão desenhadas e as questões elencadas serão o fomento de investigação para as tarefas desta situação didática.

No momento da aula introdutória, a ação do professor foi apenas introduzir estes questionamentos à turma, observar as reações dos estudantes e ouvir seus argumentos. O áudio desta aula foi gravado para posterior análise de resultados.

As questões elencadas na aula foram incorporadas em duas tarefas atribuídas aos alunos. A primeira consistiu em um questionário elaborado no Forms (Apêndice B), atribuído como tarefa na equipe do Teams (Imagem 1) com data de vencimento na mesma semana de realização da aula para que os alunos respondessem sem subsídio de pesquisa. Estas questões são revisitadas no fechamento da sequência didática e as respostas analisadas e comparadas. Com a primeira questão “Você acredita que a bicicleta seja um meio de transporte alternativo para a cidade de Franca?”, por exemplo, pretende-se investigar transformações na visão dos estudantes sobre o tema após a aplicação da sequência didática.

A tarefa 02 consistiu na pesquisa e produção em grupo de um podcast sobre o tema “mobilidade urbana”. Nas instruções da tarefa (Apendice C), foram indicados alguns questionamentos norteadores, dos quais alguns já constavam na tarefa 01, também elencados na Aula 01 de introdução ao tema. É o momento didático para que os alunos possam compartilhar em grupo suas experiências, dialogando agora com uma pesquisa sobre o tema. Como sugestão de material de referência, foi indicado o *nerdcast* “O futuro da mobilidade urbana” (Ottoni & Pazos, 2018). Na rubrica elaborada, foram indicados os critérios: exploração do tema; coerência; argumentação; indicação de referência; técnica, produção e edição (Apendice B).

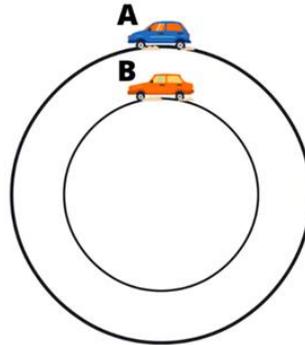
## **4.2 Levantamento de concepções prévias**

Para o levantamento das concepções prévias foi elaborado um questionário no Forms (APÊNCIDE D) que no primeiro momento deveria ser respondido individualmente e na sequência em pequenos grupos de 3 a 4 alunos.

A primeira pergunta colocava a seguinte situação: o que poderia ser dito sobre a velocidade de dois carros que descrevem trajetórias circulares concêntricas, como na Imagem 8, levando o mesmo tempo para completarem uma volta, ou seja, saindo e chegando simultaneamente? Entre três alternativas, o aluno poderia reivindicar maior velocidade do carro

A, do carro B ou que ambos tinham a mesma velocidade. Posteriormente, foi solicitada uma justificativa para a declaração escolhida.

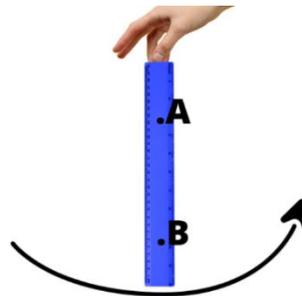
Imagem 8 - Situação ilustrada na primeira pergunta do questionário.



Fonte: O Autor.

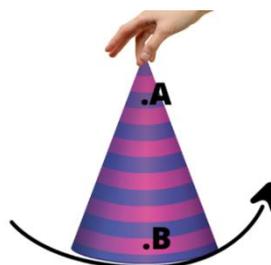
Da mesma forma, nas perguntas seguintes, o aluno precisou comparar velocidades de dois pontos localizados distintamente ao longo de uma régua que oscila quando segurada por uma extremidade e de um cone que gira, Figuras 9 e 10, respectivamente.

Imagem 9 - Situação ilustrada na segunda pergunta do questionário.



Fonte: O Autor.

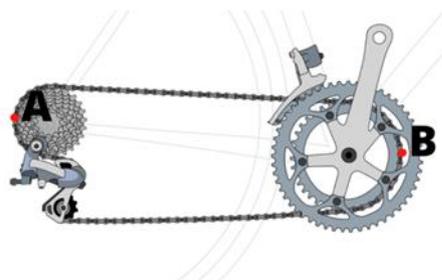
Imagem 10 - Situação ilustrada na terceira pergunta do questionário.



Fonte: O Autor.

Intencionalmente, não é especificado o tipo de velocidade referida nas questões. Na quarta e última pergunta do questionário, apresentamos uma situação de transmissão de movimento em um sistema de catraca e coroa de uma bicicleta (Imagem 11). Aqui há uma inversão, pois, diferentemente das situações anteriores, agora a velocidade linear é conservada enquanto a velocidade angular varia.

Imagem 11 - Situação ilustrada na quarta pergunta do questionário.



Fonte: O Autor.

Estas situações, na sequência, foram usadas na aula como situações adidáticas. Como o conceito de velocidade linear já havia sido trabalhado anteriormente no estudo dos movimentos retilíneos, esperava-se um conflito para as situações que envolviam a simultaneidade de movimentos e, em algum momento, emergiria a necessidade de um outro conceito para diferenciar as situações, o conceito de velocidade angular. O objetivo subsequente e complementar deste levantamento seria desencadear, após a discussão das mesmas em pequenos grupos e com a classe toda, a institucionalização do conceito de velocidade angular a partir das situações abordadas. A análise *a priori* é mostrada no Quadro 2.

Quadro 2 - As cinco fases da situação didática de levantamento de concepções prévias.

Fases	Papel do professor	Papel do aluno	Milieu
<b>Devolução</b>	Introduzir, explicar os problemas	Acessar o <i>milieu</i> , tentar assumir o problema	Questões organizadas no <i>Microsoft Forms</i>
<b>Ação</b>	Observar e refletir	Agir e refletir	Questões sendo exploradas
<b>Formulação</b>	Organizar, retomar as questões, se necessário.	Formular, o mais especificamente possível	Discussão aberta
<b>Validação</b>	Ouvir e avaliar, se necessário, comparando respostas de diferentes grupos.	Argumentar, tentar acompanhar o argumento de outros.	Discussão guiada

<b>Institucionalização</b>	Apresentar e explicar a definição de velocidade angular.	Ouvir, refletir e associar.	Conhecimento institucionalizado.
----------------------------	--	-----------------------------	----------------------------------

Fonte: O Autor.

Apesar de sabermos que a TAD transcende a teoria de situações didáticas (TDS), encontramos nessa uma ferramenta profícua para planejar interações em sala de aula. Como citado, o questionário foi aplicado inicialmente para resolução individual, seguido de um momento para discussão em grupos de quatro estudantes, compreendendo duas aulas. Nas duas aulas seguintes, as situações didáticas foram retomadas para o momento da institucionalização pretendida. Foi explicado para os estudantes que não eram esperadas respostas “certas” pois, em todas as situações analisadas ocorria uma grandeza que se conservava enquanto outra variava em relação à comparação do movimento dos dois corpos ou pontos indicados. Esta constatação foi construída com a inserção do modelo científico padrão na fase de institucionalização, na definição de velocidade angular e distinção desta com a velocidade linear, a partir do conflito cognitivo induzido na fase anterior de levantamento das concepções prévias (Imagem 12).

Imagem 12 - Tela de exibição da página na Biblioteca de Conteúdo da turma no Onenote contendo a lousa da aula de definição de velocidade angular.

The screenshot shows a OneNote page with the following content:

- Handwritten notes:**
  - Velocidade angular ( $\omega$ ) [ $\text{rad/s}$ ]
  - período ( $T$ ) (s)
  - frequência ( $f$ ) ( $\text{Hz}$ )
  - Formulas:  $f = \frac{1}{T}$ ,  $\omega = 2\pi \cdot f$ ,  $v = \omega \cdot R$ ,  $a_{cp} = \frac{v^2}{R}$
  - Derivatives:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ,  $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ ,  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ,  $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
  - Diagram of circular motion with radius  $R$ , angular velocity  $\omega$ , linear velocity  $v$ , and centripetal acceleration  $a_{cp}$ .
  - Newton's second law:  $F = m \cdot a$  (Cause) and  $F_{cp} = m \cdot a_{cp}$  (Effect).
  - A cloud-shaped note says "20 alunos".
- Definitions:**
  - ( $\omega$ ) Velocidade angular:** é o deslocamento angular por unidade de tempo. Medido em raios por segundo ( $\text{rad/s}$ )
  - ( $T$ ) Período:** é o tempo de duração de uma volta completa (ciclo). Medido em segundos (s).
  - ( $f$ ) Frequência:** é o número de ciclos (repetições, voltas) por unidade de tempo. Medido em ciclos por segundo ( $\text{s}^{-1}$ ) = (Hz)
- Table:**

Velocidade angular (rad/s)	Período (s)	Frequência (Hz)
$2\pi$	1	1
$\pi$	2	$\frac{1}{2}$ 0,5
$2\pi/5$ ou $0,4\pi$	5	$\frac{1}{5}$ 0,2
$6\pi$	$0,33\frac{1}{3}$	3
$3\pi/2$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{4}$

Fonte: O Autor.

Portanto, inseridos neste modelo científico padrão, os estudantes puderam reavaliar as situações propostas no questionário sob esta perspectiva e perceber que era necessário definir a grandeza, linear ou angular, para que fosse possível comparar e concluir qual corpo ou ponto possuía maior velocidade.

### 4.3 Resumo e lista de exercícios sobre movimento circular

Seguindo o processo de institucionalização do conceito de velocidade angular e demais conceitos do movimento circular, a situação didática seguinte consistiu na atribuição de uma tarefa de resumo de material texto e resolução de lista de exercícios (Apêndice E). O quadro 3 apresenta a análise praxeológica dos exercícios propostos.

Quadro 3 - Análise praxeológica dos exercícios

Exercício	Bloco prático-técnico ( <i>práxis</i> )		Bloco teórico-tecnológico ( <i>logos</i> )	
	Tarefa (T)	Técnica ( $\tau$ )	Tecnologia ( $\theta$ )	Teoria ( $\Theta$ )
1	Comparar os conceitos de aceleração enunciados nas alternativas com os conceitos científicos institucionalizados.	Identificar as direções devidas dos vetores aceleração nas situações enunciadas.	Distinguir os conceitos de aceleração tangencial e aceleração centrípeta.	Movimento Circular
2	Comparar o movimento dos ciclistas conforme ilustrado na imagem.	Mobilizar as definições de velocidade linear e angular, aceleração tangencial e centrípeta, massa e força centrípeta.	Compreender os conceitos fundamentais do movimento e distinguir as grandezas lineares e angulares.	Movimento Circular
3	Estimar uma velocidade angular coerente com a situação ilustrada, calcular aceleração centrípeta e esboçar o gráfico desta	Mobilizar a experiência cotidiana e relacioná-la aos conceitos científicos institucionalizados do movimento circular.	Compreender os conceitos fundamentais do movimento circular.	Movimento Circular

	aceleração em função do tempo.			
4	Analisar as afirmações a partir da situação descrita.	Mobilizar os conceitos de frequência e período, velocidade angular e linear e sua relação com o raio da trajetória.	Compreender os conceitos de frequência, período, velocidade angular e linear e sua relação com o raio da trajetória.	Movimento Circular.
5	Analisar as ilustrações e identificar a alternativa que identifica e justifica a montagem com menor velocidade linear da serra.	Mobilizar os conceitos de frequência, velocidade angular e linear e sua relação com o raio da trajetória.	Compreender os conceitos de frequência, velocidade angular e linear e sua relação com o raio da trajetória.	Movimento Circular.
6	Calcular o alcance da bola em lançamento oblíquo a partir da situação de movimento circular uniforme ilustrada.	Calcular a velocidade tangencial de lançamento da bola para poder calcular o alcance.	Compreender os conceitos fundamentais do movimento.	Cinemática e Movimento Circular.
7	Calcular a velocidade resultante do bote em relação à água do rio a partir da situação ilustrada.	Somar vetorialmente os vetores ortogonais que compõem o vetor resultante de velocidade do bote.	Soma vetorial.	Álgebra vetorial.

Fonte: O Autor.

Conforme indicado no desing instrucional ilustrado na Imagem 1, foram produzidos vídeos de resolução detalhada destes exercícios, sendo estes vídeos carregados em um canal de resolução de exercícios de física do professor no Microsoft Stream. Os links gerados de acesso à cada vídeo foram colados de modo embutido (*embed<sup>5</sup>*) ao lado da respectiva imagem do exercício na página dos exercícios no Onenote (Imagem 13).

---

<sup>5</sup> É possível incorporar uma ampla variedade de conteúdo de outras fontes no OneNote — como



Quadro 4: Etapas da tarefa 06 - Transmissão de Movimento - do pilar de investigação da sequência didática.

Etapas	Atividade
1	Investigar o problema de transmissão de movimento indicado e propor soluções
2	Projetar as engrenagens do sistema de transmissão proposto como solução pelo grupo
3	Confeccionar as engrenagens e montar o sistema de transmissão
4	Registrar a investigação e desenvolvimento do trabalho

Na etapa 1, cada grupo deveria investigar uma situação problema exclusiva, adaptada pelo professor de exercícios retirados de provas antigas da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) e vestibulares. Nesta etapa, as aulas já foram realizadas no Fablab (Imagem 14).

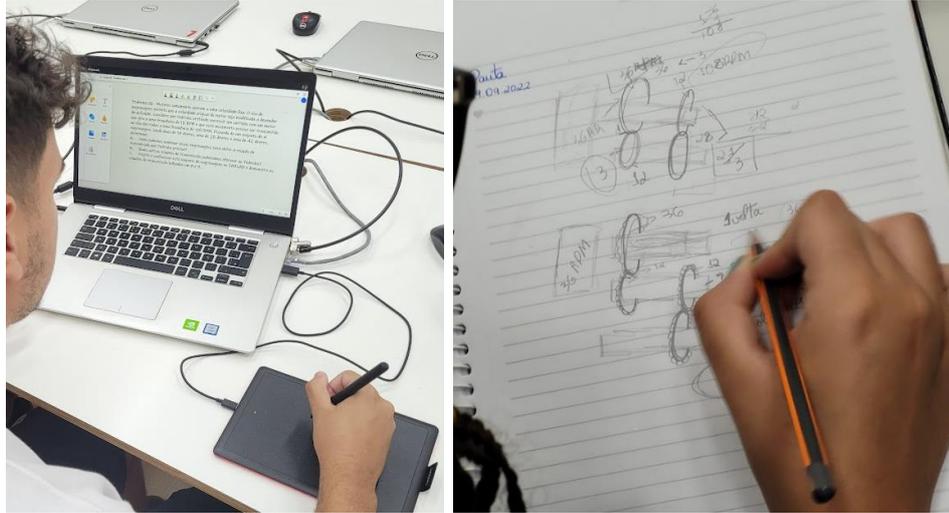
Imagem 14 - Etapa de investigação do problema no Fablab



Fonte: O Autor.

Os alunos deveriam esboçar sistemas de transmissão, no Whiteboard e no caderno (Imagem 15), com diferentes combinações de engrenagens que fossem propostas de soluções ao problema investigado.

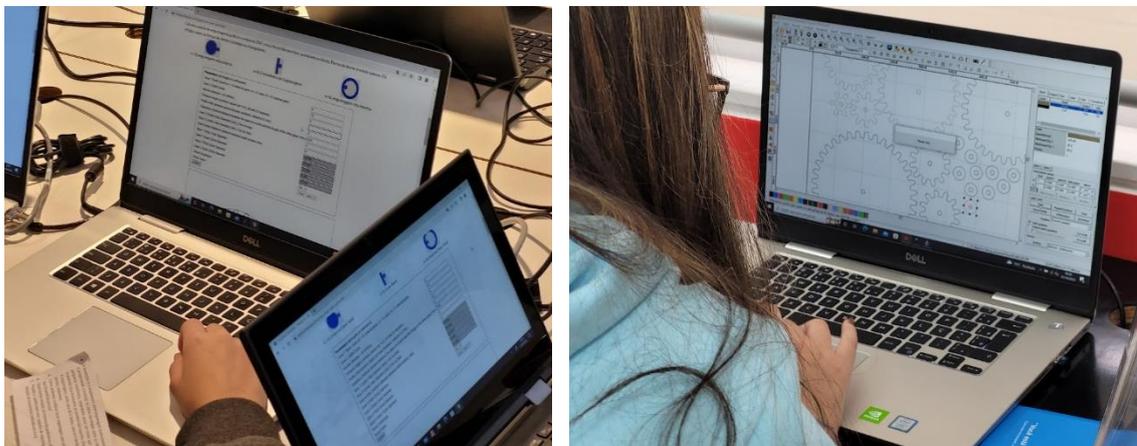
Imagem 15 - Esboço do sistema de transmissão no Whiteboard e no caderno



Fonte: O Autor.

Na etapa 2, as engrenagens esboçadas deveriam ser projetadas no Gear Generator, um aplicativo online de edição e simulação de engrenagens que exporta os projetos em formato \*SVG, adequados para impressões 3D e corte a laser (Brasil Acadêmico, 2015). Na sequência, antes de serem carregados na cortadora, os desenhos exportados em formato \*SVG precisariam ser ajustados no Inkscape (Imagem 16), um software livre para editoração eletrônica de imagens e documentos vetoriais (Wikipédia, 2022).

