



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**YAGO VASCONCELOS MARINHO**

**ALAVANCAS NO CORPO HUMANO: UMA PROPOSTA  
INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO  
FUNDAMENTADA NA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS**

**FORTALEZA  
2026**

YAGO VASCONCELOS MARINHO

ALAVANCAS NO CORPO HUMANO: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR  
PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO FUNDAMENTADA NA  
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Licenciatura em  
Física do Centro de Ciências da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Chaves

FORTALEZA  
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M291a Marinho, Yago Vasconcelos.

Alavancas no corpo humano : uma proposta interdisciplinar para o ensino de física no ensino médio fundamentada na aprendizagem baseada em problemas / Yago Vasconcelos Marinho. – 2026. 46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2026.

Orientação: Prof. Dr. Andrey Chaves.

1. Alavancas. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Ensino de Física. 4. Interdisciplinaridade. 5. Estática dos sólidos. I. Título.

CDD 530

---

YAGO VASCONCELOS MARINHO

ALAVANCAS NO CORPO HUMANO: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR  
PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO FUNDAMENTADA NA  
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Licenciatura em  
Física do Centro de Ciências da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Chaves

Aprovado em: 21/01/2026

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Andrey Chaves (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus,  
Por toda graça e zelo por minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Gratidão eterna a Deus pelas suas misericórdias que sempre me alcançam. Toda força, saúde, cuidado e provisão fornecidas por Ele fizeram-me chegar até aqui. E até aqui me ajudou o Senhor.

Agradeço aos meus pais, que mesmo com todas as dificuldades da vida, longas e exaustivas horas de trabalho, não mediram esforços para me proporcionar uma boa qualidade de vida, bons valores, bom exercício da cidadania, e principalmente, uma ótima educação.

Agradeço ao meu irmão, por ter sido e ser meu melhor abraço nos dias mais alegres e mais angustiosos. Obrigado por cada palavra e ato de carinho além do apoio incondicional.

Agradeço ao professor Dr. Andrey Chaves pela sua disponibilidade e seriedade na orientação deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará por me proporcionar uma ótima graduação e oportunidades.

“O amor é a única coisa capaz de transcender as dimensões do tempo e do espaço.”

(Interstellar)

## RESUMO

O presente trabalho visa propor uma aula de Física sobre alavancas, tendo o corpo humano e as atividades físicas como objeto de estudo, a partir da Aprendizagem Baseada em Problema (ABP) e uma interdisciplinaridade com a Educação Física. A pesquisa se inicia com uma fundamentação teórica pedagógica para a proposta de aula. Aborda-se a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, numa busca por um processo de ensino relevante e crítico para os educandos, distanciando-se de uma metodologia tradicional focada na memorização de fórmulas. Como contraproposta apresenta-se a ABP como metodologia ativa base para aula. Apresentamos um breve histórico da ABP, as concepções que a fundamentam e sua estrutura. A proposta de aula do trabalho interliga-se com estudos de outra área, no caso, a Educação Física. Portanto, em seguida faz-se necessário uma discussão sobre a interdisciplinaridade, com uma breve contextualização histórica, sua estrutura e suas diferenças para a multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade. Trataremos também do método avaliativo da aula que será a avaliação formativa, pois proporciona o dinamismo e a criticidade no processo de ensino e aprendizagem buscado. Em seguida, há uma fundamentação dos conteúdos de Física que servirão como âncoras no ensino e, logo mais, a aplicação do estudo de alavancas nos exercícios físicos de apoio de frente e rosca direta. Por fim, é apresentado o plano de aula com seus objetivos, detalhes, considerações e um exemplo de como se dá o processo avaliativo.

**Palavras-chave:** alavancas; aprendizagem significativa; aprendizagem baseada em problema; avaliação formativa; ensino de física; estática dos sólidos; interdisciplinaridade.

## ABSTRACT

This work aims to propose a Physics lesson on levers, using the human body and physical activities as objects of study, based on Problem-Based Learning (PBL) and an interdisciplinary approach with Physical Education. The research begins with a pedagogical theoretical framework that supports the lesson proposal. It addresses David Ausubel's theory of meaningful learning, seeking a relevant and critical teaching process for students, distancing itself from traditional methodologies focused on the memorization of formulas. As an alternative, PBL is presented as the active methodology guiding the lesson. A brief historical overview of PBL is provided, along with the conceptions that underpin it and its instructional structure. The lesson proposal articulated in this work establishes connections with another field of knowledge, namely Physical Education. Therefore, a discussion on interdisciplinarity is developed, including a brief historical contextualization, its conceptual structure, and the distinctions between multidisciplinary and transdisciplinarity. The assessment method adopted in the lesson is also discussed, namely formative assessment, due to its potential to promote dynamism and critical reflection in the teaching and learning process. Subsequently, a theoretical foundation of the Physics content that serves as conceptual anchors for learning is presented, followed by the application of lever analysis to the physical exercises of push-ups and biceps curls. Finally, the lesson plan is presented, including its objectives, structure, considerations, and an example of the assessment process.

**Keywords:** levers; meaningful learning; problem-based learning; formative assessment; physics teaching; statics of rigid bodies; interdisciplinarity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O ciclo da aprendizagem na ABP .....	20
Figura 2 – Esquemática da interdisciplinaridade .....	23
Figura 3 – Esquemática da multidisciplinaridade .....	24
Figura 4 – Esquemática da transdisciplinaridade .....	24
Figura 5 – Gangorra .....	27
Figura 6 – Torque aplicado em portas .....	28
Figura 7 – Torque aplicado em uma chave para desapertar rodas .....	29
Figura 8 – Centro de gravidade de um sistema de $n$ pontos materiais em relação ao eixo das abscissas no plano cartesiano .....	30
Figura 9 – Centro de gravidade de um sistema de $n$ pontos materiais em relação ao eixo das ordenadas no plano cartesiano. ....	30
Figura 10 – Alavanca interfixa .....	31
Figura 11 – Alavanca inter-resistente .....	32
Figura 12 – Alavanca interpotente .....	33
Figura 13 – Apoio de frente apoiado no solo.....	34
Figura 14 – Ilustração da medição da força aplicada por um braço no apoio de frente.....	35
Figura 15 – Exercício de rosca direta.....	36
Figura 16 – Esquema da biomecânica do braço no exercício de rosca direta.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Plano de aula .....	38
Tabela 2 – Competências e habilidades da proposta de aula .....	40
Tabela 3 – Informações relevantes para aplicação da situação-problema .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problema
ACP	Abordagem Centrada na Pessoa
APD	Aprendizagem pela Descoberta
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FAMEMA	Faculdade de Medicina de Marília
PBL	Problem-Based Learning
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PPP	Projeto Político Pedagógico
VIGITEL	Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PEDAGÓGICA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Aprendizagem significativa</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Aprendizagem Baseada em Problema (ABP)</b> .....	<b>16</b>
2.2.1	<i>Um breve histórico da ABP</i> .....	17
2.2.2	<i>Concepções que fundamentam a Aprendizagem Baseada em Problema</i> .....	17
2.2.3	<i>Estrutura da Aprendizagem Baseada em Problema</i> .....	19
<b>2.3</b>	<b>Interdisciplinaridade</b> .....	<b>20</b>
2.3.1	<i>Um breve histórico da interdisciplinaridade</i> .....	20
2.3.2	<i>Afinal, o que é interdisciplinaridade?</i> .....	22
2.3.3	<i>Interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade</i> .....	23
<b>2.4</b>	<b>Avaliação formativa</b> .....	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>ESTÁTICA DOS SÓLIDOS</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Equilíbrio do corpo extenso</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Momento escalar de uma força em relação a um eixo</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Centro de gravidade</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4</b>	<b>Alavancas</b> .....	<b>31</b>
3.4.1	<i>Alavancas interfixas</i> .....	31
3.4.2	<i>Alavancas inter-resistentes</i> .....	32
3.4.3	<i>Alavancas interpotentes</i> .....	33
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE ALAVANCAS APLICADO A ATIVIDADE FÍSICA</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Estudo de alavancas aplicado ao exercício de apoio de frente</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2</b>	<b>Estudo de alavancas aplicado ao exercício de rosca direta</b> .....	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DE AULA</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Plano de aula e considerações</b> .....	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>Experimentação do processo de avaliação</b> .....	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de física na educação básica brasileira tem um histórico desafiador, marcado por dificuldades que passam pelo desinteresse prévio dos alunos, preconceitos intimamente mais ligados a formalismos matemáticos do que conceitos físicos propriamente ditos, e ainda uma predominância da metodologia tradicional bancária como denomina Freire (2005), que tem o professor como única fonte do conhecimento em sala de aula e os alunos apenas como ‘depósitos’ de conhecimento.