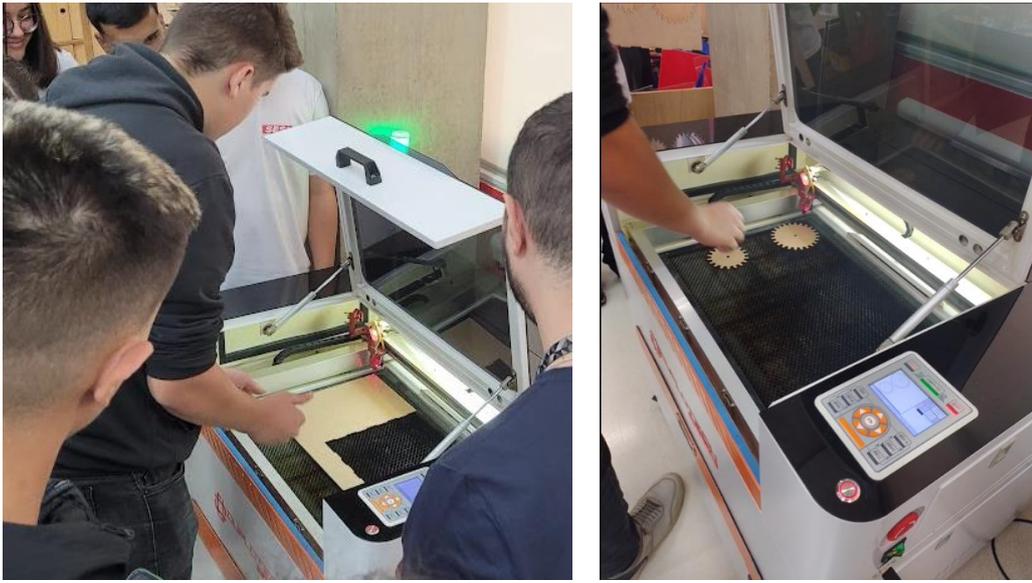
Imagem 16 - Definição dos parâmetros das engrenagens no Gear Generator e ajuste do desenho no Inkscape, respectivamente.



Fonte: O Autor.

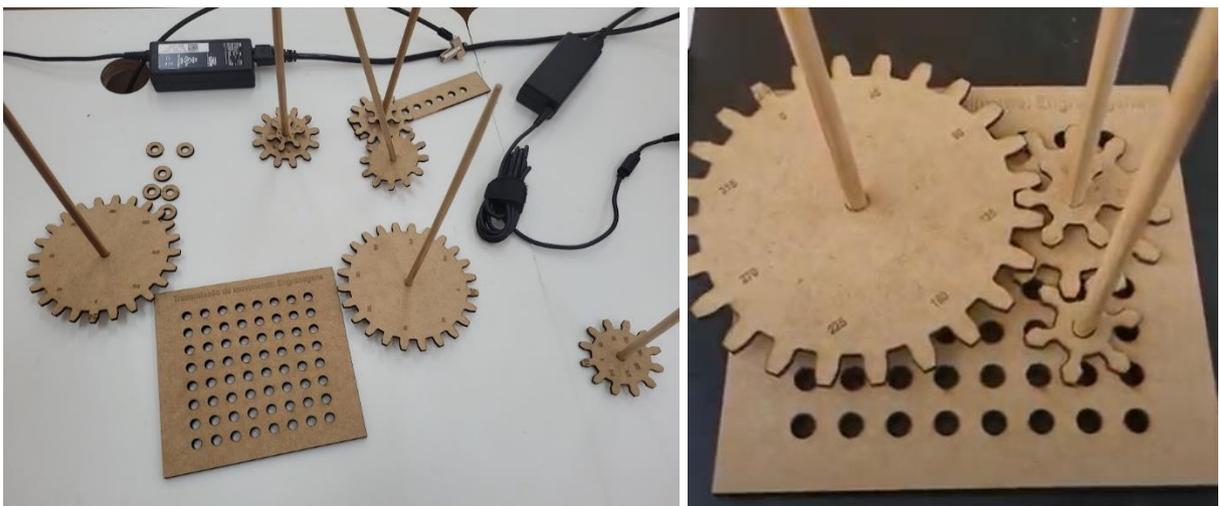
Com os desenhos vetoriais prontos, na etapa 3 os grupos deveriam cortar as engrenagens na máquina de corte a laser (Imagem 17) e realizar a montagem projetada nos kits disponibilizados (Imagem 18).

Imagem 17 - Corte das engrenagens em MDF na máquina de corte a laser



Fonte: Adaptado pelo Autor.

Imagem 18 - Montagem do sistema de transmissão no kit

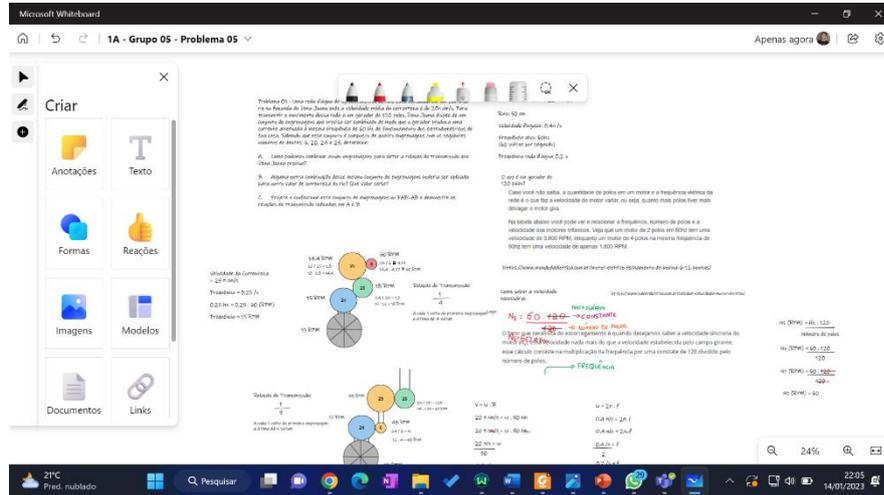


Fonte: Adaptado pelo Autor.

Ao longo do trabalho, conforme instruído na tarefa (Apêndice F), os grupos deveriam registrar toda a investigação e desenvolvimento do projeto com anotações no Whiteboard anexo

(Imagem 19). Além disso, os registros, com fotos e vídeos, deveriam ser compilados em um vídeo a ser entregue como produto final.

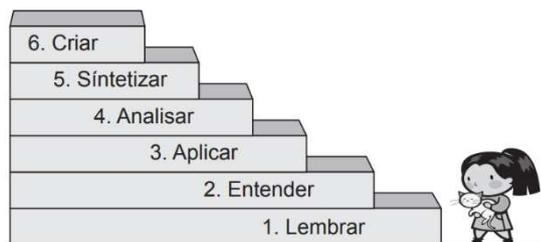
Imagem 19 - Tela de um Whiteboard usado como quadro de anotações de desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Adaptado pelo Autor.

Para a avaliação desta tarefa em todas as suas etapas, foi desenvolvida uma rubrica específica constante na lista de critérios de avaliação do Teams como “Atividade Investigativa no Fablab” (Apêndice F). Para essa rubrica, adotou-se como referência de elaboração a Taxonomia de Bloom em sua estrutura revisada, conforme proposta por Anderson (1999). O intuito foi estruturar melhor os objetivos educacionais da tarefa e como consequência auxiliar no planejamento e adequação das estratégias e tecnologias educacionais. Na elaboração da rubrica, foram evidenciadas as dimensões do processo cognitivo conforme categoriza a teoria (Imagem 20).

Imagem 20 - Categorização atual da Taxonomia de Bloom proposta por Anderson.



Fonte: (Ferraz & Belhot, 2010)

#### 4.5 Movimento Circular e a Arte

No estudo piloto realizado em 2021, para esta situação didática propusemos uma atividade de visita a uma exposição virtual em comemoração aos 500 anos de Leonardo da Vinci realizada pelo Museu da Imagem e do Som do Estado de São Paulo (MIS), Brasil. A exposição foi considerada a investigação mais completa e detalhada da obra de Leonardo da Vinci em todo o mundo e contou com 18 áreas temáticas que mostraram a trajetória do grande gênio renascentista (MIS, 2021). Com experiências em realidade aumentada, foi possível percorrer todas as áreas de exposição de forma imersiva e explorar as obras em detalhes. A atividade proposta no estudo piloto foi explorar no trabalho de Da Vinci as invenções que apresentavam mecanismos de movimento angular, mais especificamente a bicicleta e o parafuso aéreo, precursor do helicóptero. A atividade teve como objetivo complementar o estabelecimento de relações entre o movimento circular e a Arte. Nos textos de ajuda da exposição, os alunos puderam explorar o mistério sobre a autoria do projeto da bicicleta, falsamente atribuído a Da Vinci. Investigações forenses indicam que o projeto foi cuidadosamente implementado por algum explorador que entrou em contato com suas anotações alguns séculos após sua morte. Os alunos foram convidados a analisar e refletir sobre as evidências apresentadas que sustentam essa história. Elementos comparativos aos objetos reais (bicicleta e helicóptero) foram estabelecidos pelo professor na fase de institucionalização. O Quadro 5 mostra o tour virtual organizado de acordo com as fases do TSD.

Quadro 5 - As cinco fases da situação didática Movimento Circular e Arte desenvolvida no estudo piloto em 2021

<b>Fases</b>	<b>Papel do professor</b>	<b>Papel do aluno</b>	<b>Milieu</b>
<b>Devolução</b>	Introduzir, mão sobre o <i>milieu</i> focando nos artefatos especiais de interesse	Acessar a exposição e tentar assumir um problema	Exposição virtual do MIS
<b>Ação</b>	Observar e refletir	Visitar e refletir	Exposição virtual e artefatos
<b>Formulação</b>	Organizar e retomar os questionamentos, se necessário	Formular o mais especificamente possível	Discussão aberta
<b>Validação</b>	Ouvir e avaliar, se necessário	Argumentar e tentar acompanhar os argumentos de outros	Discussão guiada

<b>Institucionalização</b>	Comparar artefatos com a bicicleta e o helicóptero	Ouvir e refletir	Conhecimento institucionalizado
----------------------------	--	------------------	---------------------------------

Fonte: do Autor.

Em 2022, no período de realização do estudo final, a exposição virtual não estava mais disponível e por isso a situação didática desenvolvida no estudo piloto precisou ser adaptada. Ao invés do tour em realidade aumentada, foi apresentado aos alunos um documentário em vídeo sobre o Leonardo Da Vinci, produzido pelo programa Matéria de Capa da TV Cultura (2019). O programa foi exibido em novembro de 2019, marcando a estreia da exposição itinerante que seria reformulada virtualmente em 2021 em razão da pandemia.

O documentário foi exibido na sala de treinamento 1 da escola, que tem o formato de um pequeno teatro (Imagem 21).

Imagem 21 - Exibição do documentário sobre Leonardo da Vinci do programa Matéria de Capa da TV Cultura



Fonte: do Autor.

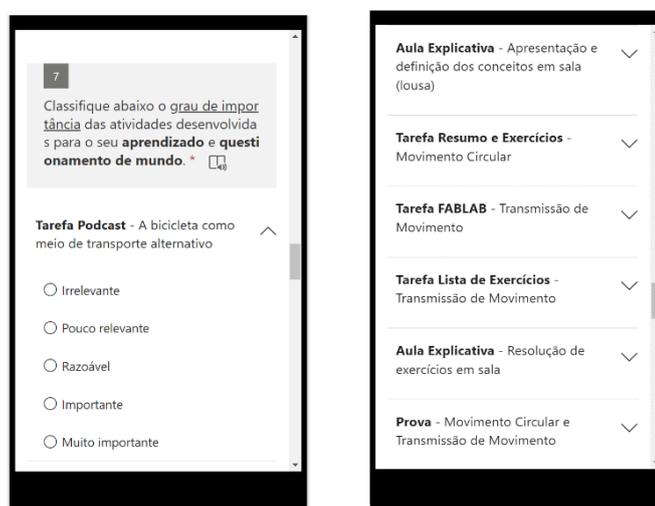
Como tarefa, foi atribuído um questionário no Forms (Apêndice G) com o intuito de explorar as associações que os alunos puderam estabelecer entre a Arte e o movimento circular.

#### **4.6 Fechamento da Sequência Didática**

Para o fechamento da sequência didática, no mesmo questionário proposto na tarefa sobre Movimento Circular e a Arte (Apêndice G), a partir da questão 4, foram apontadas algumas perguntas que buscaram apurar a assimilação do aluno quanto às condições de

mobilidade urbana no município e possíveis modificações de posição em comparação às percepções levantadas no início da sequência didática, antes do desenvolvimento das tarefas e institucionalização dos conceitos trabalhados. Neste mesmo questionário, em uma adaptação de escala *Likert*<sup>6</sup>, foi solicitado aos alunos a classificação do grau de importância quanto ao aprendizado e questionamento do mundo de todas as tarefas atribuídas na sequência didática (Imagem 22).

Imagem 22 – Exemplo de visualização no modo celular da questão 7 do formulário em que o aluno deve classificar cada tarefa quanto ao grau de importância para a sua aprendizagem e questionamento de mundo.



Fonte: adaptada pelo Autor.

Além disso, no mesmo modelo, na questão 6 (Apêndice G) foi solicitado aos alunos que classificassem o grau de importância de cada TDIC utilizada na sequência didática em relação ao desenvolvimento do plano de trabalho e de seu aprendizado (Imagem 23). As TDICs indicadas são: Microsoft Teams, Microsoft Onenote, Microsoft Stream, Phet Colorado, Geekie, Geogebra e Fablab.

---

<sup>6</sup> A escala Likert ou escala de Likert é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, e é a escala mais usada em pesquisas de opinião. Ao responderem a um questionário baseado nesta escala, os perguntados especificam seu nível de concordância com uma afirmação. Esta escala tem seu nome devido à publicação de um relatório explicando seu uso por Rensis Likert (Wikipédia, 2021).

Imagem 23 - Exemplo de visualização no modo computador da questão 9 do formulário em que o aluno deve classificar as TDIC quanto ao grau de importância no desenvolvimento do plano de trabalho e de sua aprendizagem.

9

Classifique abaixo a importância das tecnologias educacionais digitais para o desenvolvimento do plano de trabalho didático da disciplina e o seu aprendizado. \*

	irrelevante	pouco relevante	razoável	importante	muito importante
<b>Microsoft Teams</b> - atribuição de tarefas, feedback de notas, postagens de recados e chats.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<b>Microsoft Onenote</b> - caderno digital com biblioteca do conteúdo da disciplina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Microsoft Stream</b> - vídeos de resolução detalhada dos exercícios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

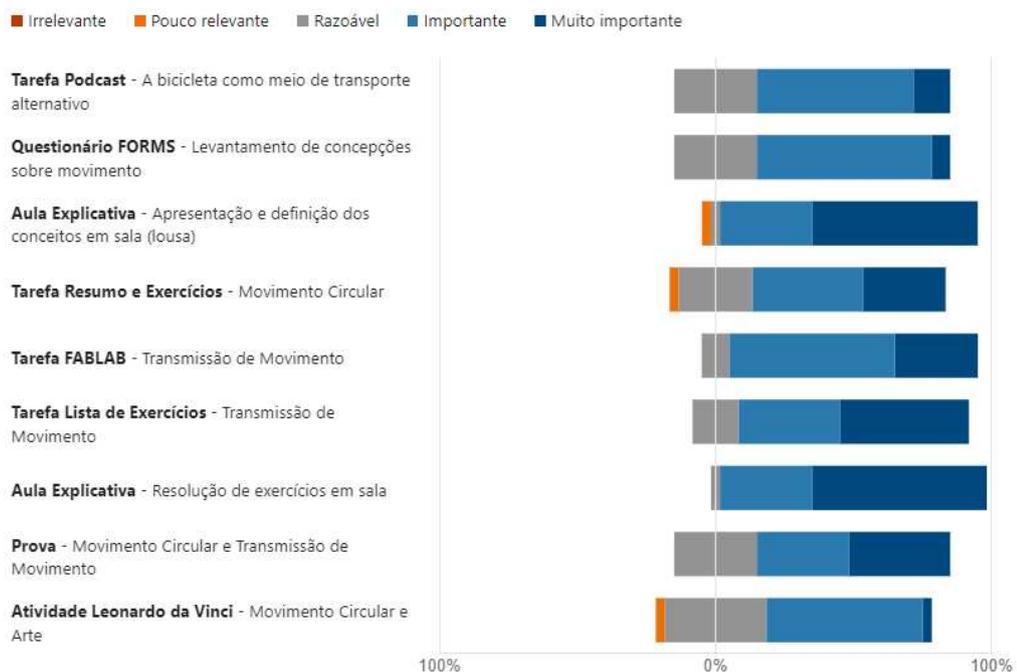
Fonte: adaptada pelo Autor.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como explicado nos capítulos anteriores, esta sequência didática, produto deste trabalho de pesquisa, tem como referencial teórico a Teoria Antropológica do Didático. Chevallard preconiza, como ruptura epistemológica fundamental à visão didática clássica, que os conhecimentos matemáticos (científicos) só podem ser compreendidos e aprendidos por meio de atividades e problemas que podem ser resolvidos pela mobilização desses conhecimentos. Por isso, no *desing instrucional* (Imagem 01) desenvolvido, o centro da problematização didática foi a elaboração das tarefas que configurariam as situações didáticas em que os alunos mobilizariam os conhecimentos sobre movimento circular e questionariam o mundo em que vivem. O exercício dessa transposição didática é evidenciado não só no *desing instrucional* da sequência didática, mas também nas instruções indicadas em cada tarefa atribuída aos alunos, bem como em cada rubrica elaborada como critérios de avaliação. Essas informações, conferíveis aqui nos apêndices e disponíveis aos alunos de forma explícita e organizada através das TDIC no caso o Microsoft Teams como ambiente virtual de aprendizagem, enriquecem o contrato didático ao esclarecer o que se propõe e o que se espera dos alunos em cada tarefa.

No formulário aplicado ao final da sequência didática através do Forms para coletar dados de *feedback* dos alunos quanto à percepção de importância em relação a cada tarefa atribuída, foi possível observar que nenhuma tarefa foi percebida como irrelevante.

Imagem 24: Classificação dos alunos quanto ao grau de importância de cada tarefa atribuída na sequência didática.



Fonte: adaptada pelo Autor.

## 5.1 O estudo piloto

Antes de discutir os resultados do estudo final compreendendo cada pilar da sequência didática, com a análise de cada tarefa e demais momentos didáticos, é importante discutir alguns resultados do estudo piloto realizado em 2021, principalmente nos aspectos que inspiraram as modificações implementadas no estudo final.

No primeiro semestre de 2021, quando já havíamos pretendido a Teoria Antropológica do Didático como referencial teórico a embasar nosso trabalho, decidimos desenvolver uma sequência didática sobre movimento circular após perpassar, nesta sequência, por outros assuntos como a radiação de corpo negro, a catraca e lingueta de Feynman, o modelo atômico de Bohr e o efeito fotoelétrico.

Inspirados no trabalho de Dirceu (1990) de comparação entre os conceitos de velocidade linear e angular em situações cotidianas, elaboramos a situação didática de levantamento de concepções prévias, por onde iniciamos a sequência didática no estudo piloto, reaplicada nos mesmos moldes no estudo final. Esta situação didática, sua organização nas cinco fases conforme propõe Winslow (2017), o questionário como *milieu*, bem como a análise dos dados coletados com as respostas dos alunos resultaram em um artigo<sup>7</sup> publicado no livro da 7ª Conferência Internacional da Teoria Antropológica do Didático realizada em Barcelona.

No estudo piloto, os pilares de sustentação da sequência didática ainda não estavam definidos conforme Imagem 1, sendo que nem haviam sido esboçadas ainda as atividades de transmissão de movimento para serem desenvolvidas no Fablab. Além do mais, apesar das tecnologias educacionais já permearem o trabalho, ainda não o conformavam como em um desing instrucional.

A partir dos apontamentos realizados pela banca examinadora na qualificação, com a apresentação do estudo piloto, reavaliamos a importância das tecnologias educacionais no trabalho como fomentadoras de um desing instrucional e entendemos que o questionamento de mundo, paradigma central do nosso trabalho, como preconiza a TAD, deveria ser o ponto de partida na sequência didática. Por isso, aprimoramos com novas atividades este pilar que trata sobre a bicicleta como meio de transporte alternativo e demos início a sequência didática por ele.

---

<sup>7</sup> Teaching Circular Motion according Anthropological Theory of Didactics, A. Aparecido and D. Coimbra

## 5.2 A bicicleta como meio de transporte alternativo

Neste pilar de questionamento de mundo, dentro da sequência didática proposta (Imagem 01), na primeira tarefa atribuída, que foi o questionário no *Forms*, o principal resultado obtido foi descobrir que muitos alunos não sabiam apropriadamente o que era uma ciclovia ou uma ciclo faixa. Quando questionados sobre a existência de ciclovias na comunicação entre as proximidades de suas casas e a escola, apenas 63% dos estudantes responderam que não (Imagem 25).

Imagem 25: Resultado da pergunta 6 do questionário aplicado à turma A

6. Há ciclovias que comunicam as proximidades da sua casa com as proximidades da escola? (0 ponto)



Fonte: adaptada pelo Autor.

Este resultado é incoerente com o fato de não haver ciclovias nas proximidades da escola. Segundo Dal Sasso, Meireles e Ferreira (2019), em uma descrição realizada das ciclovias da cidade de Franca em um trabalho de pesquisa sobre gestão urbana, o município possuía apenas 3 ciclovias, totalizando apenas 10,31 km de extensão (Quadro 6).

Quadro 6: Ciclovias no município de Franca-SP.

Informações	Ciclovias Zona Oeste	Ciclovias Zona Norte	Ciclovias Zona Sul
Construção	2004-2006	2010 com expansão em 2018	2015
Extensão	5,54 km	3,37 km	1,4 km
Início	Distrito Industrial	Jardim Redentor	Jardim Aeroporto
Término	Bairro Estação	Parque Vicente Leporace	Jardim Três Colinas
Piso	Concreto com pintura em vermelho	Concreto, vermelho original, sem pintura na expansão	Concreto com pintura em vermelho
Sinalização	Placas	Placas	Não possui
Largura	2,50 m	2,50 m	2,50 m

Fonte: Dal Sasso, Meireles & Ferreira (2019)

Desprovidos do conhecimento apropriado sobre as condições básicas de viabilidade, a grande maioria dos alunos consideraram a bicicleta como um meio de transporte alternativo na cidade (Imagem 26). Essa percepção se altera significativamente ao longo da sequência didática, conforme verificado na atividade de fechamento, o que será discutido mais adiante.

Imagem 26: Resultado da pergunta 01 do questionário aplicado à turma A.

1. Você considera que a bicicleta seja um meio de transporte alternativo para a cidade de Franca? (0 ponto)

[Mais Detalhes](#)



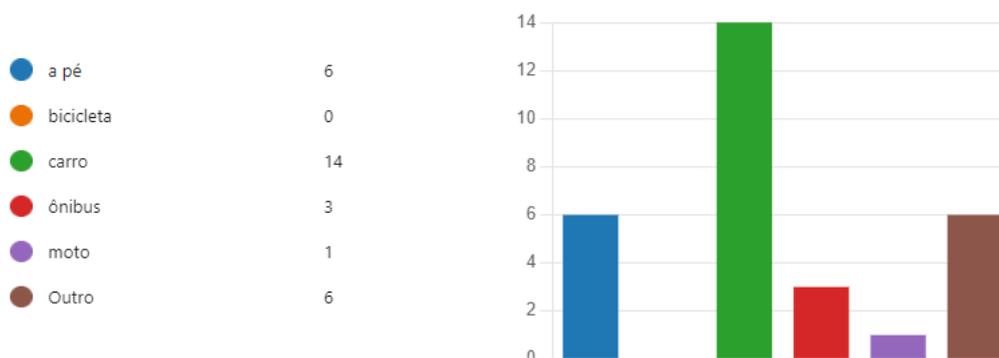
Fonte: adaptada pelo Autor.

Ainda no questionário, apesar da percepção inicial da bicicleta como um meio de transporte alternativo viável da cidade, os alunos não a indicaram como meio de transporte efetivamente usado no trajeto casa-escola, sendo o carro o meio preponderante (Imagem 27).

Imagem 27: Resultado da pergunta 02 do questionário aplicado à turma A.

2. Que meio de transporte você normalmente utiliza para se locomover no trajeto casa-escola? (0 ponto)

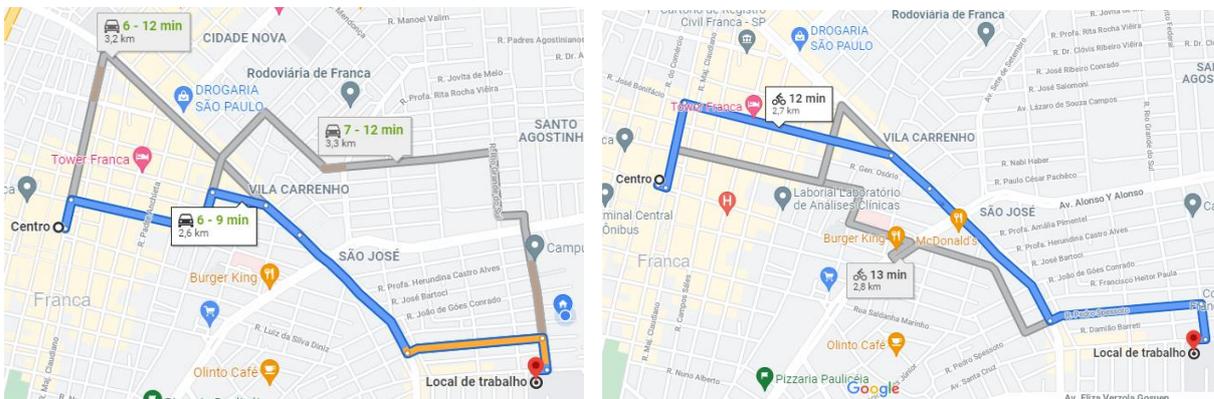
[Mais Detalhes](#)



Fonte: adaptada pelo Autor.

Conforme planejado no diagrama SRC (Imagem 7), na aula introdutória ao tema, foi realizada através do Google Maps uma comparação entre os tempos de trajeto centro-escola via carro e via bicicleta. Na comparação, levando em consideração o horário de entrada dos alunos, o aplicativo indicou pouco tempo de diferença, aproximadamente 4 minutos (Imagem 28).

Imagem 28: Resultados da pesquisa no Google Maps referente ao tempo de trajeto centro-escola, no horário de entrada dos alunos, via carro e via bicicleta, respectivamente.



Fonte: adaptada pelo Autor.

No questionário foi solicitado aos alunos que fizessem essa mesma comparação em relação às suas residências e, em média, a diferença aproximada é também de pouco tempo. Ou seja, esses dados indicam que há um trânsito intenso de carros no horário de entrada dos alunos, conforme é percebido no cotidiano, e que na perspectiva do tempo de trajeto a bicicleta poderia ser uma ótima alternativa ao meio de transporte predominante. Sendo assim, o que estava faltando para que os alunos adotassem a bicicleta?

Na tarefa 02 de elaboração do podcast, os alunos tiveram a oportunidade de refletir sobre a questão da mobilidade urbana no município e compartilhar suas experiências. O grupo 07 da turma A mencionou que a bicicleta não é muito utilizada na cidade como meio de transporte alternativo “não tenho bicicleta em casa, não tenho costume de andar e não é uma coisa que eu vejo muito” (trecho transcrito da Tarefa 02 – Podcast Mobilidade Urbana – Grupo 07 da Turma A). O grupo ainda fez observações sobre a segurança do trânsito no horário de chegada:

Eu faço meu trajeto de pé, então é uma coisa que eu percebi indo de pé todo dia pra escola é que muitas vezes as faixas de pedestres não são respeitadas né, tem aquela ali para passar para a calçada da escola né e o movimento ali de manhã é bastante, assim, é bem movimentado por causa que é o horário de entrada e é difícil às vezes o carro parar para a gente passar na faixa de pedestres, você tem que ficar bastante tempo ali esperando. (trecho transcrito da Tarefa 02 – Podcast Mobilidade Urbana – Grupo 07 da Turma A)

A impressão de insegurança no trânsito para o ciclista é recorrentemente observada pelos alunos. “A minha experiência em relação a bicicleta é que hoje em dia eu não tenho andado muito, mas antigamente andava bastante, porém devido ao perigo da bicicleta minha mãe não deixa eu andar mais. Ela falou que é muito perigoso.” (trecho transcrito da Tarefa 02 – Podcast Mobilidade Urbana – Grupo 07 da Turma A). O grupo ainda lembrou o grave acidente de bicicleta sofrido por um ex-aluno da escola (Imagem 29) (G1 Ribeirão e Franca, 2018).

Imagem 29: Notícia publicada no portal G1 sobre um grave acidente de bicicleta sofrido por um ex-aluno da escola.

globo.com g1 ge gshow globoplay ASSINE JÁ ENTRAR >

MENU **g1** RIBEIRÃO E FRANCA EPTV BUSCAR

## Atleta de base do Franca Basquete fica em estado grave após cair com bicicleta dentro de córrego

Mateus Serafim, de 16 anos, seguia por avenida, quando perdeu o controle e bateu em defesa. Polícia Civil instaurou inquérito para esclarecer as causas do acidente.

Por G1 Ribeirão e Franca  
17/01/2018 15h06 · Atualizado há 5 anos

Facebook Twitter WhatsApp Telegram LinkedIn Print

Fonte: G1 Ribeirão e Franca.

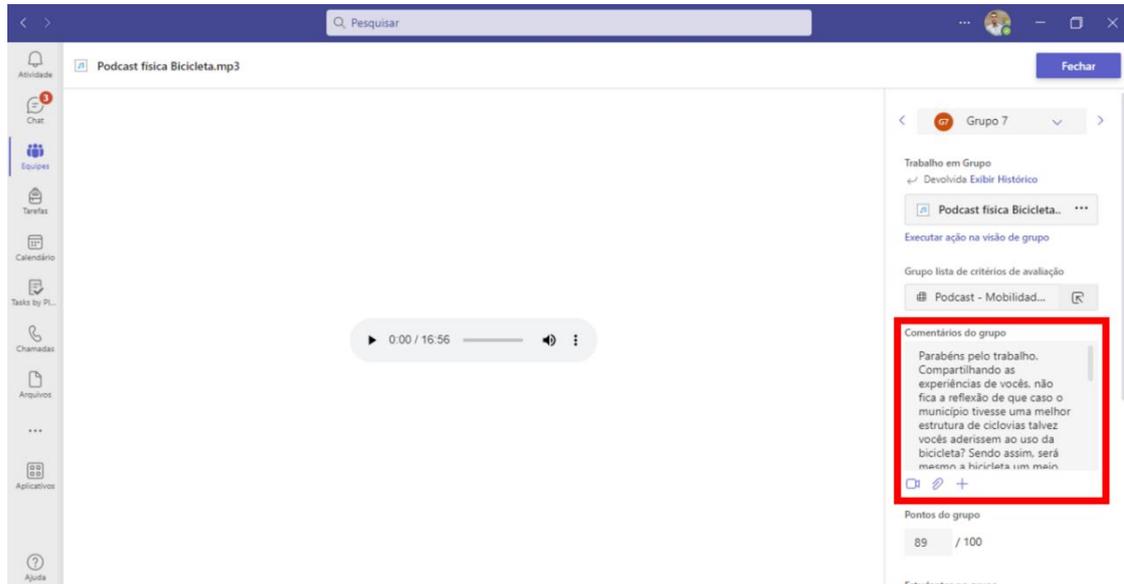
A pergunta central de questionamento do mundo – A bicicleta é um meio de transporte alternativo na cidade de Franca? – elencada no diagrama SRC (Imagem 7) e no questionário do Forms na tarefa 01 (Imagem 26) é ressignificada a medida que se avança na sequência didática proposta.

No Teams, além da correção das tarefas por meio de rubricas, como foi feito nas tarefas desta sequência didática, o professor tem a possibilidade de tecer comentários personalizados em espaço devido (Imagem 30). Diante das menções do grupo 7 aqui apresentadas, no intuito de promover a ressignificação da pergunta central de questionamento de mundo, o professor aproveitou para realizar o seguinte comentário:

Parabéns pelo trabalho. Compartilhando as experiências de vocês, não fica a reflexão de que caso o município tivesse uma melhor estrutura de ciclovias talvez vocês aderissem ao uso da bicicleta? Sendo assim, será mesmo a bicicleta um meio de transporte alternativo na cidade?

É importante entender que projetos de urbanização como a estruturação de ciclovias não são grandes desafios de engenharia e a possibilidade é concreta pois muitos municípios pelo mundo já passaram por essa transformação e os dados estão disponíveis para pesquisa. Portanto, a questão depende muito mais de iniciativa pública dentre as prioridades de um governo que, em nosso caso, é eleito pela população. (O autor)

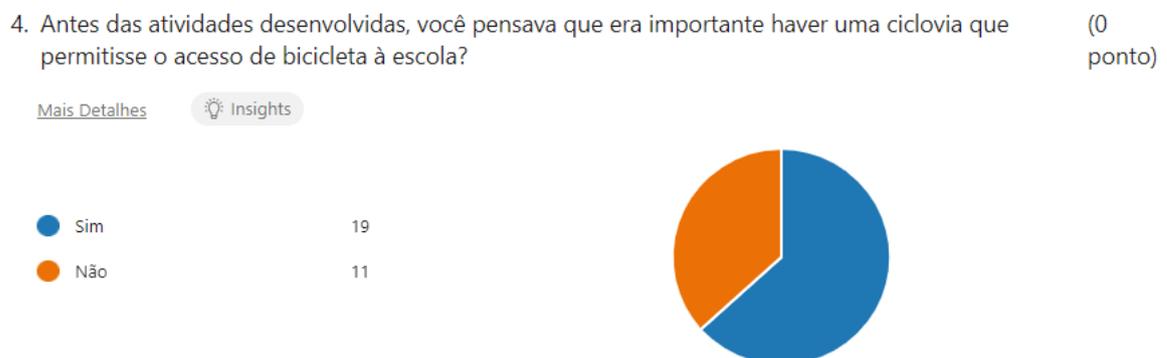
Imagem 30: Tela de correção de tarefas no Teams, com destaque em vermelho do espaço destinado a comentários do professor.



Fonte: adaptado pelo Autor.

Neste pilar de questionamento de mundo da sequência didática (Imagem 01), os alunos puderam constatar a carência de ciclovias no município de Franca e, diante de um olhar mais crítico sobre o tema mobilidade urbana, transformar sua concepção inicial sobre a viabilidade da bicicleta como transporte alternativo na cidade. No questionário aplicado no final da sequência didática, tarefa 09 (Imagem 01), 37 por cento dos alunos da turma A indicaram que inicialmente não consideravam importante a existência de ciclovias no acesso à escola (Imagem 31).

Imagem 31: Resultado da pergunta 4 do questionário da tarefa 09 da sequência didática.