Nesse contexto, corrobora-se a ideia da Física se resumir a apenas uma ‘matemática do ensino médio’, com aulas que se propõem a apenas apresentar fórmulas a serem memorizadas e, no momento da avaliação somativa, aplicadas substituindo as incógnitas por dados nos enunciados da questão, geralmente com situações-problemas distantes do contexto do educando. Além disso, como aponta Moreira (2017), há um número reduzido e/ou nível baixo de preparo de professores, más condições de trabalho, uma carga horária reduzida da disciplina de Física, uma descaracterização da Física no currículo e uma falta de atualização de conteúdos como quântica, supercondutividade, física de partículas.

Especificamente para o estudo da Mecânica, há várias aberturas para experimentações que contextualizem para os alunos aplicações da teoria apresentada. Porém o que se percebe são aulas excessivamente teóricas que não geram um conhecimento significativo para o corpo discente de modo que ele seja capaz de perceber e aplicar princípios de fenômenos naturais no seu cotidiano.

Diante disso, a aprendizagem significativa se mostra como um referencial teórico pedagógico capaz de orientar práticas mais assertivas em sala de aula, uma vez que valoriza o potencial do aluno, seus conhecimentos prévios (portanto, seu contexto social), e a relação entre teoria e prática. Ao tratar o conteúdo de alavancas tendo o corpo humano em atividades físicas como objeto de estudo, cria-se um ambiente propício para problematizações propostas pelos alunos e uma integração dos conceitos físicos a algo pertinente na vida do corpo discente.

Os exercícios físicos surgem como uma motivação a mais para este trabalho visto que há um aumento considerável na prática de exercício físico na população brasileira de acordo com o Ministério da Saúde (Brasil, 2022). Por meio de uma pesquisa realizada pelo Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel) a prática de atividade física no tempo livre equivalente a 150 minutos de atividade moderada por semana, passou de 30,3% em 2009 para 36,7% em 2021. Com isso, também surge o risco de lesões quando os exercícios são mal executados e/ou com cargas excessivas.

Esse contexto abre uma abordagem interdisciplinar entre a Física e a Educação Física, em que se aplicará o conhecimento de momento escalar de uma força, equilíbrio de corpos extensos e alavancas na prática de exercícios físicos, sendo uma estratégia pedagógica capaz de promover uma aprendizagem mais contextualizada, crítica e significativa, com o aluno avaliando riscos e propondo estimativas e soluções com pensamento científico.

Assim, a escolha por um método avaliativo coerente com os objetivos, necessita ser dinâmico, que acompanhe o processo de ensino-aprendizagem, contextualizado, focado no aluno, permitindo ajustes específicos no desenvolvimento cognitivo. Para isso, escolhe-se a avaliação formativa como metodologia para a aula proposta por esse trabalho.

Dessa forma, a problemática central que este trabalho se propõe a investigar é: de que maneira uma proposta de aula interdisciplinar, baseada na aprendizagem significativa, pode contribuir para a compreensão do conceito de alavancas, contextualizado na realidade do educando?

Diante desse cenário, este trabalho sugere o desenvolvimento de uma aula interdisciplinar para o ensino de alavancas no Ensino Médio, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e na metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). A proposta busca utilizar situações-problema relacionadas à prática de exercícios físicos, especificamente o apoio de frente e a rosca direta, como forma de incentivar os conhecimentos prévios dos alunos e promover a construção ativa do conhecimento.

Portanto, esse trabalho apresenta inicialmente uma fundamentação pedagógica conceituando a aprendizagem significativa na perspectiva de Ausubel, em seguida discute-se a ABP com uma contextualização histórica, concepções que a fundamentam e a sua estrutura de aplicação. Adiante, apresentamos uma discussão sobre a interdisciplinaridade a partir de uma abordagem histórica, sua conceituação com embasamento nas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e sua distinção da multidisciplinaridade e da transdisciplinaridade. A seguir será relevante a discussão da avaliação formativa, como ela se define, implementa e impacta no ensino e na prática docente. Adiante apresenta-se a fundamentação teórica física que permeia a proposta de aula fornecida por esse trabalho que visa o estudo de alavancas com a exposição sobre equilíbrio de corpos extensos, momento escalar de uma força, centro de massa e alavancas. A proposta de aula será apresentada em seguida com objetivos embasados pelas competências e habilidades de BNCC e uma experimentação do processo avaliativo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PEDAGÓGICA

Diante das mudanças sociais e suas necessidades, torna-se necessária a promoção de transformações também nas salas de aula. Elas são o espaço social que capacita futuros cidadãos para a sociedade no intuito de torná-los capazes de atender as demandas com pensamento crítico e científico bem fundamentado. Portanto, é importante que a didática aplicada ao ensino de Física seja repensada de modo que o conhecimento proposto aos alunos se torne mais concreto, aplicável, significativo e contextualizados aos desafios do mundo contemporâneo.

Dito isso, essa seção do trabalho tem como objetivo apresentar as fundamentações teóricas que darão suporte aos objetivos pedagógicos estabelecidos para os educandos na proposta de aula que será apresentada. Inicialmente uma explanação sobre a aprendizagem significativa na perspectiva de David Ausubel, em seguida abordaremos a metodologia ativa da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), adiante será tratado uma conceituação da interdisciplinaridade, e por fim, trataremos da avaliação formativa.

### 2.1 Aprendizagem significativa

Em uma aula sobre sonetos, que são poemas de estruturas fixas baseadas no modelo italiano (normalmente o aprendido na educação básica), são compostos por dois quartetos (duas estrofes com quatro versos) e dois tercetos (duas estrofes com três versos). Esta aula seria melhor desenvolvida na estrutura cognitiva do aluno após a exposição do que é poema, suas estruturas, versos, estrofes, rimas, antes de uma abordagem direta do que é um soneto.

Da mesma forma, pode-se pensar numa aula de Física sobre campo elétrico e o comportamento de cargas elétricas em campos (conteúdo programático de uma turma de 2º ano do ensino médio) e como é interessante fazer um paralelo com campo gravitacional e o comportamento de corpos interagindo com esse campo (conteúdo já visto no 1º ano do ensino médio e/ou até nas aulas de ciências ainda no ensino fundamental). Esses paralelos com conhecimentos prévios para geração de novos conhecimentos e aprimoramento do antigo são a base da teoria da aprendizagem significativa desenvolvida pelo estadunidense David Ausubel (1908-2008), na década de 1960. Como afirma Ausubel (1980, p.4) ao sintetizar sua perspectiva sobre a psicologia educacional:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.

O objeto de conhecimento prévio específico no cognitivo do educando que será ligado para a construção de novos conhecimentos é denominado “subsunçor”. Para isso, ele deve ser algo (símbolo, conceito, proposição, imagem) já consolidado na estrutura cognitiva do aluno

de modo que tenha alguma clareza, estabilidade e capacidade de diferenciação de outros objetos de conhecimento. No exemplo inicial, o discente já deve diferenciar um poema de uma narrativa ou dissertação. Essa clareza favorecerá o desenvolvimento do conceito e estruturação de um soneto para ele. A partir disso, tem-se um processo de interligação conceitual, entre antigo e novo, objetivando clareza na mente do aprendiz como pontua Moreira (2019, p.32):

Segundo Ausubel, a essência do processo de aprendizagem significativa reside em que ideias expressas simbolicamente são relacionadas de uma maneira não-arbitrária e não-litera com aquilo que o aprendiz já sabe, ou seja, com algum aspecto existente, e especificamente relevante, de sua estrutura cognitiva preexistente, como uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição. Este aspecto já existente na estrutura cognitiva e que pode ser um conceito, uma proposição, uma imagem, um símbolo, enfim um conhecimento específico, com pelo menos alguma clareza, estabilidade e diferenciação é o que se chama de “subsunção”.

O modelo que contrasta com a aprendizagem significativa é a aprendizagem mecânica, que se baseia na absorção de novos conhecimentos sem nenhum paralelismo com informações relevantes anteriormente fixadas na estrutura cognitiva. Sendo assim, o que é novidade é retido de forma discricionária e atua de “forma puramente memorística, sem significado, sem compreensão, sem capacidade de explicar, de transferir” (Moreira, 2017, p.4). Retomando nosso segundo exemplo de aula, seria uma abordagem de campo elétrico e sua interação com cargas elétricas sem nenhuma tentativa de buscar conhecimentos prévios dos alunos, e ficaria armazenado como um conhecimento completamente novo e arbitrário no cognitivo do aluno. Entretanto, esses dois modelos de aprendizagem (significativa e mecânica) não são dicotômicos, mas podem fazer parte de um processo contínuo para o sucesso no processo de ensino-aprendizagem, como aponta Moreira (2009, p.31):

Contudo, a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não é dicotômica. Estes dois tipos de aprendizagem estão em extremos opostos de um mesmo contínuo. Isto significa que não se deve pensar que a aprendizagem é significativa ou mecânica. Há casos intermediários. É possível que uma aprendizagem inicialmente mecânica passe, progressivamente, à significativa.

Portanto, para a aprendizagem significativa ser efetiva, é fundamental que na estrutura cognitiva do aluno haja um conjunto de “subsunções”, que podem ser inicialmente construídos por meio de processos mecânicos. A partir do estabelecimento de muitas estruturas base, mais elaborado e estável ficam para serem utilizados como âncoras na busca de novas informações com um potencial significante na vida do educando.

## **2.2 Aprendizagem Baseada em Problema (ABP)**

Com o objetivo de superar a abordagem tradicional bancária, como definida por Freire (2006), as metodologias ativas de ensino surgem como uma proposta educacional em que o aluno está no centro do processo de aprendizagem. O sujeito constrói seu próprio conhecimento

por meio de uma postura ativa, prática e reflexiva diante a situações-problema que o desafiam, como aponta Santos (2019, p.7):

É uma concepção educativa que estimula processos de construção de ação-reflexão-ação em que o estudante tem uma postura ativa em relação ao seu aprendizado numa situação prática de experiências, por meio de problemas que lhe sejam desafiantes e lhe permitam pesquisar e descobrir soluções, aplicáveis à realidade.

Nesse cenário, ao se colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem e o professor como mediador, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) se propõe a cumprir os objetivos pedagógicos das metodologias ativas em fazer com que o aluno tenha uma aprendizagem significativa com autonomia, conceitos bem fundamentados, aplicáveis e contextualizados.

### 2.2.1 Um breve histórico da ABP

A ABP, originalmente traduzida do inglês *Problem-Based Learning* (PBL), surge na década de 1960. Sistematizada para o ensino de medicina na Escola de Medicina McMaster, na cidade de Hamilton, província de Ontário, Canadá, quando John Evans assumiu a reitoria formando o Comitê de Educação da McMaster. O intuito era transformar o processo de ensino na escola, tornando-o mais prático – o que é fundamental para futuros médicos (BorochoVICIUS, 2014).

No Brasil, os primeiros cenários que ocorreram a adoção da ABP também foram em instituições de ensino voltadas a área da saúde. A pioneira Escola de Saúde Pública do Ceará em 1993, na Faculdade de Medicina de Marília (FAMEMA) em 1997 e no curso de Ciências Médicas da Universidade de Londrina, como aponta BorochoVICIUS (2014, apud Carlini, 2006). Entretanto, posteriormente, a metodologia passou a ser aplicada em diferentes áreas de conhecimento e níveis de ensino, como em aulas de história no ensino fundamental em turmas de 7º ano (BorochoVICIUS, 2021); aulas de matemática e biologia em turmas de ensino médio, além de livros que discutiam ABP no ensino superior para diferentes áreas como administração e contabilidade (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019).

### 2.2.2 Concepções que fundamentam a Aprendizagem Baseada em Problema

As teorias psicológicas de aprendizagem em que a ABP parece se basear são as de David Ausubel, John Dewey, Jean Piaget, Carl Rogers e Jerome Bruner (Ribeiro; Escrivão Filho, 2011). Todas essas concepções entram em conformidade com o ensino construtivista, no qual o ensino não é apenas transmitido de um professor detentor do saber para um educando que é compreendido como sujeito passivo para o seu autodesenvolvimento. No entanto, é um

conhecimento construído a partir do próprio contexto do aluno, com suas experiências e indagações, mediadas por um tutor ou facilitador.

John Dewey (1859-1952), professor e filósofo estadunidense, foi um dos pioneiros do movimento da Educação Progressiva, no Brasil reconhecido como Movimento Escola Nova. Dewey defendia a unificação da teoria e prática na busca por conhecimento como reação ao ensino tradicional. Esse movimento surge no final do século XIX e ganha força em território brasileiro no início do século XX (Beck, 2016). O embasamento do movimento era um processo de aprendizagem por meio do protagonismo do discente na resolução de um problema, colaborando para um desenvolvimento moral e intelectual. Até então, era um procedimento completamente novo para a época que tinha uma educação fundada em memorização e repetição de processos para absorção de novos saberes (Borochovicus, 2014, apud Salvador, 1999).

Jean Piaget (1896-1980), biólogo e psicólogo suíço, produziu a Teoria do Desenvolvimento Cognitivo, amplamente estudada e aplicada nas instituições de ensino nos cursos de licenciatura. A teoria de Piaget se fundamenta em três termos: equilíbrio, assimilação e acomodação. O biólogo compreende que o desenvolvimento cognitivo do sujeito ocorre por meio da sua interação ativa com o meio, interpretando novas informações e reorganizando saberes prévios. Dessa forma o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da assimilação de novos saberes em paralelismo com estruturas prévias de informações, acomodando-os em estruturas novas, buscando assim um estado de equilíbrio cognitivo. Como esclarece Piaget (1999, p.89):

Levando-se em conta, então, esta interação fundamental entre fatores internos e externos, toda conduta é uma assimilação do dado a esquemas anteriores (assimilação a esquemas hereditários em graus diversos de profundidade) e toda conduta é, ao mesmo tempo, acomodação destes esquemas a situação atual. Daí resulta que a teoria do desenvolvimento apela, necessariamente, para a noção de equilíbrio entre os fatores internos e externos ou, mais em geral, entre a assimilação e a acomodação.

Carl Rogers (1902-1987), psicólogo estadunidense, é reconhecido pelas suas contribuições na psicologia humanista, denominada a terceira força da psicologia, e o desenvolvimento da Abordagem Centrada na Pessoa (ACP). Concepções que surgiram da sua própria experiência como terapeuta e psicólogo clínico e foram amplamente aplicadas em variadas esferas da sociedade como na educação, relações sociais, gestão de pessoas, meio político e trabalhos em grupo. Como o próprio nome da abordagem sugere, aplicando-a no ramo educacional, o aluno precisa ser a figura central do processo de aprendizagem, refletindo, indagando, demonstrando interesse, fazendo escolhas e sendo estimulado por um professor-

facilitador que esteja disposto a se adaptar, renovar processos de ensino e estimular o discente (Lima; Barbosa; Peixoto, 2018).