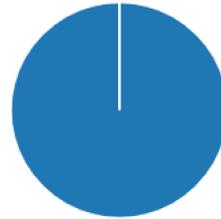
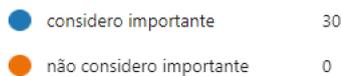
Fonte: adaptado pelo Autor.

Após o desenvolvimento da sequência didática esse número passou para 100 por cento da turma (Imagem 32).

Imagem 32: Resultado da pergunta 5 do questionário da tarefa 09 da sequência didática.

5. O que você pensa agora, após as atividades? (0 ponto)

[Mais Detalhes](#)



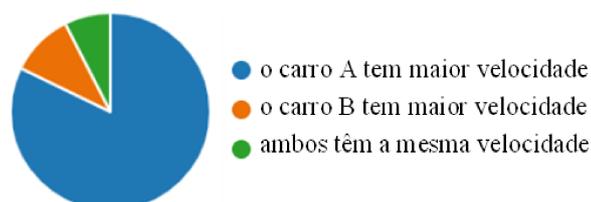
Fonte: adaptado pelo Autor.

### 5.3 Levantamento de concepções prévias

Desde o estudo piloto, a segunda situação didática (Quadro 1) apresentada nas tarefas 3 e 4 (Imagem 1) foi concebida com o intuito de sistematizar o conceito de velocidade angular em uma lacuna criada a partir de um conflito cognitivo induzido no decorrer das ilustrações apresentadas. Este conflito se deve a não distinção entre os conceitos de velocidade angular e linear. É importante enfatizar que o estudo do movimento circular tradicionalmente procede o estudo e sistematização das grandezas lineares em cinemática. Pensando nisso, a Aula 02 da sequência didática proposta (Imagem 1) dialoga com esta distinção já pavimentada.

Na primeira ilustração apresentada na primeira pergunta dos questionários (Imagem 8), verificamos que, como esperado, os estudantes entendem que o carro A possui maior velocidade que o carro B por descrever uma trajetória mais longa (Imagem 33): *"o diâmetro do carro A é maior do q do carro B, portanto para poder chegarem juntos o carro A teria q correr mais enquanto o B vai mais devagar"*.

Imagem 33: Gráfico das respostas indicadas pelos estudantes na primeira pergunta da tarefa 3.



Fonte: O Autor.

No entanto, como podemos observar na Imagem 34, esta percepção de uma diferença na extensão das trajetórias descritas pelos corpos ou pontos analisados não é tão evidente para os estudantes nas demais situações (Imagem 9): *“Quem move a régua é a mão que está fazendo um movimento com uma única velocidade”; “Pois é uma régua reta e rígida, os dois pontos possuem a mesma velocidade por ambos os lados serem iguais”*.

Imagem 34: Gráfico das respostas indicadas pelos estudantes na segunda pergunta da tarefa 3.



Fonte: O Autor.

Na quarta e última pergunta do questionário (Imagem 11), onde apresentamos uma situação de transmissão de movimento em um sistema de catraca e coroa de uma bicicleta, os dados coletados, alternativas escolhidas e justificativas apresentadas, indicaram que os estudantes compreenderam que havia algo a ser elucidado (Imagem 35): *“pois são dois pontos da mesma corrente, logo terão valores iguais”; “no pedalar a coroa vai mais devagar por ser maior e a catraca mais rápida por ser menor”*.

Imagem 35: Gráfico das respostas indicadas pelos estudantes na quarta pergunta da tarefa 3.



Fonte: O Autor.

Na Aula 02 (Imagem 1), sistematizamos que a relação e distinção entre as grandezas lineares e angulares se dá pelo raio da trajetória no movimento circular. Definimos na lousa os conceitos de deslocamento angular e velocidade angular, bem como o período e frequência do movimento, dialogando com os resultados das tarefas 3 e 4. As anotações em lousa

desenvolvidas na aula ficaram disponíveis para os alunos na Biblioteca de Conteúdo do Bloco de Anotações da turma no Onenote (Imagem 12).

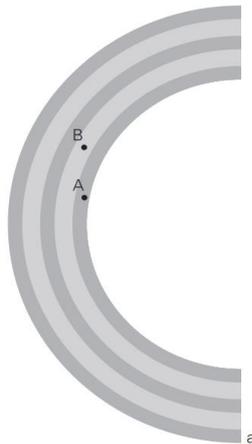
#### 5.4 Resumo e lista de exercícios sobre movimento circular

A tarefa 05 de resumo e resolução de exercícios sobre movimento circular consiste no pilar de institucionalização da sequência didática (Imagem 1). Esta situação didática foi concebida para que os alunos pudessem se apropriar de técnicas de resolução de exercícios sobre movimento circular (Quadro 1), institucionalizando os conceitos sistematizados na Aula 02.

No exercício 02 (Imagem 36), os alunos precisaram mobilizar as definições estabelecidas na Aula 02 para comparar o movimento dos dois atletas. Esta situação ilustrada no exercício é análoga à situação ilustrada na pergunta 01 do questionário de levantamento de concepções prévias (Imagem 08).

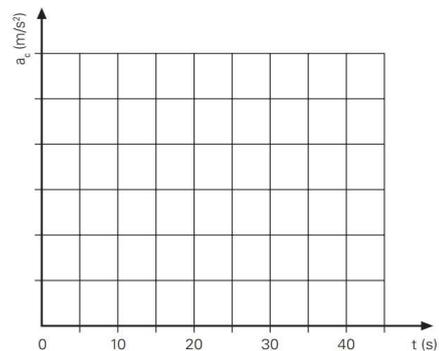
Imagem 36: Exercícios 2 e 3 da tarefa 05 da sequência didática.

**2** (UFSM-RS) A figura representa dois atletas numa corrida, percorrendo uma curva circular, cada um em uma raia. Eles desenvolvem velocidades lineares com módulos iguais e constantes, num referencial fixo no solo. Atendendo à informação dada, assinale a resposta correta.



- Em módulo, a aceleração centrípeta de A é maior do que a aceleração centrípeta de B.
- Em módulo, as velocidades angulares de A e B são iguais.
- A poderia acompanhar B se a velocidade angular de A fosse maior do que a de B, em módulo.
- Se as massas dos corredores são iguais, a força centrípeta sobre B é maior do que a força centrípeta sobre A, em módulo.
- Se A e B estivessem correndo na mesma raia, as forças centrípetas teriam módulos iguais, independentemente das massas.

**3** (Unicamp-SP – Adaptada) Várias leis da Física são facilmente verificadas em brinquedos encontrados em parques de diversões. Num carrossel, uma criança se mantém a uma distância  $r = 4,0$  m do centro do carrossel e gira com velocidade angular constante  $\omega_0$ . Baseado em sua experiência cotidiana, estime o valor de  $\omega_0$  para o carrossel e, a partir dele, calcule o módulo da aceleração centrípeta  $a_c$  da criança nos instantes  $t = 10$  s,  $t = 20$  s,  $t = 30$  s e  $t = 40$  s. Em seguida, esboce o comportamento de  $a_c$  em função do tempo no gráfico abaixo, marcando claramente com um ponto os valores de  $a_c$  para cada um dos instantes acima. Considere que  $\pi = 3$  e que, para  $t = 0$ , o carrossel já se encontra em movimento.



Fonte: Adaptado pelo Autor.

Já o exercício 03 (Imagem 36) apresenta uma questão semiaberta pois para calcular o valor da aceleração centrípeta e esboçar o gráfico, os alunos precisaram, primeiramente, estimar um valor de velocidade angular  $\omega_0$  para o carrossel. Importante notar se o valor estimado pelos alunos seria coerente, nem muito rápido, nem muito devagar para um carrossel.

No desenho instrucional da sequência didática, a produção e disponibilização dos vídeos de resolução detalhada dos exercícios no aplicativo Stream, da Microsoft, tem um papel fundamental na apropriação dessas técnicas de resolução. Os vídeos não foram disponibilizados somente após o vencimento da tarefa, mas sim gradualmente, no prazo, à medida que os alunos indicavam dúvidas durante as aulas ou por mensagens no *chat* do Teams. A orientação era que eles tentassem resolver, primeiramente, sem auxílio do vídeo. Mas, a medida que tivessem muita dificuldade em avançar na resolução, que consultassem os vídeos com atenção.

Uma integração digital muito produtiva é a possibilidade de embutir os vídeos do Stream diretamente na página do Onenote. No desenho instrucional do caderno digital, os exercícios da tarefa foram disponibilizados em uma página específica na Biblioteca de Conteúdo, com a caixa de reprodução do vídeo de resolução embutido logo ao lado da figura de cada respectivo exercício (Imagem 37).

Imagem 37: Tela da página dos exercícios na Biblioteca de Conteúdo no Onenote, mostrando as caixas de reprodução dos vídeos de resolução embutidas ao lado de cada respectivo exercício.

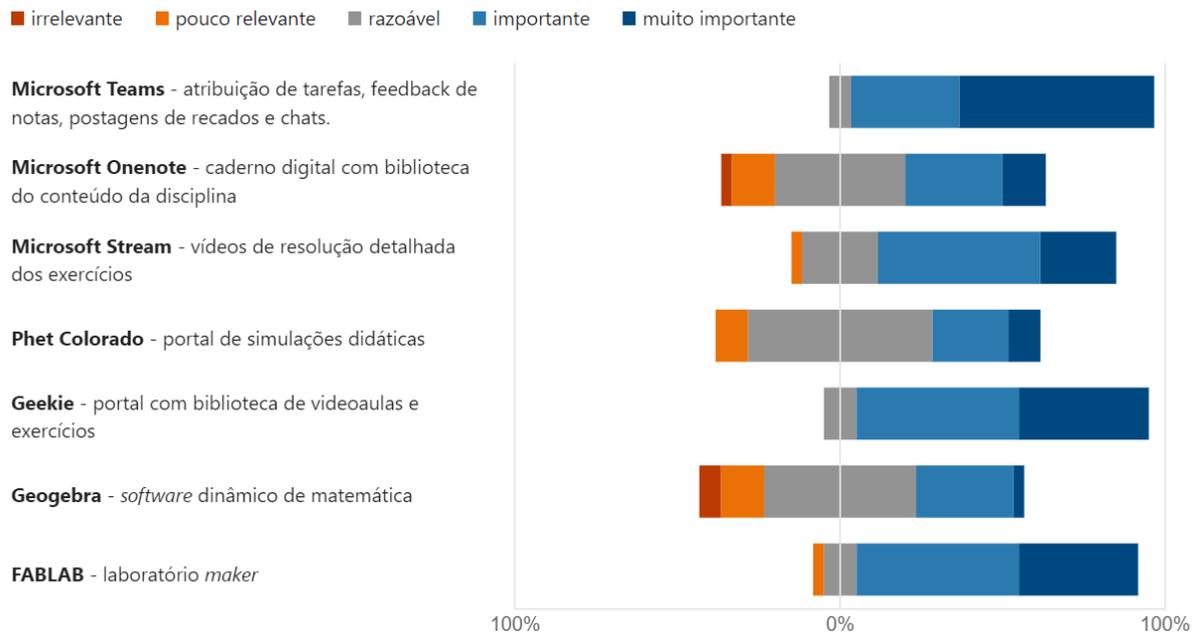
The screenshot displays the OneNote interface with a page titled "Biblioteca de Conteúdo > Movimento Circular". The page content includes:

- Exercícios Movimento Circular**: A section header with a date "sexta-feira, 30 de novembro de 2023".
- Exercício 1**: A text box explaining that a change in the velocity vector indicates acceleration. It asks to identify tangential and centripetal acceleration. Below the text are four multiple-choice options (a, b, c, d) regarding tangential and centripetal acceleration. To the right of the text is an embedded video player titled "Movimento Circular PROB 01" showing a diagram of a circular path with velocity and acceleration vectors.
- Exercício 2**: A text box asking to identify the type of motion for two objects on a circular track. Below the text is a diagram of a circular track with two objects. To the right is another embedded video player titled "Movimento Circular PROB 02" showing a similar diagram with the equation  $\omega_2 > \omega_1$ .

Fonte: Adaptado pelo Autor.

De acordo com o que os alunos indicaram na pesquisa de fechamento (tarefa 09), a disponibilização dos vídeos de resolução detalhada dos exercícios no Stream foi de suma importância para a aprendizagem e desenvolvimento da sequência didática (Imagem 38).

Imagem 38: Classificação realizada pelos alunos quanto ao grau de importância das TDICs e Fablab no seu aprendizado e no desenvolvimento da sequência didática.



Fonte: Adaptado pelo Autor.

Vale enfatizar referente ao uso das TICs nesta sequência didática que o modo de visualização presente no Teams para a correção das tarefas através das rubricas e comentários personalizados é muito prático e economizou muito tempo durante as aulas (Imagem 39).

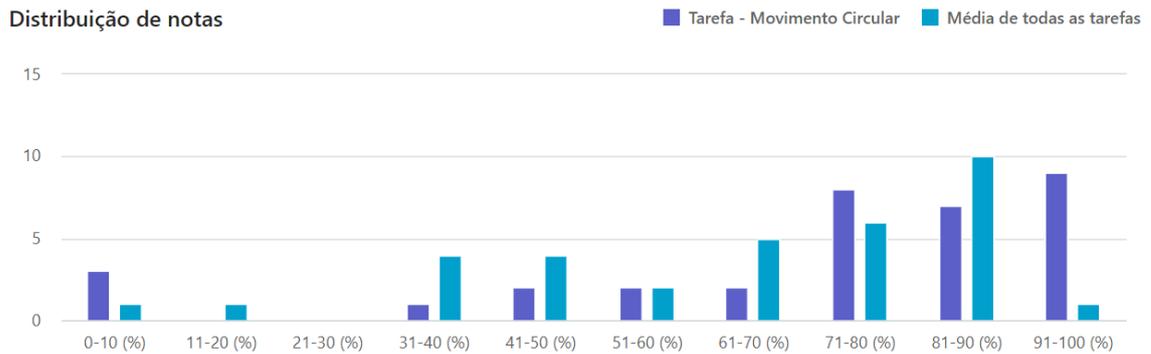
Imagem 39: Tela do Teams de visualização de tarefa dos alunos de resolução de exercícios.



Fonte: Adaptado pelo Autor.

Após as correções, no *dashboard* da ferramenta Insights do Teams, foi possível analisar como o desempenho dos alunos na tarefa foi distribuído entre as faixas de notas e comparar este resultado com a distribuição média de todas as tarefas (Imagem 40).

Imagem 40: Gráfico de distribuição de desempenho em faixas de notas para a tarefa 05 de Movimento Circular, disponível no *dashboard* da ferramenta Insights do Microsoft Teams.

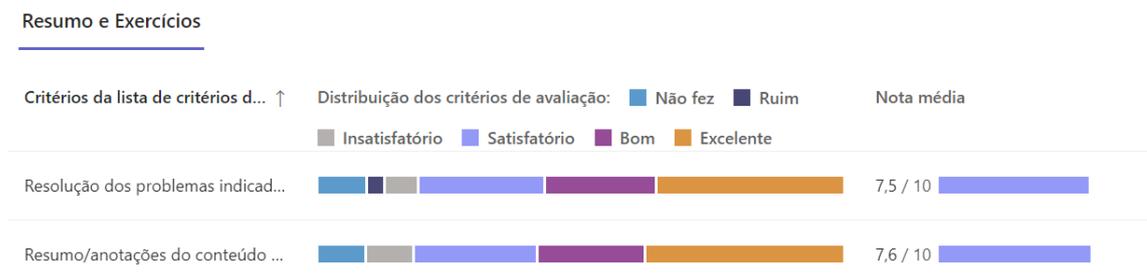


Fonte: Adaptado pelo Autor.

No mesmo *dashboard* também foi possível analisar como o desempenho dos alunos estava distribuído na classificação dentro dos critérios de avaliação determinados na rubrica da tarefa (Imagem 41).

Imagem 41: Painel de visualização disponível na ferramenta Insights do Teams sobre a distribuição do desempenho dos alunos em relação à classificação dentro dos critérios de avaliação determinados na rubrica da tarefa 05 de Movimento Circular.

#### Listas de critérios de avaliações - Resumo e Exercícios



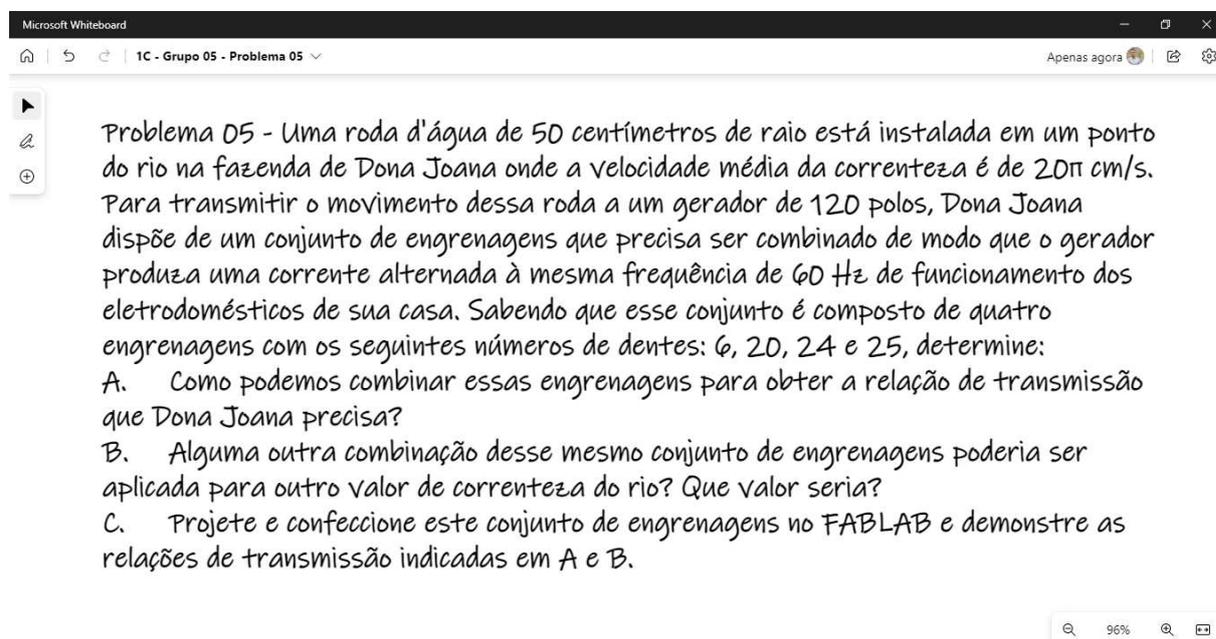
Fonte: Adaptado pelo Autor.