Jerome Bruner (1915-2016), psicólogo estadunidense, produziu teorias ligadas à linguagem, pedagogia, antropologia e ao que vamos dar mais ênfase: o processo de aprendizagem (Borba; Goi, 2021). A Aprendizagem pela Descoberta (APD) propõe a estimulação do desenvolvimento cognitivo do indivíduo por meio de um problema contextualizado à realidade do aluno para ser solucionado por meio de discussões em grupo, facilitando a fixação do saber. Bruner elenca o processo de aprendizagem em passos quase que simultâneos, com o sucesso dependente da postura do educando, para que a experiência seja positiva, necessita ser ativa, motivada, curiosa e com vontade de aprender. Os passos seriam: I) possuir um novo saber, que poderá entrar em contraste ou não com um conhecimento prévio; II) transformação da informação interligando a novas ideias; III) avaliar a consistência da nova informação, como aponta Borochovcicius (2014, apud Bruner, 1976).

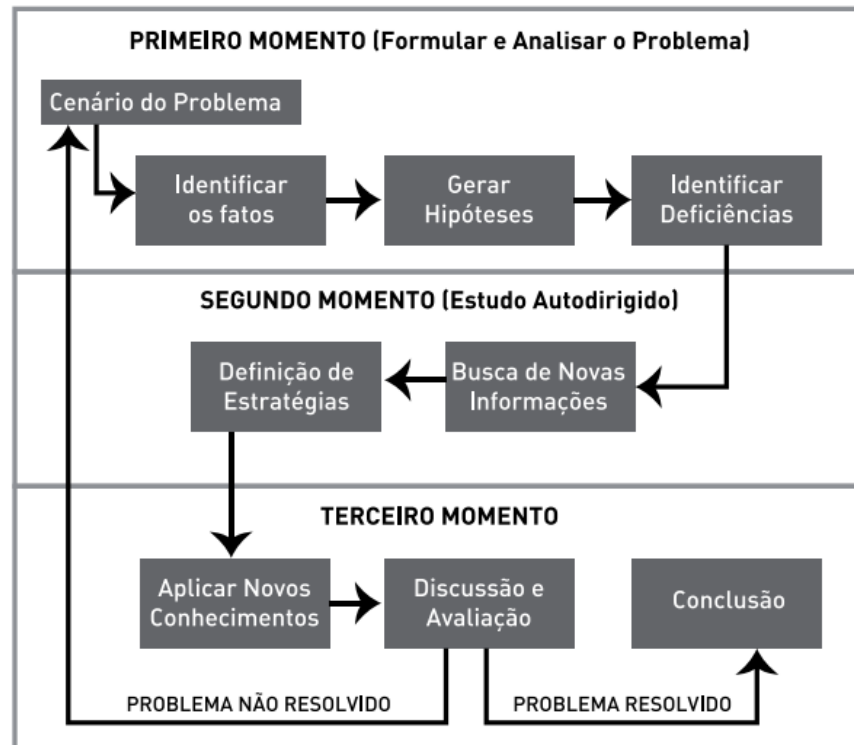
### *2.2.3 Estrutura da Aprendizagem Baseada em Problema*

Para a implementação da ABP em sala de aula, segue-se um roteiro estruturado em três etapas, cada uma com objetivos específicos. No primeiro momento, será apresentado o problema aos alunos que estarão divididos em grupos. A partir disso, eles entrarão no processo de identificação do problema, apresentar as contribuições que cada membro da equipe pode oferecer com seus saberes sobre a temática do cenário apresentado como desafio, identificar lacunas conceituais ou práticas e traçar caminhos de solução.

No segundo momento, os alunos começam a gerar hipóteses para resolução do problema e sanar as deficiências anteriormente identificadas. Trata-se de um momento de pesquisa, no qual os alunos podem recorrer ao professor-facilitador ou professores-facilitadores (no caso de uma abordagem interdisciplinar), elencar os passos e se preparar para o terceiro momento de aplicação dos saberes antigos e novos na resolução do problema; após a resolução, avaliar e discutir o processo e os resultados obtidos. No caso de insucesso, retomar as etapas anteriores até ter uma conclusão plausível.

Para o bom andamento do trabalho em grupo, e até mesmo para um possível processo avaliativo (que será discutido logo mais), é cabível a elaboração de um relatório que registre os procedimentos adotados na resolução da questão proposta. A Figura 1 apresenta uma diagramação da estrutura de uma ABP.

Figura 1 – O ciclo da aprendizagem na ABP (modificado de Hmelo-Silver, 2004)



Fonte: Lopes, Renato Matos; Silva Filho, Moacelio Veranio; Alves, Neila Guimarães / Publiki, 2019.

## 2.3 Interdisciplinaridade

A Abordagem Baseada em Problemas (ABP) viabiliza o desenvolvimento de projetos interdisciplinares. Torna a aula mais atraente e, portanto, tem como um dos seus objetivos motivar a participação dos alunos. Além disso, promove a integração de diferentes áreas do conhecimento para os alunos, em situações que possuem aplicabilidade em ações do cotidiano, do mercado de trabalho ou mesmo do meio científico de pesquisa.

Neste trabalho promove-se uma proposta de aula de Física tendo o corpo humano em exercício físico como objeto de estudo. Portanto, demanda contribuições de um profissional licenciado em Educação Física. Nesse sentido, adiante será apresentado um breve estudo sobre o contexto histórico que a interdisciplinaridade surge, o que é a interdisciplinaridade e como ela é entendida nos documentos governamentais brasileiros que estabelecem parâmetros para a educação, bem como sua distinção em relação à multidisciplinaridade e à transdisciplinaridade.

### 2.3.1 Um breve histórico da interdisciplinaridade

Na filosofia pré-socrática não havia uma compartimentalização do saber. O desenvolvimento do conhecimento perpassava as esferas da Filosofia, da Ciência, da Natureza e da Ética de forma integrada. Há exemplos como Tales de Mileto, que acreditava na água como o princípio de todas as coisas, trazendo implicações sobre religião, natureza, filosofia e como é amplamente conhecido, no campo da geometria com seu famoso Teorema de Tales.

Anaximandro de Mileto, discípulo e sucessor de Tales, ao designar o “apeiron” como a base de tudo, desenvolveu estudos sobre o que hoje poderíamos separar nas áreas de Cosmologia e Geografia. Xenófonos de Cólofon, um dos mais longevos filósofos pré-socráticos, defendia a terra como o elemento primordial. Ele desenvolveu importantes reflexões na área da cosmologia e se destacou por meio de sua teologia (Bornheim, 1967).

Na Idade Média, período compreendido entre os séculos V e XV, iniciado pela queda do Império Romano, temos exemplos de personalidades que expressaram uma integração de conhecimentos que atualmente são separados em áreas. Tomás de Aquino, por exemplo, desenvolveu estudos sobre Lógica e Teologia. O *Trivium* e o *Quadrivium* também demonstram essa ligação entre áreas do saber como aponta Vasconcelos (2000; p.495):

Durante a Idade Média a educação estava, fundamentalmente, centrada no estudo das Artes Liberais, divididas em duas bases: o Trivium e o Quadrivium. O Trivium constituía-se na formação voltada para a construção dos argumentos e da conversação; dele faziam parte a Gramática, a Dialética e a Retórica. [...] O Quadrivium, por sua vez, era composto pelas artes reais: a Aritmética, a Geometria, a Música e a Astronomia. Em grande parte do período medieval, o Trivium e o Quadrivium foram os pré-requisitos para o estudo da Teologia, mas sua importância cresceu à medida que os conteúdos das diversas artes liberais foram se expandindo, levando os estudiosos ao alargamento dos campos de pesquisa.