## 5.5 Transmissão de Movimento

As atividades da tarefa de transmissão de movimento, conforme Quadro 04, compuseram o pilar de investigação da sequência didática (Imagem 01).

Nesta tarefa, como explicado no capítulo de Metodologia, cada grupo trabalhou em um problema exclusivo, elaborado a partir de questões de vestibulares antigos e olimpíadas brasileiras de robótica. O grupo 05, por exemplo, investigou um problema de transmissão de movimento aplicado à geração de energia em corrente alternada por um gerador acoplado a uma roda d'água (Imagem 42). O grupo precisou calcular a relação de transmissão adequada para esse acoplamento a partir da frequência da rede elétrica, o número de polos do gerador, o raio da roda d'água e a velocidade da correnteza do rio no local. Então, precisou determinar a combinação correta das quatro engrenagens disponíveis para obter a relação de transmissão calculada.

Imagem 42: Problema 05 de transmissão de movimento visualizado no Microsoft Whiteboard.



Fonte: Adaptado pelo Autor.

Na fase 01 (Quadro 04), organizados em grupos, os alunos trabalharam na compreensão do problema, coletando informações através de pesquisa para que pudessem esboçar uma solução. Estas informações, cálculos e esboço do sistema de transmissão foram organizados no

aplicativo Whiteboard, da Microsoft, com o uso das ferramentas digitais ali disponíveis como uma lousa digital compartilhada (Imagem 43).

Imagem 43: Visualização no Whiteboard das anotações do grupo 05 referentes ao processo de investigação do problema de transmissão de movimento.

The screenshot shows a Microsoft Whiteboard interface with the following content:

- Problem Statement:**

transmitir o movimento dessa roda a um gerador de 120 polos, você Joana dispõe de um conjunto de engrenagens que precisa ser combinado de modo que o gerador produza uma corrente alternada à mesma frequência de 60 Hz de funcionamento dos eletrodomésticos de sua casa. Sabendo que esse conjunto é composto de quatro engrenagens com os seguintes números de dentes: 6, 20, 24 e 25, determine:

A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a relação de transmissão que Dona Joana precisa?

B. Alguma outra combinação desse mesmo conjunto de engrenagens poderia ser aplicada para outro valor de correnteza do rio? Que Valor seria?

C. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em A e B.
- Handwritten Notes and Calculations:**

Velocidade da Correnteza = 25 m/s

Frequência = 0,25/s

0,25 Hz = 0,25 · 60 (RPM)

Frequência = 15 RPM

Relação de Transmissão:  $\frac{1}{4}$

A cada 1 volta da primeira engrenagem a última dá 4 voltas.

Relação de Transmissão:  $\frac{1}{5}$

A cada 1 volta da primeira engrenagem a última dá 5 voltas.

Handwritten notes: "NECESSÁRIO", "Nº = 60 / 420 -> CONSTANTE", "Nº DE POLOS", "FREQÜÊNCIA".

Calculations on the right:
 
$$Ns \text{ (RPM)} = Hz \cdot 120$$

$$Ns \text{ (RPM)} = 60 \cdot 120$$

$$Ns \text{ (RPM)} = \frac{60 \cdot 120}{420}$$

$$Ns \text{ (RPM)} = 60$$
- Diagrams:**

Diagram 1: A gear train with gears of 25, 6, 20, and 24 teeth. RPM values: 60 RPM (25 teeth), 14,4 RPM (6 teeth), 18 RPM (20 teeth), 15 RPM (24 teeth).

Diagram 2: A gear train with gears of 25, 6, 20, and 24 teeth. RPM values: 48 RPM (25 teeth), 12 RPM (6 teeth), 48 RPM (20 teeth), 12 RPM (24 teeth).

Fonte: Adaptado pelo Autor.

O desenho e confecção das engrenagens, etapas 2 e 3 (Quadro 04), foi realizado no Fablab com os equipamentos de fabricação disponíveis. Neste espaço colaborativo, estas etapas exploraram competências e habilidades fundamentais para a vida em consonância com a *cultura maker*<sup>8</sup>. Enquanto as instruções de como operar os equipamentos foram realizadas pelo técnico do laboratório, o professor acompanhou o processo junto aos grupos, avaliando o desenvolvimento através da rubrica no Teams (Apêndice F), apontando também comentários personalizados.

<sup>8</sup> A Cultura Maker é uma abordagem que incentiva os estudantes a criarem com as próprias mãos.

A ideia é que eles consigam modificar, consertar ou construir objetos usando seu potencial criativo, em ambientes colaborativos e personalizados. O intuito é, justamente, colocar a mão na massa, posicionando o aluno como protagonista do seu aprendizado. O conceito, portanto, possibilita novas e significativas experiências, tendo como foco a resolução de problemas e a inovação na prática pedagógica (Educação, 2023).

Nas instruções da tarefa atribuída no Teams (Apêndice F), foi indicado que os grupos deveriam registrar todo o desenvolvimento do trabalho, sendo a etapa 4 (Quadro 4) a atividade de produção de um vídeo de apresentação como produto final. Nestes vídeos, entregues em anexo na tarefa no Teams, os grupos demonstraram o sistema de transmissão montado no *kit* e explicaram a relação de transmissão obtida como solução para o problema investigado.

## 5.6 Movimento Circular e Arte

No estudo piloto, como explicado no capítulo de Metodologia, os alunos tiveram a oportunidade de explorar a exposição virtual em cartaz à época no MIS em comemoração aos 500 anos de Leonardo da Vinci. Naquele estudo, foi possível analisar em detalhes os mecanismos acerca do movimento circular e da transmissão de movimento em uma série de invenções. Com o fim da exposição, no estudo final optamos por reproduzir aos alunos o documentário da TV Cultura sobre a mesma exposição e atribuir um questionário como tarefa.

No questionário, 92,8% dos alunos apontaram terem conseguido estabelecer relações entre a Arte e os estudos sobre movimento circular desenvolvidos na sequência didática.

Imagem 44: Resultados da primeira pergunta do questionário da tarefa 09 no Forms sobre o Movimento Circular e a Arte

1. Visitando a obra de Leonardo da Vinci e um pouco de sua história, foi possível relacionar a Arte com os estudos que desenvolvemos na disciplina de Física nesta etapa? (0 ponto)

[Mais Detalhes](#)

Insights



Fonte: Adaptado pelo Autor.

No entanto, quando solicitados a explicar as relações estabelecidas, percebe-se certa dificuldade entre muitos alunos: “ta tudo ligado e em harmonia pois podemos ver transmissão e movimento na arte e podemos ver arte em física”; “pois Leonardo da Vinci foi criador de muitos instrumentos que empregam os movimentos, como a catapulta”; “pude associar as

interligações entre as matérias, em que Leonardo da Vinci além de ser estudado no período renascentista, também marca presença em muitas áreas da ciência, como a física”.

Analisando as respostas, dentre as obras exploradas, as invenções de Leonardo da Vinci que os alunos mais relacionaram com o movimento circular foram a bicicleta, o parafuso aéreo, a catapulta e a ponte giratória.

A impossibilidade de explorar a exposição virtual no estudo final conforme feito no estudo piloto comprometeu a qualidade da sequência didática neste pilar de transdisciplinaridade (Imagem 01). Em reaplicações futuras, é importante conceber novas experiências e tarefas para trabalhar este pilar de transdisciplinaridade entre a Física e a Arte.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, estruturamos uma sequência didática sobre movimento circular por meio de tecnologias educacionais, sobretudo da Microsoft. Relatamos a experiência de utilizar o Microsoft Teams como um ambiente virtual de aprendizagem, onde as atividades escolares foram atribuídas como tarefas aos alunos, com instruções, rubricas e materiais de referência. Os materiais produzidos pelos alunos com as correções e *feedbacks* encaminhados pelo professor ficaram evidenciados, com o ambiente funcionando também como um repositório dessas atividades. Os dados gerados no processo configuraram métricas que permitiram análises de desempenho dos alunos individualmente ou de grupos a partir de gráficos de tendência e distribuição. Como um *hub*, entre outras tecnologias educacionais, o Teams integra o Microsoft Onenote como um caderno digital da turma que foi usado para disponibilizar todo o material das aulas em uma biblioteca de conteúdo, dividida em seções para cada tópico trabalhado. Dentre esses materiais, foram embutidos os vídeos produzidos pelo autor de resolução dos exercícios atribuídos como tarefa na sequência didática.

Desenhada nesse ecossistema de tecnologias educacionais e inovação, não obstante, a sequência didática não abdicou de uma perspectiva epistemológica, nem de teorias clássicas da aprendizagem. O conteúdo movimento circular foi contextualizado no tema mobilidade urbana, em que a viabilidade da bicicleta como meio de transporte alternativo no município de Franca configurou o questionamento de mundo que validou os saberes científicos trabalhados. Conforme preconiza a Teoria Antropológica do Didático, principal referencial teórico deste trabalho, é a transposição destes saberes em conhecimento que permite o questionamento das instituições pelos alunos. Foi neste paradigma central de questionamento de mundo que toda a sequência didática foi concebida. Como complemento à elaboração das tarefas, já que a Teoria Antropológica do Didático não trata explicitamente da aprendizagem, nos apropriamos da Teoria das Situações Didáticas. As tarefas foram modeladas em situações didáticas com suas etapas de ação, formulação, validação e institucionalização percorrendo o processo de aprendizagem individual. Dentre os pilares de sustentação da sequência didática, no de investigação, os alunos projetaram e montaram sistemas de transmissão de movimento fabricando engrenagens e cremalheiras no Fablab.

Todo este desenho instrucional da sequência didática e seu desenvolvimento foram roteirizados em um produto didático apresentado no Sway, um programa do pacote Microsoft 365 voltado ao *storytelling*, que combina textos e diferentes mídias digitais. Ao acessá-lo, o professor tem compartilhados os diversos materiais digitais – rubricas, formulários, listas de

exercícios - para a reprodução/adaptação da sequência didática à medida que explora a trama em diferentes camadas de informação.

Finalmente, vale considerar que este trabalho é um estudo de caso sobre o uso de tecnologias educacionais no ensino médio que reúne práticas digitais em intensa transformação em um período pós-pandêmico. A abrupta necessidade de implementação do ensino remoto em larga escala fomentou uma nova economia que oferta uma vasta gama de recursos digitais que posicionam o professor em um cenário de trabalho ainda mais heterogêneo, em um mercado competitivo que na busca por lucro oferece novas possibilidades didáticas no mesmo passo que impõe a urgência por novas competências profissionais. Da academia, não obstante, demanda-se por esforços de pesquisa para avaliar de forma crítica essas transformações. No mesmo semestre de conclusão deste trabalho foram anunciados uma série de novos recursos digitais aplicados à educação que agora serão vinculados à inteligências artificiais. Quais serão os impactos dessas aplicações para a educação nos próximos anos?

## REFERÊNCIAS

- Almouloud, A. A. (2007). *Fundamentos da didática da matemática*. Curitiba: UFPR.
- Anderson, L. W. (1999). Rethinking Bloom's Taxonomy: Implications for Testing and Assessment. *Educational Resources Information Center (ERIC)*.
- Araujo, M. (11 de fevereiro de 2015). *SESI-SP e SENAI-SP adotam Office 365 e Microsoft Azure com apoio da Brasoftware*. Acesso em novembro de 2022, disponível em news.microsoft.com: <https://news.microsoft.com/pt-br/sesi-sp-e-senai-sp-adotam-office-365-e-microsoft-azure-com-apoio-da-brasoftware/>
- Bassini, B. B. (2017). *Atividades experimentais com bicicleta no ensino de movimento circular*. Dissertação, Dissertação (mestrado) IFES, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Cariacica.
- Brasil Acadêmico. (09 de outubro de 2015). *Gear Generator: Editor e simulador de engrenagens online*. Fonte: Blog Brasil Acadêmico: <http://blog.brasilacademico.com/2015/10/gear-generator-editor-e-simulador-de.html>
- Brousseau, G. (1986). Fundamentos y métodos de la Didáctica de la Matemática. *Recherches en didactique des mathématiques*, pp. 33-115.
- Brousseau, G. (1996). *Fundamentos e métodos da didáctica da matemática*. In. BRUN, J. Lisboa: Horizontes Pedagógicos.
- Brousseau, G. (2002). Epistemological obstacles, problems, and didactical engineering. In. Em N. Balacheff, R. Sutherland, & V. Warfield (Eds.), *Theory of Didactical Situations in Mathematics* (Vol. 19, pp. 79-117). Springer, Dordrecht. doi:[https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2\\_6](https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2_6)
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. AIQUE.
- Chevallard, Y. (1996). Conceitos fundamentais da didática: as perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica. *Didáctica das matemáticas*, pp. 115-153.
- Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: l'approche anthropologique. *Actes de l'UE de la Rochelle*, pp. 91-118.
- Chevallard, Y. (1999). El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), pp. 221-266.
- Chevallard, Y. (2015). Teaching mathematics in tomorrow's society: A case for an oncoming counter paradigm. Em S. J. Cho, *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 173-187). Seoul, Coréia do Sul: Springer, Cham. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_13)

- Dal Sasso, R., Meireles, E., & Ferreira, M. (2019). Descrição das Ciclovias da Cidade de Franca, SP. *II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana: SINGEURB*. doi:<https://doi.org/10.5151/singeurb2019-101>
- Damasceno, M. M., & Oliveira, R. D. (2021). *Tecnologias Educacionais* (1ª ed.). Iguatu: Quipá. doi:10.36599/qped-ed1.062
- de Oliveira, A. S., Jayme, L. d., Almeida, F., & Carmona, F. (2021). Arquitetar para ensinar: design instrucional no ensino remoto. *Medicina (Ribeirão Preto)*, p. supl.54(1). doi:<https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.rmrp.2021.184766>
- Educacional. (3 de janeiro de 2023). *Cultura Maker: o que é, importância e como aplicá-la?* Fonte: Educacional: ecossistema de tecnologia e inovação: <https://site.educacional.com.br/artigos/cultura-maker>
- Ferraz, A. d., & Belhot, R. V. (19 de janeiro de 2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod.*, 17, pp. 421-431. doi:<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>
- G1 Ribeirão e Franca. (17 de janeiro de 2018). *Atleta de base do Franca Basquete fica em estado grave após cair com bicicleta dentro de córrego*. Fonte: g1.globo.com: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/atleta-de-base-do-franca-basquete-fica-em-estado-grave-apos-cair-com-bicicleta-dentro-de-corrego.ghtml>
- Gaspar, A. (2014). *Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski* (1 ed.). São Paulo, São Paulo, Brasil: Livraria da Física.
- Gustafson, K. L., & Branch, R. M. (2002). What is Instructional Design? Em R. A. (Eds.), *Trends and issues in instructional design and technology* (pp. 16-25).
- Hale, Z. (17 de Janeiro de 2020). *3 Ways that Accounting Dashboards Can Benefit You—With 3 Software Examples*. Fonte: Software Advice: <https://www.softwareadvice.com/resources/accounting-dashboard-examples/>
- Matéria de Capa. (17 de novembro de 2019). *Matéria de Capa - Leonardo da Vinci - 17/11/2019*. Fonte: Youtube: [https://www.youtube.com/watch?v=Y-83P50qOck&t=1162s&ab\\_channel=Mat%C3%A9riaDeCapa](https://www.youtube.com/watch?v=Y-83P50qOck&t=1162s&ab_channel=Mat%C3%A9riaDeCapa)
- Microsoft. (s.d.). *Embed content in OneNote*. Fonte: <https://support.microsoft.com/https://support.microsoft.com/en-us/office/embed-content-in-onenote-fd5abf7d-abd4-4902-8e5f-93088c45b11d>
- MIS. (2021). *LEONARDO DA VINCI – 500 ANOS DE UM GÊNIO*. Fonte: MIS - Museu da Imagem e do Som: [https://www.mis-sp.org.br/exposicoes/em\\_cartaz/cd6d4856-db2a-4ecb-a8f1-aac2b1b6d2ae/leonardo-da-vinci-500-anos-de-um-genio](https://www.mis-sp.org.br/exposicoes/em_cartaz/cd6d4856-db2a-4ecb-a8f1-aac2b1b6d2ae/leonardo-da-vinci-500-anos-de-um-genio)

- Otoni, A., & Pazos, D. (14 de setembro de 2018). *O futuro da mobilidade urbana*. Fonte: [jovemnerd.com.br: https://jovemnerd.com.br/nerdcast/o-futuro-da-mobilidade-urbana/?classId=c7635368-a05f-47e2-b4d6-603fc3f4b88b&assignmentId=b54cff96-4ba4-4b29-8ed9-52c4c61c1955](https://jovemnerd.com.br/nerdcast/o-futuro-da-mobilidade-urbana/?classId=c7635368-a05f-47e2-b4d6-603fc3f4b88b&assignmentId=b54cff96-4ba4-4b29-8ed9-52c4c61c1955)
- Significados. (2018). *Significado de Storytelling*. Acesso em 09 de maio de 2023, disponível em Significados: <https://www.significados.com.br/storytelling/>
- Silva, D. (1990). *O ensino construtivista da velocidade angular* (1 ed.). São Paulo, Brasil: Universidade de São Paulo.
- Simão, A. N., & Hesketh, C. G. (2009). *Didática e desing instrucional*. Curitiba: IESDE.
- Slongo, I., Ricardo, E., & Pietrocola, M. (agosto de 2003). A PERTURBAÇÃO DO CONTRATO DIDÁTICO E O GERENCIAMENTO DOS PARADOXOS. *Investigações em Ensino de Ciências*, pp. 153-163.
- Smith, P., & Ragan, T. (1999). *Instructional desing* (2 ed.). Toronto: John Wiley & Sons.
- Wikipédia. (20 de fevereiro de 2021). *Escala Likert*. Fonte: Wikipédia - a enciclopédia livre: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala\\_Likert](https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_Likert)
- Wikipédia. (09 de novembro de 2022). *Inkscape*. Fonte: Wikipédia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Inkscape>
- Winslow, C., & Jessen, B. (2017). The theory of Didactical Situations. *Practical Guide to Inquiry Based Mathematics*, pp. 29-42.
- Winslow, C., Matheron, Y., & Mercier, A. (2013). Study and Research Courses as an Epistemological Model for Didactics. *Educational Studies in Mathematics*, 83, pp. 267-284. doi:<https://doi.org/10.1007/s10649-012-9453-3>

**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL - ESTUDANDO O MOVIMENTO CIRCULAR COM AS TECNOLOGIAS MICROSOFT NO ENSINO MÉDIO”.**



ESTUDANDO O MOVIMENTO CIRCULAR COM AS  
TECNOLOGIAS MICROSOFT NO ENSINO MÉDIO

Este material é produto didático de um trabalho de pesquisa desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia.