Na Idade Moderna, período que sucede a Idade Média, iniciado em 1453 com a Queda de Constantinopla e encerrado em 1789 com a Revolução Francesa, temos a presença de personalidades que contribuíram para mais de uma área de ensino. Isaac Newton foi fundamental para o avanço na Matemática e Física, além de contribuições para a Teologia. Galileu Galilei promoveu grandes avanços para a Astronomia, Física e Engenharia. Esses são dois de muitos exemplos desse período que colaboraram para o desenvolvimento de diferentes áreas do saber, como hoje se encontram compartimentadas.

No entanto, na Idade Contemporânea, há uma forte segmentação das áreas de conhecimento numa tentativa de especialização de uma mão de obra qualificada pós-Revoluções Industriais. Isso promoveu uma reorganização curricular na educação, trazendo uma compartimentação das áreas de conhecimento como ainda hoje presenciamos as divisões em disciplinas como Matemática, Português, História, Arte e assim por diante (Pires, 1998). Diante desse cenário, surge na década de 60 no continente europeu, com maior destaque para a França e a Itália, o movimento da interdisciplinaridade. O movimento nasce a partir da reivindicação do grupo estudantil por um novo estatuto, tentando elucidar e classificar de forma temática as propostas educacionais que apareciam na época na tentativa de “rompimento de uma educação por migalhas” (Fazenda; 2008, p.18). Fazenda (2008) organiza uma ordem

cronológica dos objetivos para esclarecer o que é a interdisciplinaridade e finalmente a sua implementação na educação:

1970 – procurávamos uma definição de interdisciplinar;

1980 – tentávamos explicitar um método para a interdisciplinaridade;

1990 – estamos partindo para uma construção de uma teoria da interdisciplinaridade (Fazenda; 2008, p.18)

### 2.3.2 *Afinal, o que é interdisciplinaridade?*

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a interdisciplinaridade é citada de modo direto três vezes. Dois desses trechos aparecem na apresentação de duas disciplinas, bem como seus objetivos e competências. A primeira ocorre na apresentação da disciplina de Língua Inglesa no desenvolvimento do eixo da leitura quando visa compreender as “possibilidades variadas de contextos de uso das linguagens para pesquisa e ampliação de conhecimentos de temáticas significativas para os estudantes, com trabalhos de natureza interdisciplinar” (BNCC; 2018, p.244). A segunda ocorre na apresentação da disciplina Matemática com destaque ao estudo de conceitos básicos de economia e finanças. Nesse sentido, a BNCC entende que “essa unidade temática favorece um estudo interdisciplinar envolvendo as dimensões culturais, sociais, políticas e psicológicas, além da econômica, sobre as questões do consumo, trabalho e dinheiro.” (BNCC; 2018, p. 269).

De modo indireto, percebemos na estruturação da etapa do ensino médio, uma integração entre áreas do saber por blocos, do mesmo modo que ocorre no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Há a área de Linguagens e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências da natureza e suas tecnologias e Ciências humanas e sociais aplicadas. Dando destaque às ciências da natureza, nota-se o elo entre as disciplinas de Física, Química e Biologia. Percebemos por meio das competências específicas e habilidades, objetivos ligados às três áreas de conhecimento, como se observa, por exemplo, na competência específica 1 na BNCC (2018, p.554):

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

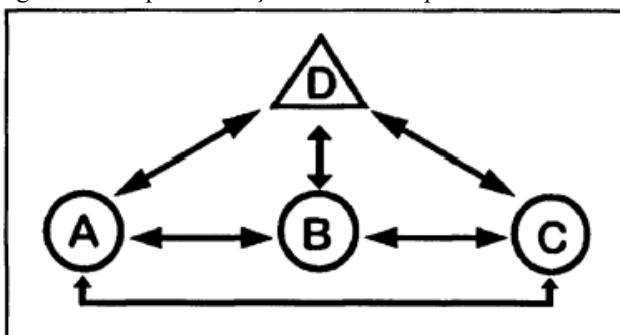
Pensemos em pilhas e baterias como objeto de estudo. No que compete à Física, podemos tratar de circuitos elétricos e geração de energia, à Química, o estudo das reações de oxirredução e à Biologia o impacto do descarte incorreto de pilhas e baterias no meio ambiente. Desse modo, adota-se a competência 1 como referencial proposto pela BNCC. Nesse sentido, a interdisciplinaridade favorece a interação e articulação entre diferentes áreas do conhecimento, de modo que conceitos, métodos e linguagens dialoguem na compreensão de

um mesmo objeto de estudo. Nesse contexto, as disciplinas se tornam mais próximas e flexíveis, colaborando para a construção de um saber integrado, contextualizado e significativo. Todavia, sempre tomando o cuidado necessário de não diluir as disciplinas, mas manter as suas individualidades como proposto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio (2000, p.75):

A interdisciplinaridade deve ir além da mera justaposição de disciplinas e, ao mesmo tempo, evitar a diluição delas em generalidades. De fato, será principalmente na possibilidade de relacionar as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, pesquisa e ação, que a interdisciplinaridade poderá ser uma prática pedagógica e didática adequada aos objetivos do Ensino Médio.

As práticas interdisciplinares surgem, portanto, como um processo pedagógico que visa o conhecimento de um determinado objeto de estudo fazendo uso articulado de mais de uma especialidade. Não há uma regra que regulamente qual disciplina deve se privilegiar em um estudo, é algo a ser negociado em cada caso. O objetivo então é a construção de situações que gerem protagonismo e uma alfabetização científica no aluno (Pinheiro; Westphal; Pinheiro, 2003). A Figura 2 apresenta uma esquematização da interdisciplinaridade.

Figura 2 – Esquematização da interdisciplinaridade



Fonte: Almeida, 1997

Portanto, nesse trabalho a interdisciplinaridade é proposta quando conceitos de Física, como de momento escalar de uma força, equilíbrio de corpos extensos e alavancas são articulados diretamente com conhecimentos de Educação Física sobre biomecânica, execução correta de exercícios e prevenção de lesões, viabilizando ao educando compreender o fenômeno físico no próprio corpo em atividades físicas.

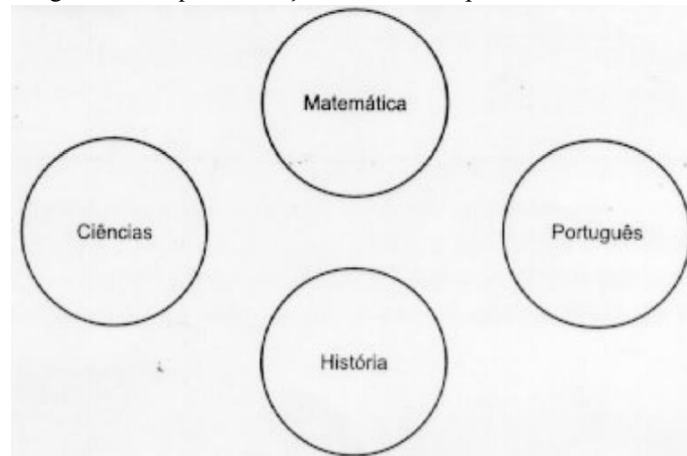
### 2.3.3 Interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade

A multidisciplinaridade não promove a integração das disciplinas escolares, mas sim sua justaposição. Essa abordagem aproxima-se da organização predominante do ensino brasileiro atual, visto que as diferentes áreas do saber atuam de forma autônoma e independente, sem a preocupação de estabelecer articulações entre si. Como nos aponta Almeida (1997, p.11):

É um sistema que funciona através da justaposição de disciplinas em um único nível, estando ausente uma cooperação sistemática entre os diversos campos disciplinares. A coordenação, quando existente, é de ordem administrativa, na maioria das vezes externa ao campo técnico-científico.

Nesse sentido, a multidisciplinaridade não é a abordagem apropriada quando se tem como objetivo a criação de cenários que favoreçam o diálogo entre disciplinas, com situações contextualizada e significativas. A Figura 3 apresenta uma esquematização de como ocorre a multidisciplinaridade no ambiente escolar.

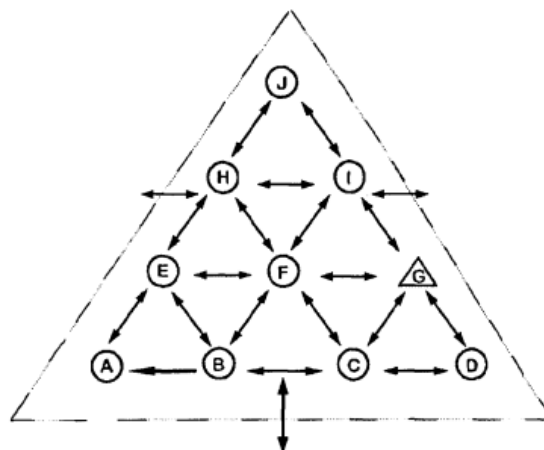
Figura 3 – Esquematização da multidisciplinaridade



Fonte: Nogueira, 2001

A transdisciplinaridade é frequentemente compreendida como um desdobramento da interdisciplinaridade. Ela propõe a superação das fronteiras disciplinares tradicionais com autonomia teórica e metodológica a partir das disciplinas que a compõem (Almeida, 1997). Trata-se de uma abordagem ainda em processo de uma consolidação teórica e metodológica. A adoção de uma abordagem transdisciplinar implica mudanças no currículo, na formação de professores, e na gestão escolar. A Figura 4 apresenta uma esquematização da transdisciplinaridade.

Figura 4 – Esquematização da transdisciplinaridade



Fonte: Almeida, 1997

Nesse sentido, a interdisciplinaridade configura-se como a abordagem mais adequada aos objetivos deste trabalho, por possibilitar a integração conceitual entre a Física e a Educação Física sem descaracterizar suas especificidades epistemológicas.

#### **2.4 Avaliação formativa**

O ato de avaliar faz parte do processo de ensino. A forma de avaliar demanda uma discussão que perpassa a formação do professor, as diretrizes governamentais para a educação e o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola. Há diferentes formas de avaliar o discente. Para Dalpino (2022, p.28) “as principais são as diagnósticas, formativas e somativas, que podem ser internas ou externas, de forma individual ou em regime de colaboração”.

A avaliação formativa pode ser compreendida como atividades contínuas de avaliação com a finalidade de desenvolver aprendizagens. Nesse sentido, ela não se resume a quantificar um aluno ou classificar seu desenvolvimento no saber como “bom” ou “ruim” como propõem as avaliações somativas. Todavia, ela acompanha o processo de ensino, proporcionando informações relevantes para a aprendizagem do aluno no mesmo passo que ela vai se construindo. Assim, esse método avaliativo contribui para um acompanhamento mais individualizado do corpo discente, considerando as individualidades dos alunos. Diferentemente de tratá-los como uma grande massa a ser classificada, medida pelo seu grau de absorção e/ou memorização do conhecimento ao final de uma sequência de aulas expositivas, e selecionados (Caseiro; Gebran, 2008). Desse modo, propõe-se para os educandos, um maior protagonismo, um processo de ensino-aprendizagem significativo e formativo. Diante desse cenário, Cardinet (1986, p. 14) conceitua a avaliação formativa com sendo aquela que:

[...] visa orientar o aluno quanto ao trabalho escolar, procurando localizar as suas dificuldades para o ajudar a descobrir os processos que lhe permitirão progredir na sua aprendizagem. A avaliação formativa opõe-se à avaliação somativa que constitui um balanço parcial ou total de um conjunto de aprendizagens. A avaliação formativa se distingue ainda da avaliação de diagnóstico por uma conotação menos patológica, não considerando o aluno como um caso a tratar, considera os erros como normais e característicos de um determinado nível de desenvolvimento na aprendizagem.

No entanto, esse método avaliativo ainda é recente na BNCC, que visa ao sucesso da aprendizagem mediante um conjunto de decisões, e, dentre eles, “construir e aplicar procedimentos de avaliação formativa de processo ou de resultado que levem em conta os contextos e as condições de aprendizagem” (BNCC; 2018, p.28). Nota-se uma mobilização pela efetividade da prática avaliativa mediante a contextualização e individualização do ensino em diferentes condições. Isso é positivo para avaliar o aprendizado de modo significativo. Todavia, é recente a inclusão da avaliação formativa na BNCC e ainda gera dúvidas quanto a sua aplicação em sala como afirma Dalpino (2022, p.27):

Desse modo, um dos principais marcos na BNCC é a mudança das avaliações formativas, também chamadas de contínuas. Tais avaliações consistem em propostas capazes de melhorar o processo de ensino a partir dos dados coletados na aplicação de provas e outros instrumentos. O objetivo é identificar dificuldades de aprendizagem para a correção rápida. Dito isso, poder-se-á afirmar que as avaliações na BNCC têm relevância e importância. Todavia, como o documento da base é ainda recente, é recorrente professores ainda declararem questionamentos e dúvidas sobre os caminhos a seguir.

Por fim, vale ressaltar que a prática docente é mediada pelo PPP da escola, documento que caracteriza a instituição escolar com seus objetivos e os meios para alcançá-los. Um dos tópicos a ser discutido sobre o processo de ensino da instituição é o método avaliativo. Portanto, é fundamental que o projeto pedagógico da escola esteja em consonância com um ensino dinâmico e uma aprendizagem construtivista que viabilize a avaliação formativa. Vale ressaltar que não há a necessidade de exclusão de outros processos avaliativos, todavia, que atuem de forma integrada e coerente para uma melhor avaliação do aprendizado do aluno. Diante disso, o método avaliativo utilizado na proposta de aula nesse trabalho será a avaliação formativa.

### 3 ESTÁTICA DOS SÓLIDOS

Neste capítulo será abordado um estudo que norteia a proposta de aula apresentada neste trabalho sobre alavancas. Portanto, para uma melhor aplicação da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, serão apresentados conteúdos que atuarão como subsunçores necessários para ancoragem dos novos conhecimentos além de serem elementos estruturantes da proposta didática.

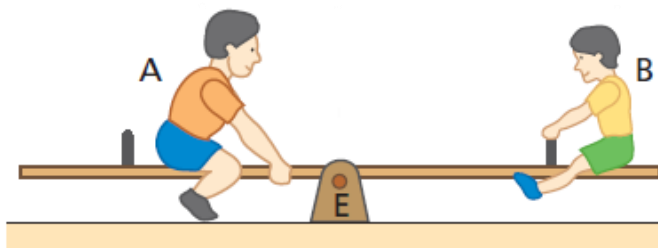
Dessa forma, começaremos tratando do equilíbrio do corpo extenso, em seguida definiremos o momento escalar de uma força e como calculá-lo, adiante será o abordado centro de gravidade e por fim, o estudo de alavancas e suas classificações. Essa abordagem será embasada no livro Tópicos de Física, do Helou, Gualter e Newton, volume 1, 2012.

#### 3.1 Equilíbrio do corpo extenso

Define-se corpo extenso o objeto cujas dimensões interferem na análise do fenômeno ou situação em questão, dependendo do referencial adotado. O contrário denomina-se ponto material (ou corpo puntiforme). Para a análise de equilíbrio de um ponto material, basta analisar se há movimento de translação, haja vista que não se caracteriza movimento de rotação em um corpo puntiforme. Vale ressaltar que o equilíbrio de translação de um corpo se dá quando seu centro de massa está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, isto é, velocidade constante, logo, força resultante nula.