[Ir para este Sway](#)

<https://sway.office.com/22K8ZjzOtjL1Fon0?ref=Link>

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO “A BICICLETA COMO MEIO DE TRANSPORTE ALTERNATIVO”.



### A bicicleta como meio de transporte alternativo

\* Obrigatória

\* Este formulário registrará seu nome. Preencha-o.

1. Você considera que a bicicleta seja um meio de transporte alternativo para a cidade de Franca? \*

Sim

Não

2. Que meio de transporte você normalmente utiliza para se locomover no trajeto casa-escola? \*

- a pé
- bicicleta
- carro
- ônibus
- moto
- Outro

3. Você acredita que o seu trajeto casa-escola, se feito de bicicleta, pode ser mais rápido do que se feito via carro? \*

- Sim
- Não

4. Qual o seu tempo aproximado de trajeto casa-escola indicado no Google Maps via carro, no horário de entrada da escola? \*

5. E o tempo indicado no mesmo trajeto e horário via bicicleta? \*

6. Há ciclovias que comunicam as proximidades da sua casa com as proximidades da escola? \*

- Sim
- Não
- Parcialmente

7. Como você avalia a acessibilidade do seu trajeto casa-escola via bicicleta? \*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Nada acessível

Extremamente acessível

## APÊNDICE C – TAREFA “PODCAST MOBILIDADE URBANA”.

Atividade

Chat

Equipes

Tarefas

Calendário

Tasks by PL

Chamadas

Arquivos

Aplicativos

Ajuda

Podcast Mobilidade Urbana Questionamento de mundo

Vence 16 de setembro de 2022 às 23:59 • Fecha 19 de setembro de 2022 às 23:59

Pontos  
100 pontos possíveis

Lista de Critérios de Avaliação

Podcast - Mobilidade Urbana

Instruções

Em grupo, a partir de uma **pesquisa** e da **experiência dos integrantes** sobre o tema **bicicleta e mobilidade urbana**, produzam um podcast que trate sobre os seguintes questionamentos:

- Qual a sua experiência de mobilidade urbana na cidade de Franca?
- Qual a relevância da bicicleta e a experiência de mobilidade da comunidade escolar (alunos, professores e funcionários)?
- Qual a situação atual do sistema de ciclovias no município de Franca? Há projetos e políticas públicas direcionadas a esta questão?
- Qual a relevância da bicicleta em uma cidade referência em mobilidade urbana? Que cidade foi pesquisada pelo grupo?
- Qual o potencial da bicicleta para a mobilidade urbana no município de Franca?

Orientações gerais sobre o podcast:

- Deve ser no formato de uma conversa entre os integrantes do grupo sobre o tema.
- Todos os integrantes devem participar, se apresentando no início com o nome e número de chamada.
- Pode conter entrevistas ou relatos de pessoas pertinentes à pesquisa do grupo.
- Quando dados de pesquisa forem mencionados, é essencial que as fontes sejam citadas.
- Deve ser respeitado um limite máximo de 15 minutos de duração.
- O arquivo de áudio deve ser anexado aqui na tarefa em formato \*.mp3
- Basta que apenas um integrante anexe o arquivo e entregue a tarefa pelo grupo.

Em anexo, seguem algumas sugestões de materiais de referência.

Materiais de referência

O futuro da mobilidade urbana - Jovem Nerd  
jovemnerd.com.br

O uso da bicicleta como alternativa para mobilidade urbana  
bikeitau.com.br

Groningen, A Cidade das Bicicletas  
www.youtube.com

### Podcast - Mobilidade Urbana

100 pontos possíveis

#### Exploração do Tema

Peso 30%

<p><b>Excelente 10 pontos</b></p> <p>Todas as questões norteadoras foram exploradas em profundidade e o grupo ampliou a discussão com novos questionamentos sobre o</p>	<p><b>Bom 8 pontos</b></p> <p>A maior parte das questões norteadoras foram exploradas em profundidade e o grupo ampliou a discussão com novos questionamentos sobre o</p>	<p><b>Razoável 7 pontos</b></p> <p>A maior parte das questões norteadoras foram exploradas superficialmente e o grupo ampliou superficialmente a discussão com novos questionamentos</p>	<p><b>Insatisfatório 5 pontos</b></p> <p>A maior parte das questões norteadoras não foram exploradas satisfatoriamente pelo grupo comprometendo a discussão sobre o tema.</p>	<p><b>Ruim 4 pontos</b></p> <p>As questões norteadoras não foram exploradas pelo grupo de modo que a discussão sobre o tema foi totalmente comprometida.</p>
---	---	--	---	--

#### Coerência

Peso 15%

<p><b>Excelente 10 pontos</b></p> <p>Todas as respostas apresentadas para as questões norteadoras de pesquisa são totalmente coerentes com os dados e informações apresentados e indicados nas referências.</p>	<p><b>Bom 8 pontos</b></p> <p>A maior parte das respostas apresentadas para as questões norteadoras de pesquisa são totalmente coerentes com os dados e informações apresentados e indicados nas referências.</p>	<p><b>Razoável 7 pontos</b></p> <p>A maior parte das respostas apresentadas para as questões norteadoras de pesquisa são parcialmente coerentes com os dados e informações apresentados e indicados nas referências.</p>	<p><b>Insatisfatório 5 pontos</b></p> <p>A maior parte das respostas apresentadas para as questões norteadoras de pesquisa não são coerentes com os dados e informações apresentados e indicados nas referências.</p>	<p><b>Ruim 4 pontos</b></p> <p>Não há coerência entre as respostas apresentadas para as questões norteadoras de pesquisa e os dados e informações apresentados e indicados nas referências.</p>
---	---	--	---	---

#### Argumentação

Peso 15%

<p><b>Excelente 10 pontos</b></p> <p>Há sólida indicação de dados que embasam a maior parte dos argumentos apresentados.</p>	<p><b>Bom 8 pontos</b></p> <p>Há indicação de dados que embasam a maior parte dos argumentos apresentados</p>	<p><b>Razoável 7 pontos</b></p> <p>Não há indicação de dados que embasem alguns dos argumentos apresentados, mas isso não foi relevante para comprometer a argumentação geral.</p>	<p><b>Insatisfatório 5 pontos</b></p> <p>Não há indicação de dados que embasem a maior parte dos argumentos apresentados.</p>	<p><b>Ruim 4 pontos</b></p> <p>Não há qualquer indicação de dados que embasem os argumentos apresentados.</p>
--	---	--	---	---

#### Indicação de Referência

Peso 10%

<p><b>Excelente 10 pontos</b></p> <p>Há indicação de todas as referências utilizadas no podcast.</p>	<p><b>Bom 8 pontos</b></p> <p>Há indicação da maior parte das referências utilizadas no podcast.</p>	<p><b>Razoável 7 pontos</b></p> <p>Há indicação de todas as referências utilizadas no podcast.</p>	<p><b>Insatisfatório 5 pontos</b></p> <p>A maior parte das referências utilizadas no podcast não são indicadas.</p>	<p><b>Ruim 4 pontos</b></p> <p>Nenhuma referência utilizada no podcast é indicada.</p>
--	--	--	---	--

#### Técnica, produção e edição

Peso 30%

<p><b>Excelente 10 pontos</b></p> <p>A performance oral dos participante e a qualidade do som estão excelentes durante todo o podcast. A estrutura (saudação, discussão e encerramento) está muito bem definida. A edição está excelente e apresenta elementos de produção como vinhetas de abertura/encerramento, trilhas e efeitos sonoros que enriquecem a experiência do ouvinte.</p>	<p><b>Bom 8 pontos</b></p> <p>A performance oral dos participante e a qualidade do som estão excelentes durante a maior parte do podcast. A estrutura (saudação, discussão e encerramento) está bem definida. A edição está bem feita e apresenta elementos de produção como vinhetas de abertura/encerramento, trilhas e efeitos sonoros que enriquecem a experiência do ouvinte.</p>	<p><b>Razoável 7 pontos</b></p> <p>A performance oral dos participante e a qualidade do som estão razoáveis durante a maior parte do podcast. A estrutura (saudação, discussão e encerramento) pode não estar bem definida. A edição está razoável e apresenta alguns elementos de produção como vinhetas de abertura/encerramento, trilhas e efeitos sonoros que enriquecem a experiência do</p>	<p><b>Insatisfatório 5 pontos</b></p> <p>A performance oral dos participante e a qualidade do som estão insatisfatórias durante a maior parte do podcast. A estrutura (saudação, discussão e encerramento) pode não estar bem definida. A edição não está adequada e faltam elementos de produção como vinhetas de abertura/encerramento, trilhas e efeitos sonoros que enriqueçam a experiência do</p>	<p><b>Ruim 4 pontos</b></p> <p>A performance oral dos participante e a qualidade do som estão insatisfatórias e comprometeram completamente a experiência do ouvinte. Não há estrutura definida e faltam elementos de produção como vinhetas de abertura/encerramento, trilhas e efeitos sonoros que enriqueçam a experiência do ouvinte.</p>
---	--	---	---	---

Baixar como .csv

Fechar

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO “MOVIMENTO CIRCULAR – LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS”.

07/01/2023 07:32

Questionário - Movimento Circular - INDIVIDUAL

### Questionário - Movimento Circular - INDIVIDUAL

Questionário para levantamento de concepções prévias

\* Obrigatória

1

Digite seu nome: \*

2

Digite seu número de chamada: \*

07/01/2023 07:32

Questionário - Movimento Circular - INDIVIDUAL

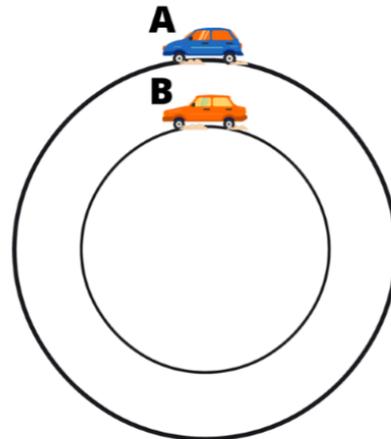
3

Qual a sua turma? \*

- 1º A
- 1º B
- 1º C

4

Dois carros, A e B, descrevem trajetórias circulares concêntricas demorando o mesmo tempo para completarem uma volta, ou seja, eles partem e chegam simultaneamente. Sobre a velocidade dos carros, é correto afirmar: \*



- o carro A tem maior velocidade que o carro B
- o carro B tem maior velocidade que o carro A
- ambos os carros, A e B, têm a mesma velocidade

5

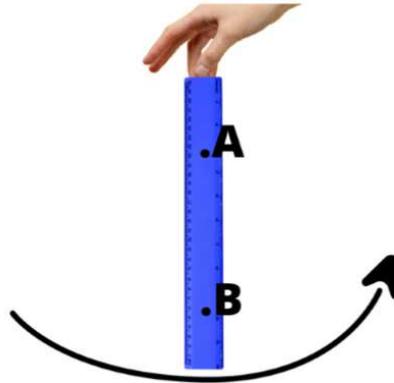
Justifique sua resposta \*

07/01/2023 07:32

Questionário - Movimento Circular - INDIVIDUAL

6

Uma régua rígida oscila segurada por uma das extremidades. Sobre as velocidades dos pontos A e B indicados na figura, podemos afirmar: \*



- a velocidade do ponto A é maior que do ponto B
- a velocidade do ponto B é maior que do ponto A
- os pontos A e B possuem a mesma velocidade

7

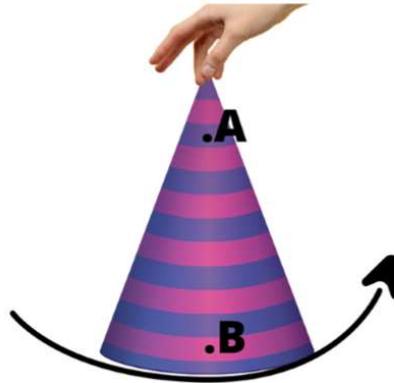
Justifique sua resposta \*

07/01/2023 07:32

Questionário - Movimento Circular - INDIVIDUAL

8

Um chapéu de aniversário de formato cônico oscila segurado pela extremidade superior. Sobre as velocidades dos pontos A e B indicados na figura, podemos afirmar: \*



- a velocidade do ponto A é maior que do ponto B
- a velocidade do ponto B é maior que do ponto A
- os pontos A e B possuem a mesma velocidade

9

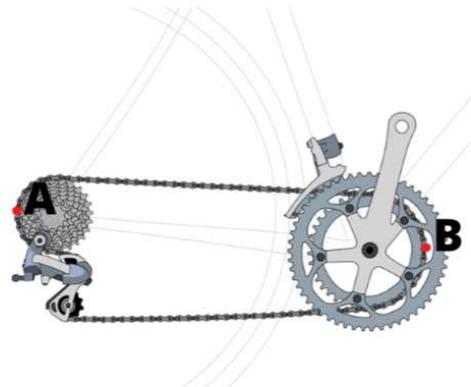
Justifique sua resposta \*

07/01/2023 07:32

Questionário - Movimento Circular - INDIVIDUAL

10

O movimento dos pedais de uma bicicleta é transmitido à roda traseira por um sistema de catraca e coroa. Sobre as velocidades dos pontos A e B indicados na figura, podemos afirmar: \*



- a velocidade do ponto A é maior que do ponto B
- a velocidade do ponto B é maior que do ponto A
- os pontos A e B possuem a mesma velocidade

11

Justifique sua resposta \*

---

Este conteúdo não é criado nem endossado pela Microsoft. Os dados que você enviar serão enviados ao proprietário do formulário.

 Microsoft Forms

## APÊNDICE E – TAREFA DE RESUMO E RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE MOVIMENTO CIRCULAR.

The screenshot shows a Microsoft Teams interface for a task titled "Tarefa - Movimento Circular". The task is due on October 5, 2022, at 23:59. It is worth 100 points. The instructions are: "1. Fazer o resumo/anotações, no caderno, das páginas 19 a 27 do captulo 02 do material complementar em anexo. 2. Resolver, no caderno, os exercícios de 01 a 07 do "Para praticar", páginas 28 a 30." A highlighted instruction states: "Para entregar a tarefa, você deve tirar fotos do seu caderno ou material didático e organizar as imagens, em sequência, em um arquivo Word ou PDF e postar aqui na tarefa este arquivo." The objectives are: "• Aplicar o modelo de movimento circular uniforme em situações reais. • Utilizar o conceito de composição de velocidades na resolução de problemas." The expected learning outcomes are: "• EM.FIS.09. Caracterizar os diferentes tipos de movimentos circulares, incluindo os conceitos de: período, frequência, posição angular, velocidade angular e aceleração angular. • EM.CNT.02. Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências." A reference material is listed: "VETORES\_MOVIMENTO\_CURVILÍNEO\_SESI\_CAD1\_FIS\_B\_PR...".

### Resumo e Exercícios

100 pontos possíveis

Resumo/anotações do conteúdo estudado presente no material didático.