Todavia, para corpos extensos, também precisamos considerar a possibilidade de rotação. Analisemos a situação de uma gangorra demonstrada pela Figura 5. Considerando que ela está bem fixada, não há possibilidade de deslocamento vertical ou horizontal. No entanto, quando usuários sentam nas extremidades, há possibilidade de movimento de rotação. Nessa circunstância, a gangorra é um corpo extenso e para analisar seu equilíbrio estático, não será suficiente analisarmos apenas o equilíbrio de translação. Um corpo extenso está em equilíbrio de rotação quando permanece em repouso rotacional ou quando gira com velocidade angular constante em relação a um referencial. Portanto, para que um corpo extenso esteja em equilíbrio estático, precisa estar em equilíbrio de translação e em equilíbrio de rotação.

Figura 5 – Gangorra



Fonte: Adaptação de Tópicos de Física: volume 1, 2012

Para o equilíbrio de translação, analisa-se que a resultante das forças externas seja nula. Ou seja, a soma dos agentes físicos que podem proporcionar aceleração nos eixos horizontais e verticais é igual a zero.

$$\sum F_{ext} = 0 \quad (1)$$

Na Equação 1, temos que  $F_{ext}$  são as forças externas. Para o equilíbrio de rotação, analisa-se que a somatória dos momentos escalares das forças em relação a qualquer eixo perpendicular seja nula. No próximo subtópico abordaremos o que é o momento escalar de uma força em relação a um eixo.

$$\sum M = 0 \quad (2)$$

Na Equação 2, temos que  $M$  são os momentos escalares decorrentes de forças externas aplicadas em um corpo extenso.

### 3.2 Momento escalar de uma força em relação a um eixo

Momento escalar de uma força (ou torque) é uma grandeza capaz de medir a eficiência de uma força na produção de rotação em um corpo extenso. Na Figura 6 temos a situação de um indivíduo fechando a porta. Supondo que a aplicação da força por parte dele seja perpendicular à porta, ela tem mais eficiência quando aplicada no extremo oposto ao eixo de rotação do que quando aplicada próxima a ele. Isso justifica as maçanetas das portas serem posicionadas próximas à extremidade oposta ao eixo das dobradiças.

Figura 6 – Torque aplicado em portas

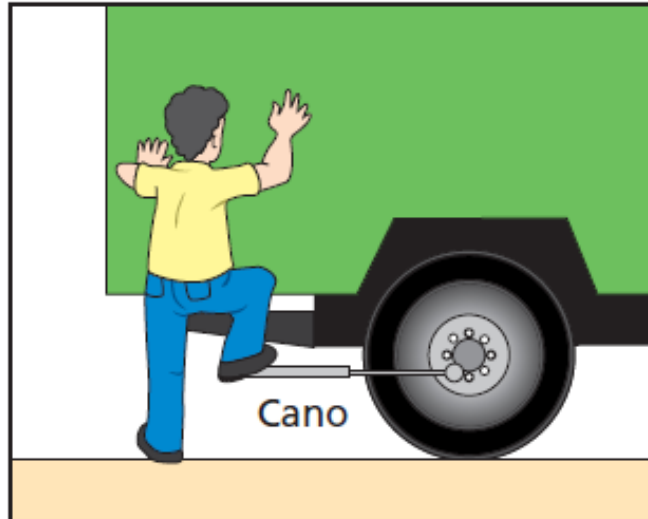


Fonte: Luís Fernando R. Tucillo, Tópicos de Física: volume 1, 2012

Na Figura 7, a circunstância é de um indivíduo tentando afrouxar um parafuso de uma roda com uma chave. Porém, ele anexa na chave um cano, aumentando, como definiremos, o

braço de alavanca. Ou seja, ele aumenta a distância ao eixo de rotação, dando maior eficiência à força por ele aplicada, facilitando o objetivo.

Figura 7 – Torque aplicado em uma chave para desapertar rodas



Fonte: Tópicos de Física: volume 1, 2012

Dessa forma, percebemos que a eficiência de uma força em relação a um eixo de rotação tem duas variáveis: a intensidade da força e a distância da qual ela é aplicada ao eixo de rotação. A relação entre o momento escalar (torque) e essas variáveis é de grandezas diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior forem a intensidade da força e a distância ao eixo, maior será o torque. Analogamente, quanto menores forem as medidas dessas variáveis, menor será o torque. Sendo assim, calculamos momento escalar de uma força conforme a Equação 3:

$$M = \pm F \cdot d \cdot \text{sen}\theta \quad (3)$$

Na Equação 1,  $M$  é o momento escalar,  $F$  é a força aplicada,  $d$  é a distância entre o ponto de aplicação da força ao eixo de rotação e  $\theta$  é o ângulo entre a alavanca e a direção de aplicação da força. No caso de forças aplicadas perpendicularmente à alavanca, temos que pelo fato do seno de  $90^\circ$  ser 1, temos que:

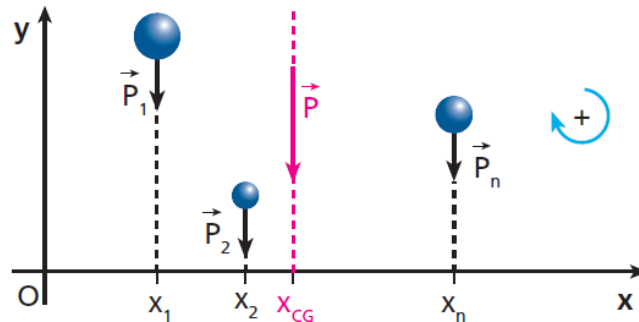
$$M = \pm F \cdot d \quad (4)$$

O sinal de mais ou menos é dado arbitrariamente em relação ao sentido de rotação que a força tem potencial de aplicar no corpo. Uma convenção didática comumente adotada é que em caso a força gere rotação no sentido horário, adota-se o sinal positivo; e em caso a força gere rotação no sentido anti-horário, adota-se o sinal negativo. Por fim, uma análise das unidades de medidas se torna importante. Nota-se que momento escalar é dado em N.m., mas não deve ser chamada de Joule, como Trabalho e Energia.

### 3.3 Centro de gravidade

Em um corpo extenso ou um sistema de pontos materiais discretos, o centro de gravidade é o ponto no qual podemos considerar aplicada a força peso total do corpo ou do sistema. Para calculá-lo, faz-se uma média ponderada dos pesos, considerando sua distribuição no plano. Na Figura 8 é apresentada a dispersão de  $n$  pontos materiais.

Figura 8 – Centro de gravidade de um sistema de  $n$  pontos materiais em relação ao eixo das abcissas no plano cartesiano



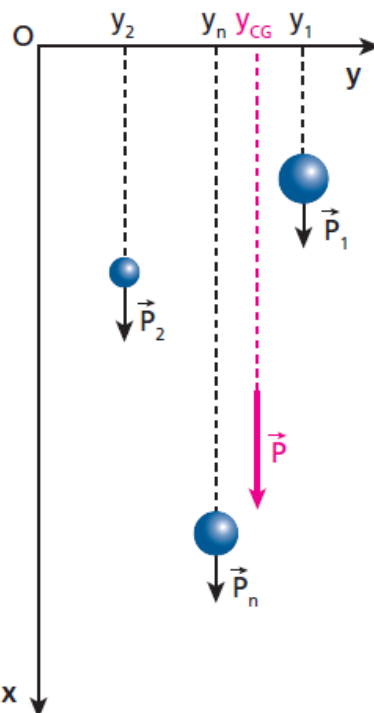
Fonte: Paulo C. Ribeiro, Tópicos de Física: volume 1, 2012

O centro de gravidade desse sistema será um ponto, portanto, é necessário calcular sua abscissa e sua ordenada. A sua abscissa é calculada por:

$$X_{CG} = \frac{P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + \dots + P_n \cdot x_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (5)$$

Em que  $P$  é o peso dos corpos e  $x$  a posição relativa do corpo na horizontal da origem do plano cartesiano. Rotacionando os eixos  $90^\circ$  no sentido horário, obtemos a Figura 9.