Peso 50%

Excelente 10 pontos	Bom 8 pontos	Satisfatório 7 pontos	Insatisfatório 5 pontos	Ruim 4 pontos	Não fez 0 pontos
O Resumo está completo, conciso e organizado de forma excelente, com destaque para os pontos principais (conceitos, equações, gráficos, esquemas e mapas mentais). Os detalhes são colocados em uma ordem lógica e apresentados de forma eficaz. Demonstra estudo aprofundado, organização das ideias e compreensão dos conceitos trabalhados.	O resumo está completo e as informações estão bem organizadas. Demonstra estudo e uma boa compreensão dos conceitos, mas os detalhes poderiam ser melhor encadeados e apresentados de forma mais eficaz.	O resumo está satisfatório. O conteúdo poderia ter sido explorado com maior profundidade e as ideias e detalhes poderiam ser apresentados de forma mais organizada e eficaz.	O conteúdo foi explorado de forma superficial, sem atenção aos detalhes e sem organização eficaz das informações. Não indica estudo e compreensão satisfatórias dos conceitos pelo aluno.	O resumo está incompleto e as informações apresentadas de forma desorganizadas. Não indica estudo ou compreensão, mesmo que superficiais, dos conceitos propostos.	Não apresentou o resumo solicitado na tarefa.

Resolução dos problemas indicados no material didático

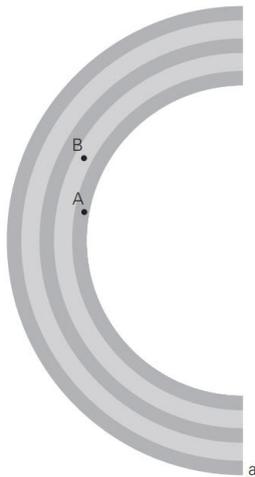
Peso 50%

Excelente 10 pontos	Bom 8 pontos	Satisfatório 7 pontos	Insatisfatório 5 pontos	Ruim 4 pontos	Não fez 0 pontos
O aluno apresentou excelente compreensão dos conceitos, interpretação dos enunciados, raciocínio lógico e analítico e desenvolveu soluções para os exercícios apresentados. As resoluções, mesmo que não estejam completas, estão detalhadas e indicam que o aluno se dedicou bastante e evoluiu significativamente na aprendizagem.	O aluno apresentou bom desenvolvimento na compreensão dos conceitos e interpretação dos enunciados. Apresentou raciocínio lógico e analítico e desenvolveu, pelo menos parcialmente, soluções para os exercícios propostos. Devido o esforço, o aluno será capaz de identificar os erros e solucioná-los por meio das correções em sala de aula ou pelos vídeos de resolução disponibilizados.	O aluno apresentou desenvolvimento satisfatório na compreensão dos conceitos e interpretação dos enunciados. Com dificuldade, apresentou raciocínio lógico e analítico e desenvolveu parcialmente, soluções para os exercícios propostos. Devido o esforço, o aluno será capaz de identificar os erros e solucioná-los por meio das correções em sala de aula ou pelos vídeos de resolução disponibilizados.	As resoluções apresentadas indicam compreensão insatisfatória dos conceitos trabalhados, bem como raciocínio lógico e analítico insatisfatórios. Indicam que o aluno terá dificuldades em identificar os erros durante as correções em sala de aula, comprometendo a sua aprendizagem.	As resoluções apresentadas estão incompletas e não indicam quaisquer compreensão, mesmo que superficial, dos conceitos trabalhados. Sem exploração do raciocínio lógico e analítico propostos, o aluno não será capaz de identificar erros durante as correções em sala de aula.	O aluno não apresentou as resoluções dos exercícios propostos.

**1** (Cefet-SC) Toda vez que o vetor velocidade sofre alguma variação, significa que existe uma aceleração atuando. Existem a aceleração tangencial ou linear e a aceleração centrípeta. Assinale a alternativa correta que caracteriza cada uma dessas duas acelerações.

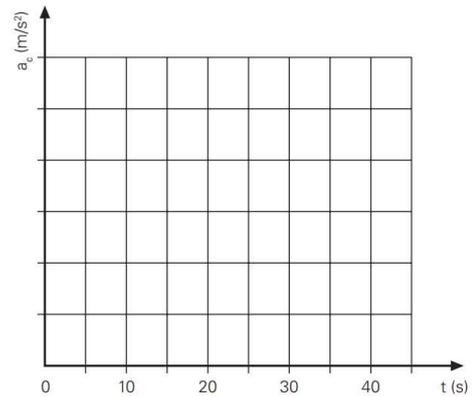
- Aceleração tangencial é consequência da variação no módulo do vetor velocidade; aceleração centrípeta é consequência da variação na direção do vetor velocidade.
- Aceleração tangencial é consequência da variação na direção do vetor velocidade; aceleração centrípeta é consequência da variação no módulo do vetor velocidade.
- Aceleração tangencial só aparece no MRUV; aceleração centrípeta só aparece no MCU.
- Aceleração tangencial tem sempre a mesma direção e sentido do vetor velocidade; aceleração centrípeta é sempre perpendicular ao vetor velocidade.
- Aceleração centrípeta tem sempre a mesma direção e sentido do vetor velocidade; aceleração tangencial é sempre perpendicular ao vetor velocidade.

**2** (UFSM-RS) A figura representa dois atletas numa corrida, percorrendo uma curva circular, cada um em uma raia. Eles desenvolvem velocidades lineares com módulos iguais e constantes, num referencial fixo no solo. Atendendo à informação dada, assinale a resposta correta.



- Em módulo, a aceleração centrípeta de A é maior do que a aceleração centrípeta de B.
- Em módulo, as velocidades angulares de A e B são iguais.
- A poderia acompanhar B se a velocidade angular de A fosse maior do que a de B, em módulo.
- Se as massas dos corredores são iguais, a força centrípeta sobre B é maior do que a força centrípeta sobre A, em módulo.
- Se A e B estivessem correndo na mesma raia, as forças centrípetas teriam módulos iguais, independentemente das massas.

**3** (Unicamp-SP – Adaptada) Várias leis da Física são facilmente verificadas em brinquedos encontrados em parques de diversões. Num carrossel, uma criança se mantém a uma distância  $r = 4,0$  m do centro do carrossel e gira com velocidade angular constante  $\omega_0$ . Baseado em sua experiência cotidiana, estime o valor de  $\omega_0$  para o carrossel e, a partir dele, calcule o módulo da aceleração centrípeta  $a_c$  da criança nos instantes  $t = 10$  s,  $t = 20$  s,  $t = 30$  s e  $t = 40$  s. Em seguida, esboce o comportamento de  $a_c$  em função do tempo no gráfico abaixo, marcando claramente com um ponto os valores de  $a_c$  para cada um dos instantes acima. Considere que  $\pi = 3$  e que, para  $t = 0$ , o carrossel já se encontra em movimento.



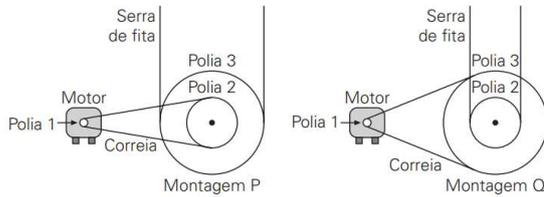
**4** (FMTM-MG) Num aparelho para tocar CDs musicais, a leitura da informação é feita por um dispositivo que emite um feixe de laser contra a superfície do CD e capta a luz refletida. Ao reproduzir as faixas da primeira à última, o dispositivo movimenta-se radialmente perto da superfície do CD, do centro para a borda (ao contrário dos discos de vinil), enquanto o CD gira rapidamente, para que o feixe de laser percorra as trilhas de informação. A velocidade de leitura na trilha do CD permanece constante durante toda a reprodução. Nesta situação, considere as afirmações:

- O CD tem movimento de rotação com velocidade angular variável.
- Se duas faixas musicais têm a mesma duração, o CD dará o mesmo número de voltas para reproduzir cada uma delas.
- O período de revolução do movimento circular do CD aumenta ao longo da reprodução.

Está(ão) correta(s) apenas:

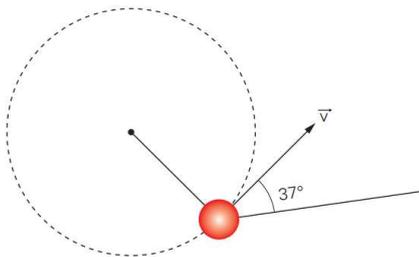
- I.
- II.
- III.
- I e II.
- I e III.

- 5** (Enem) Para serrar ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.



Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

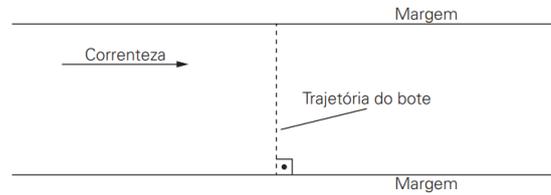
- Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
  - Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
  - P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
  - P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.
  - Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
- 6** (Cefet-MG) Um garoto gira uma pedra presa a extremidade de um barbante de 1,0 m de comprimento, em movimento circular uniforme, no plano vertical, com uma frequência de 60 Hz. Ele solta o barbante no momento em que a velocidade da pedra forma um ângulo de  $37^\circ$  com a horizontal, como mostra a figura.



Desprezando-se qualquer forma de atrito, o alcance horizontal, atingido pela pedra em relação à posição de lançamento, vale, aproximadamente, em metros,

- $349 \pi^2$
- $742 \pi^2$
- $968 \pi^2$
- $1382 \pi^2$

- 7** (ESPCEX-SP) Um bote de assalto deve atravessar um rio de largura igual a 800 m, numa trajetória perpendicular a sua margem, num intervalo de tempo de 1 minuto e 40 segundos, com velocidade constante. Considerando o bote como uma partícula, desprezando a resistência do ar e sendo constante e igual a 6 m/s a velocidade da correnteza do rio em relação à sua margem, o módulo da velocidade do bote em relação à água do rio deverá ser de:



- 4 m/s
- 6 m/s
- 8 m/s
- 10 m/s
- 14 m/s

## APÊNDICE F– TAREFA “TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO”.

< >

...

- Atividade
- Chat
- Equipes
- Tarefas
- Calendário
- Tasks by PL...
- Chamadas
- ...
- Aplicativos
- Chat
- Equipes
- Tarefas
- Calendário
- Tasks by PL...
- Chamadas
- ...
- Chat
- Equipes
- Tarefas
- Calendário
- Tasks by PL...
- Chamadas
- ...
- Aplicativos
- Ajuda

**Tarefas**

Pontos  
100 pontos possíveis

**Transmissão de Movimento - FABLAB - G1 a G5**

FABLAB

Vence 7 de outubro de 2022 às 23:59 • Fecha 18 de outubro de 2022 às 23:59

Instruções

Em grupo:

1. **Investigar o problema de transmissão de movimento indicado e propor soluções**
  - a. reunidos em sala, os integrantes serão desafiados à investigar um problema típico de transmissão de movimento por engrenagens e devem calcular e relacionar as grandezas conforme teoria estudada para responder os questionamentos e propor a melhor combinação de engrenagens para o sistema.
  - b. os problemas estão anexos na tarefa, sendo um problema por grupo. Todos os problemas são diferentes.
  - c. os problemas foram adaptados pelo professor de exercícios da OBR, Enem e vestibulares.
2. **Projetar as engrenagens do sistema de transmissão proposto como solução pelo grupo**
  - a. em aula no FABLAB, os alunos serão apresentados pelo *faber* a um aplicativo web de modelamento de engrenagens e ao software de desenho Inkscape.
  - b. sob orientação, os grupos desenvolverão o projeto das engrenagens para serem cortadas na máquina de corte a laser
3. **Confeccionar a engrenagens e montar o sistema de transmissão**
  - a. em segunda aula no FABLAB, sob orientação do *faber*, os grupos irão cortar as engrenagens na cortadora a laser
  - b. com as engrenagens, cada grupo deve montar o sistema projetado e investigar na prática a relação de transmissão proposta como solução
4. **Registrar a investigação e desenvolvimento do trabalho**
  - a. todo o processo de investigação e desenvolvimento do trabalho deve ser registrado em anotações, fotos e vídeos.
  - b. para facilitar o gerenciamento do trabalho em grupo, bem como os registros de desenvolvimento das etapas foram criados um Whiteboard (em anexo) para cada grupo com o respectivo problema.
  - c. além das anotações no Whiteboard, os registros devem ser compilados em um vídeo de formato **vertical** e extensão **\*.mp4**
  - d. a tarefa deve ser entregue no prazo com o vídeo anexado por apenas um dos integrantes do grupo.

Objetivos:

- Compreender e diferenciar os conceitos de velocidade linear e angular;
- Aplicar os conceitos de movimento circular e transmissão de movimento na resolução de problemas reais
- Projetar e fabricar elementos de máquinas

Expectativas de ensino e aprendizagem:

- **EM.FIS.08.** Comparar diferentes tipos de movimentos atribuindo significado aos conceitos de posição, velocidade (média e instantânea), aceleração e trajetória e reconhecer sua presença em situações cotidianas
- **EM.FIS.09.** Caracterizar os diferentes tipos de movimentos circulares, incluindo os conceitos de: período, frequência, posição angular, velocidade angular e aceleração angular.
- **EM.CNT.01.** Construir sistemas alternativos para medição de grandezas conhecidas, como massa, tempo, e espaço entre outras, validando sua eficácia por meio de reproduções experimentais.
- **EM.CNT.02.** Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
- **EM.CNT.04.** Utilizar mídias digitais tais como vídeos, aplicativos, ou wikis para expor e defender pontos de vistas estruturados por meio de pesquisas e conceitos abordados durante as aulas.

Grupo de estudantes  
Os estudantes verão aqui o nome do seu grupo e seus membros.

Trabalho de aluno

- 1A - Grupo 01 - Problema 01.whiteboard ...
- 1A - Grupo 02 - Problema 02.whiteboard ...
- 1A - Grupo 03 - Problema 03.whiteboard ...
- 1A - Grupo 04 - Problema 04.whiteboard ...
- 1A - Grupo 05 - Problema 05.whiteboard ...

Lista de Critérios de Avaliação

Atividade Investigativa no FABLAB

## Atividade Investigativa no FABLAB

100 pontos possíveis

## Investigação do problema e desenvolvimento teórico científico de soluções

Peso 22%

<p><b>Excelente (CRIAÇÃO)</b> 10 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de criar novas situações, produzir soluções, dissecar as informações a partir dos conceitos trabalhados, traçar procedimentos organizados e detalhados e elaborar matematicamente os desdobramentos da investigação.</p>	<p><b>Bom (ANÁLISE)</b> 8 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de avaliar o problema, extrair novas informações a partir de diferentes coletadas e estimar soluções. Foi capaz de calcular as grandezas necessárias.</p>	<p><b>Razoável (APLICAÇÃO)</b> 7 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de aplicar a teoria ao problema para compreender uma situação nova e concreta. Foi capaz de calcular grandezas e classificar as informações e possibilidades. Quanto ao nível de complexidade na abordagem do problema, não apresentou o domínio da criação e inovação.</p>	<p><b>Insatisfatório (COMPREENSÃO)</b> 5 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de relacionar informações do problema com a teoria estudada sem apresentar domínio do nível de compreensão do problema.</p>	<p><b>Ruim (MEMORIZAÇÃO)</b> 4 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de reconhecer o problema, localizar algumas informações e listar alguns procedimentos na tentativa de descrever uma solução. A abordagem ficou reduzida ao nível da memorização, sem sucesso no avanço a maiores níveis de complexidade de compreensão do problema.</p>
---	---	--	--	--

## Projeto e desenho assistido por computador (CAD)

Peso 18%

<p><b>Excelente (CRIAÇÃO)</b> 10 pontos</p> <p>O grupo dominou o conhecimento dos softwares trabalhados, passando a serem disseminadores deste conhecimento. Foram capazes de projetar e desenhar os elementos e serão capazes de criar coisas novas a partir de suas vivências.</p>	<p><b>Bom (ANÁLISE)</b> 8 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de desenhar os elementos e investigar as possibilidades do projeto e dos softwares, sendo capazes de desdobrar as informações em seus diferentes componentes.</p>	<p><b>Razoável (APLICAÇÃO)</b> 7 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de desenhar os elementos e utilizar o software de maneira aplicada ao problema. Não apresentou evidências de desdobramento das informações trabalhadas.</p>	<p><b>Insatisfatório (COMPREENSÃO)</b> 5 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de utilizar os softwares e entender parcialmente as informações apresentadas. Não avançaram no domínio da aplicação e análise dos conhecimentos na abordagem do projeto.</p>	<p><b>Ruim (MEMORIZAÇÃO)</b> 4 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de reconhecer as possibilidades, informações e procedimentos de desenho no software. Não avançaram a partir do nível de memorização.</p>
--	---	--	---	---

## Fabricação do sistema projetado

Peso 18%

<p><b>Excelente (CRIAÇÃO)</b> 10 pontos</p> <p>O grupo dominou o conhecimento sobre a máquinas e processos de fabricação, passando a serem disseminadores deste conhecimento. Foram capazes de produzir o protótipo do sistema, apresentando aspectos de inovação.</p>	<p><b>Bom (ANÁLISE)</b> 8 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de confeccionar os elementos e investigar as possibilidades das máquinas e dos processos de fabricação. Foram capazes de desdobrar as informações apresentadas em seus diferentes componentes.</p>	<p><b>Razoável (APLICAÇÃO)</b> 7 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de confeccionar os elementos e utilizar o as máquinas e processos de fabricação de maneira aplicada ao problema. Não apresentou evidências de desdobramento das informações trabalhadas e suas possibilidades.</p>	<p><b>Insatisfatório (COMPREENSÃO)</b> 5 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de utilizar as máquinas e entender parcialmente os processos de fabricação apresentados. Não avançaram no domínio da aplicação e análise dos processos na abordagem do projeto.</p>	<p><b>Ruim (MEMORIZAÇÃO)</b> 4 pontos</p> <p>O grupo foi capaz de reconhecer as possibilidades, informações e processos de fabricação. Não avançaram a partir do nível de memorização.</p>
--	--	---	--	--

## Registro do trabalho desenvolvido

Peso 22%

<p><b>Excelente (CRIAÇÃO)</b> 10 pontos</p> <p>O relato entregue apresenta todos os passos de forma extremamente organizada e detalhada. As fases da investigação do problema, planejamento, projeto, fabricação, resultados e conclusão estão evidentes.</p>	<p><b>Bom (ANÁLISE)</b> 8 pontos</p> <p>O relato entregue apresenta todos os passos de forma organizada e detalhada. As fases da investigação do problema, planejamento, projeto, fabricação, resultados e conclusão estão evidentes.</p>	<p><b>Razoável (APLICAÇÃO)</b> 7 pontos</p> <p>O relato entregue carece de alguns passos, organização e detalhamento. Representa de modo satisfatório o trabalho desenvolvido, mas as fases da investigação do problema, planejamento, projeto, fabricação, resultados e conclusão não estão muitos evidentes e distinguíveis.</p>	<p><b>Insatisfatório (COMPREENSÃO)</b> 5 pontos</p> <p>O relato entregue carece de muitos passos, organização e detalhamento. Não representa de modo satisfatório o trabalho desenvolvido e as fases da investigação do problema, planejamento, projeto, fabricação, resultados e conclusão não estão evidentes.</p>	<p><b>Ruim (MEMORIZAÇÃO)</b> 4 pontos</p> <p>O relato não detalha nem evidencia a organização e desenvolvimento do trabalho.</p>
---	---	--	--	--

## Organização e conservação dos materiais

Peso 8%

<p><b>Excelente (CRIAÇÃO)</b> 10 pontos</p> <p>Foi possível identificar métodos eficazes de organização do trabalho do grupo, com evidências de evolução da capacidade para o gerenciamento de futuros projetos. Apresentaram todo o cuidado e preservação dos materiais utilizados.</p>	<p><b>Bom (ANÁLISE)</b> 8 pontos</p> <p>O trabalho foi realizado de maneira organizada, com cuidado e preservação dos materiais utilizados.</p>	<p><b>Razoável (APLICAÇÃO)</b> 7 pontos</p> <p>A forma de organização do trabalho, o cuidado e preservação dos materiais utilizados foram pontos de atenção na avaliação e sugere-se que sejam revistos.</p>	<p><b>Insatisfatório (COMPREENSÃO)</b> 5 pontos</p> <p>A forma de organização do trabalho, o cuidado e preservação dos materiais utilizados foram pontos de atenção na avaliação, comprometeram o desenvolvimento do projeto e precisam ser revistos.</p>	<p><b>Ruim (MEMORIZAÇÃO)</b> 4 pontos</p> <p>A falta de organização do trabalho, cuidado e preservação dos materiais apresentados podem comprometer significativamente o desenvolvimento de projetos.</p>
--	---	--	---	---

## Trabalho em grupo

Peso 12%

<p><b>Excelente (CRIAÇÃO)</b> 10 pontos</p> <p>O grupo se destacou no exercício pleno da empatia, cooperação e diálogo entre os membros, provendo a cultura do respeito e do acolhimento no ambiente escolar.</p>	<p><b>Bom (ANÁLISE)</b> 8 pontos</p> <p>O grupo exercitou a empatia, cooperação e diálogo entre os membros.</p>	<p><b>Razoável (APLICAÇÃO)</b> 7 pontos</p> <p>O grupo apresentou algumas dificuldades no exercício da empatia, cooperação e diálogo para a solução de conflitos que não comprometeram de maneira significativa o desenvolvimento do trabalho.</p>	<p><b>Insatisfatório (COMPREENSÃO)</b> 5 pontos</p> <p>O grupo apresentou algumas dificuldades no exercício da empatia, cooperação e diálogo para a solução de conflitos que comprometeram de maneira significativa o desenvolvimento do trabalho.</p>	<p><b>Ruim (MEMORIZAÇÃO)</b> 4 pontos</p> <p>O grupo não exercitou a empatia, cooperação e diálogo entre os membros, transgredindo a cultura do respeito e do acolhimento no ambiente escolar.</p>
---	---	--	--	--

**Problema 01** - Fernando pretende adaptar um motor elétrico ao portão de sua casa de abertura horizontal. Com um conjunto de 4 engrenagens, sendo uma de 8 dentes, uma de 12 e duas de 24, Fernando deseja transmitir o movimento do eixo do motor à cremalheira do portão de modo que a abertura seja a mais lenta possível. Considere que a frequência do motor é de 360 RPM e que o vão de abertura do portão é de 6 metros.

- A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a melhor relação de transmissão para Fernando?
- B. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre a relação de transmissão sugerida à Fernando.
- C. Dadas as dimensões das engrenagens projetadas e confeccionadas, quanto tempo demorará a abertura total do portão na relação de transmissão sugerida?
- D. Caso Fernando mude de ideia, qual outra relação de transmissão possível e quanto tempo demoraria a abertura do portão?

**Problema 02** - Um pequeno motor a pilha é utilizado para movimentar um carrinho de brinquedo. Um sistema de engrenagens transforma a velocidade de rotação desse motor na velocidade de rotação adequada às rodas do carrinho. Esse sistema é formado por quatro engrenagens, sendo duas de 8 dentes e duas de 24 dentes. Considerando que a frequência do motor é de 13,5 Hz, determine:

- A. Qual a maior frequência possível transmissível à roda?
- B. Como podemos combinar essas engrenagens para obter essa relação de transmissão?
- C. Quais outras relações de transmissão possíveis e respectivas frequências da roda?
- D. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em B e C.

**Problema 03** - A invenção e o acoplamento entre engrenagens revolucionaram a ciência na época e propiciaram a invenção de várias tecnologias, como os relógios. Ao construir um pequeno cronômetro, Amandinha possui um motor que gira a 9 RPM e precisa transmitir esse movimento ao ponteiro dos segundos. Dispondo de um conjunto de 4 engrenagens, sendo uma de 6 dentes, uma de 9 dentes, uma de 18 e uma de 26 dentes, determine:

- A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a relação de transmissão que Amandinha precisa?
- B. Quais outras relações de transmissão poderíamos oferecer à Amandinha?
- C. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em A e B.

**Problema 04** - Motores comumente operam a uma velocidade fixa. O uso de engrenagens permite que a velocidade original do motor seja modificada a depender da aplicação. Considere que Marquinhos pretende construir um carrinho com um motor que gira a uma frequência de 36 RPM e que este movimento precise ser transmitido ao eixo das rodas com a maior velocidade possível. Dispondo de um conjunto de 4 engrenagens, sendo duas de 12 dentes, uma de 28 dentes e uma de 36 dentes, determine:

- A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a relação de transmissão que Marquinhos precisa?
- B. Quais outras relações de transmissão poderíamos oferecer ao Marquinhos?
- C. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em A e B.

**Problema 05** - Uma roda d'água de 50 centímetros de raio está instalada em um ponto do rio na fazenda de Dona Joana onde a velocidade média da correnteza é de  $20\pi$  cm/s. Para transmitir

o movimento dessa roda a um gerador de 120 polos, Dona Joana dispõe de um conjunto de engrenagens que precisa ser combinado de modo que o gerador produza uma corrente alternada à mesma frequência de 60 Hz de funcionamento dos eletrodomésticos de sua casa. Sabendo que esse conjunto é composto de quatro engrenagens com os seguintes números de dentes: 6, 20, 24 e 25, determine:

- A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a relação de transmissão que Dona Joana precisa?
- B. Alguma outra combinação desse mesmo conjunto de engrenagens poderia ser aplicada para outro valor de correnteza do rio? Que valor seria?
- C. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em A e B.

**Problema 06** - Motores comumente operam a uma velocidade fixa. O uso de engrenagens permite que a velocidade original do motor seja modificada a depender da aplicação. Considere que Pedrinho pretende construir um carrinho com um motor que gira a uma frequência de 18 RPM e que este movimento precise ser transmitido ao eixo das rodas a uma frequência de 108 RPM. Dispondo de um conjunto de 4 engrenagens, sendo duas de 14 dentes, uma de 28 dentes e uma de 42 dentes, determine:

- A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a relação de transmissão que Pedrinho precisa?
- B. Quais outras relações de transmissão poderíamos oferecer ao Pedrinho?
- C. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em A e B.

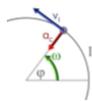
**Problema 07** - Uma empresa fabricante de robôs utiliza motores com caixa de redução embutida para seu sistema de locomoção por rodas. Um problema de distribuição do fornecedor dos motores gerou o envio de um carregamento de motores sem caixa de redução. Por causa desse problema, Sabrina precisará montar para seu carrinho de corrida um sistema próprio de transmissão com o conjunto de 4 engrenagens que dispõe. Considere que as engrenagens são duas de 24 dentes, uma de 12, uma de 18, que o motor gira a 240 RPM e que as rodas do eixo de tração possuem 32 mm de diâmetro. Determine:

- A. Como podemos combinar essas engrenagens para obter a relação de transmissão que Sabrina precisa?
- B. Com o sistema de transmissão indicado, qual será a velocidade do carrinho?
- C. Se Sabrina tivesse a possibilidade de escolher entre substituir alguma engrenagem por uma de 6 dentes ou substituir as rodas do eixo de tração por outras com o dobro do diâmetro, o que ela deveria escolher?
- D. Projete e confeccione este conjunto de engrenagens no FABLAB e demonstre as relações de transmissão indicadas em A e B.

## APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO “MOVIMENTO CIRCULAR, ARTE E FEEDBACK”.

23/01/2023 07:25

Movimento Circular, Arte e Feedback (1A EM - Física - 2022)



### Movimento Circular, Arte e Feedback

\* Obrigatória

\* Este formulário registrará seu nome. Preencha-o.

23/01/2023 07:25

Movimento Circular, Arte e Feedback (1A EM - Física - 2022)

1

Visitando a obra de Leonardo da Vinci e um pouco de sua história, foi possível relacionar a Arte com os estudos que desenvolvemos na disciplina de Física nesta etapa? \*



- Sim
- Não

2

Explique que associações você estabeleceu entre a obra de Leonardo da Vinci, a Arte de maneira geral e os trabalhos que desenvolvemos nesta etapa sobre Movimento Circular e Transmissão de Movimento.

23/01/2023 07:25

Movimento Circular, Arte e Feedback (1A EM - Física - 2022)

3

Ordene as obras de Leonardo da Vinci abaixo conforme as associações que você estabeleceu com os conceitos estudados sobre movimento. Pesquise na internet, caso ache necessário.

4

Antes das atividades desenvolvidas, você pensava que era importante haver uma ciclovia que permitisse o acesso de bicicleta à escola?

 Sim Não

23/01/2023 07:25

Movimento Circular, Arte e Feedback (1A EM - Física - 2022)

5

O que você pensa agora, após as atividades?

- considero importante
- não considero importante

6

O que seria necessário para ampliar o transporte por bicicletas em Franca?

7

Classifique abaixo o grau de importância das atividades desenvolvidas para o seu **aprendizado** e **questionamento de mundo**. \*

	Irrelevante	Pouco relevante	Razoável	Importante	Muito importante
<b>Tarefa</b> <b>Podcast</b> - A bicicleta como meio de transporte alternativo	<input type="radio"/>				
<b>Questionário</b> <b>FORMS</b> - Levantamento de concepções sobre movimento Explique como o trabalho desenvolvido nesta etapa contribuiu para o seu <b>questionamento de mundo</b> . *					
<b>Aula</b> <b>Explicativa</b> - Apresentação e definição dos conceitos em sala (lousa)					
<b>Tarefa</b> <b>Resumo e Exercícios</b> - Movimento Circular	<input type="radio"/>				
<b>Tarefa</b> <b>FABLAB</b> - Transmissão de Movimento	<input type="radio"/>				
<b>Tarefa Lista de Exercícios</b> - Transmissão de Movimento	<input type="radio"/>				

23/01/2023 07:25

Movimento Circular, Arte e Feedback (1A EM - Física - 2022)

**Explicativa** -  
Resolução de  
exercícios em  
sala

**Prova** -  
Movimento  
Circular e  
Transmissão  
de  
Movimento

**Atividade  
Leonardo da  
Vinci** -  
Movimento  
Circular e  
Arte

9

Classifique abaixo a importância das tecnologias educacionais digitais para o desenvolvimento do plano de trabalho didático da disciplina e o seu aprendizado. \*

10

Explique o papel das tecnologias educacionais na sua rotina de estudo \*

**Microsoft**

**Teams** -

atribuição de tarefas, feedback de notas, postagens de recados e chats.

**Microsoft**

**Onenote** -

caderno digital com biblioteca do conteúdo da disciplina

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Microsoft**

**Stream** -

vídeos de resolução detalhada dos exercícios

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Phet**

**Colorado** -

portal de simulações didáticas

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Geekie** -

portal com biblioteca de videoaulas e exercícios

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Geogebra** -

software dinâmico de matemática

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

23/01/2023 07:25

Movimento Circular, Arte e Feedback (1A EM - Física - 2022)

**FABLAB** -  
laboratório  
*maker*



## ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PESQUISA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA NA ÁREA DE EDUCAÇÃO DESTINADO AOS RESPONSÁVEIS POR ALUNOS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UBERLÂNDIA - MINAS GERAIS

Título do Projeto: “*Estudo da forma como estudantes do ensino médio se organizam para a resolução de problemas em Física*”

Pesquisadora responsável: Profa. Dra. Débora Coimbra

e-mail: [debora.coimbra@ufu.br](mailto:debora.coimbra@ufu.br) / fones: (34) 99206-1481

Mestrando: Alexandre Jurandir Aparecido

#### **1. Esta seção fornece informações acerca do estudo em que seu (sua) filho(a) estará participando:**

Seu (sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar em uma pesquisa que visa analisar de que maneira os adolescentes se organizam para resolver problemas em Física, a partir da utilização de diversas estratégias didáticas diferentes (discussões entre os estudantes, realização de jogos e experimentos virtuais, resolução de problemas, utilização de *softwares* didáticos e leitura de textos de divulgação científica). Os resultados deste estudo poderão contribuir para que professores aprimorem suas atividades em sala de aula, colaborando para a aprendizagem dos estudantes.

Em caso de dúvida, você pode entrar em contato com o pesquisador responsável através do telefone e endereço eletrônico fornecidos nesse termo.

Os procedimentos de pesquisa, caso haja consentimento dos envolvidos, estarão ligados à:

- i. coleta e reprodução de tarefas realizadas nas aulas de Física;
- ii. filmagem e captação de áudio das atividades realizadas nas salas de aula para posterior transcrição e análise dos processos de ensino e aprendizagem.

Na comunicação de resultados da pesquisa, os nomes do professor e dos alunos serão retirados de todos os trabalhos e substituídos por nomes fictícios. Os pesquisadores se comprometem, ainda, a utilizar os dados aqui coletados apenas para fins desta pesquisa ou de outras, com propósitos semelhantes e com os mesmos cuidados éticos na preservação da identidade dos envolvidos.

**2. Esta seção descreve os direitos de seu (sua) filho(a) como participante desta pesquisa:**

Você e seu (sua) filho(a) podem fazer perguntas sobre a pesquisa a qualquer momento e tais questões serão respondidas.

A participação é confidencial. Apenas os pesquisadores responsáveis terão acesso à sua identidade. No caso de haver publicações ou apresentações relacionadas à pesquisa, nenhuma informação que permita a identificação será revelada.

A participação de seu (sua) filho(a) é voluntária e a não participação na pesquisa (ou seja, não ser filmado e não utilização das tarefas escritas reproduzidas) não é passível de qualquer punição.

Este estudo envolverá gravação de vídeo. Apenas os pesquisadores terão acesso a estes registros. O material da pesquisa será arquivado no Banco de Dados do grupo de pesquisa e só poderá ser acessado por pesquisadores com interesses de pesquisa em questões de ensino e aprendizagem em ciências e que se comprometerem aos mesmos cuidados éticos aqui apresentados.

Este estudo não envolve qualquer risco à saúde mental ou física das pessoas e não irá interferir, senão positivamente, na qualidade do ensino e na atenção, a elas dispensada, em sala de aula.

É garantido ao participante da pesquisa ou ao seu representante legal o recebimento de indenização por danos morais e/ou materiais decorrentes direta ou indiretamente da participação nesta pesquisa.

**3. Esta seção indica que você está dando seu consentimento para que seu (sua) filho(a) participe da pesquisa:****Responsável pelo(a) participante:**

A pesquisadora Prof. Débora Coimbra do PPGECM/UFU solicitou a minha participação neste estudo intitulado “*Estudo da forma como estudantes do ensino médio se organizam para a resolução de problemas em Física*”.

Eu concordo que meu(minha) filho(a) participe desta investigação, autorizo a utilização de trabalhos produzidos em aulas de Física e o registro em áudio e vídeo de atividades em sala de aula.

Estou ciente, ainda, de que os registros farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, para estudo e compreensão de processos de ensino e aprendizagem em ciências.

Eu li e compreendi as informações fornecidas. Eu entendi e concordo com as condições do estudo como descritas. Eu entendo que este documento foi redigido em duas vias idênticas e que receberei uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

Eu, voluntariamente, aceito que meu(minha) filho(a) participe desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que está escrito acima e dou meu consentimento.

Franca, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

Assinatura do(a) aluno(a):

---

Nome legível do responsável pelo(a) aluno(a):

---

Assinatura do responsável pelo(a) aluno(a):

---

**Pesquisadora:**

Uberlândia, 15 de março de 2022.



---

Assinatura da Pesquisadora