Figura 9 - Centro de gravidade de um sistema de  $n$  pontos materiais em relação ao eixo das ordenadas no plano cartesiano.



Fonte: Tópicos de física: volume 1, 2012

Analogamente, a sua ordenada é calculada por:

$$Y_{CG} = \frac{P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + \dots + P_n \cdot y_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (6)$$

Reorganizando a Equação 6 com os pesos sendo analisado como o produto entre a massa dos corpos e a aceleração temos que:

$$Y_{CG} = \frac{P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + \dots + P_n \cdot y_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{m_1 \cdot g \cdot y_1 + m_2 \cdot g \cdot y_2 + \dots + m_n \cdot g \cdot y_n}{m_1 \cdot g + m_2 \cdot g + \dots + m_n \cdot g} \quad (7)$$

Conclui-se que, para casos em que a o campo gravitacional é uniforme, o centro de gravidade e o centro de massa de um corpo estão localizados no mesmo ponto.

$$Y_{CM} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (8)$$

De modo análogo no eixo das abcissas, ficamos com:

$$X_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (9)$$

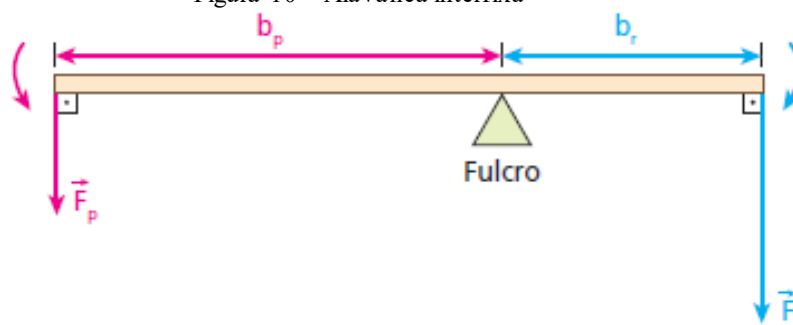
### 3.4 Alavancas

Os objetos capazes de aumentar a eficiência de uma força aplicada, como ilustrado na Figura 7, são denominadas alavancas. Geralmente, as alavancas são constituídas por barras que ampliam a distância entre o ponto de aplicação da força até o eixo de rotação (braço de alavanca), e como vimos, aumentando, assim, o momento escalar. Para serem operadas, precisam de um ponto de apoio, também chamado fulcro. Existem três tipos de alavancas: interfixas, inter-resistentes e interpotentes. Chamaremos de força potente ( $\vec{F}_p$ ) a força exercida pelo usuário da alavanca e força resistente ( $\vec{F}_r$ ) a força que se deseja superar por meio de seu uso.

#### 3.4.1 Alavancas interfixas

Alavancas interfixas são aquelas em que o ponto de apoio está localizado entre os pontos de aplicação das forças, como demonstra a Figura 10. O braço de alavanca da força potente é  $b_p$  e o braço da força resistente é  $b_r$ . Os dois são medidos em relação ao fulcro.

Figura 10 – Alavanca interfixa



Fonte: Tópicos de Física: volume 1, 2012

Na situação ilustrada, observa-se que as forças potente e resistente atuam na mesma direção e sentido. Sendo assim, elas se somam quando analisamos o equilíbrio de translação, mas são contrapostas pela reação do apoio. Entretanto, quando analisamos o equilíbrio de rotação, a força potente tende a girar a barra no sentido anti-horário enquanto a força resistente tende a girar a barra no sentido horário. Contudo, nota-se pelo módulo das forças que a força potente é menor que a força resistente, sendo suficiente para manutenção do equilíbrio estático da barra. Isso acontece pois o braço de alavanca da força potente é maior que o da força resistente. Nesse caso, temos uma boa vantagem mecânica, em que podemos realizar um esforço pequeno para vencer uma força resistente grande. Como podemos analisar na Equação 10 abaixo para o equilíbrio de rotação, se  $b_p > b_r$ , logo a força resistente perde sua efetividade.

$$\sum M = 0$$

Logo,

$$F_p \cdot b_p = F_r \cdot b_r$$

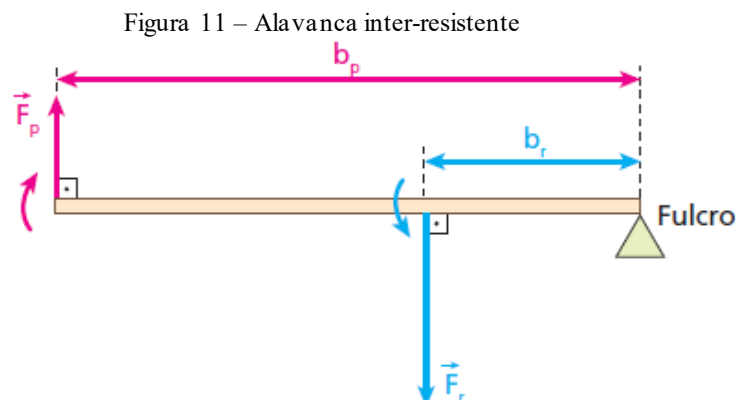
Sendo assim,

$$F_p = \frac{F_r \cdot b_r}{b_p} \quad (10)$$

Alguns exemplos de objetos que funcionam como alavanca interfixa são: tesouras, alicates, pés de cabra, gangorras e o movimento de extensão de cotovelo ocasionado pela força que o tríceps fornece no úmero.

### 3.4.2 Alavancas inter-resistentes

As alavancas inter-resistente são aquelas em que a força resistente está entre o fulcro e a força potente, como podemos analisar na Figura 11. Note que o braço de alavanca da força potente ainda é maior que o braço de alavanca da força resistente ( $b_p > b_r$ ), promovendo assim uma vantagem mecânica.

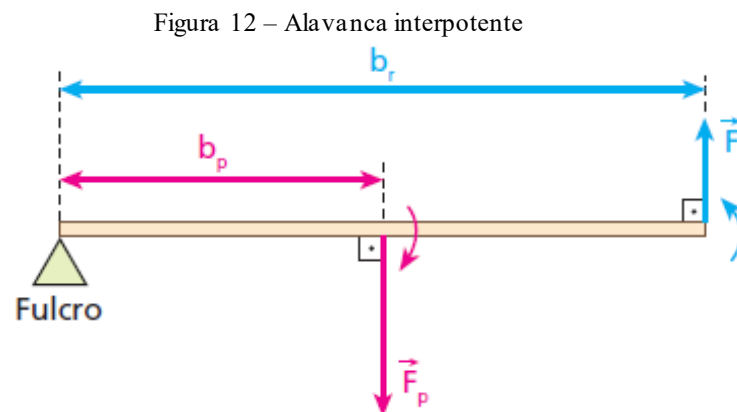


Fonte: Tópicos de Física: volume 1, 2012

Exemplos desse tipo podem ser vistos no carrinho de mão, no quebra-nozes, no abridor de garrafas e no corpo humano, a situação de ficar de ponta de pés. Nesse caso, os dedos são o apoio, e o peso do corpo (força resistente) está entre o fulcro e o ponto de contração dos músculos da panturrilha.

### 3.4.3 Alavancas interpotentes

Nas alavancas interpotentes, a força potente está entre o ponto de apoio e a força resistente, como pode ser observado na Figura 12. Logo, o braço de alavanca da força potente será menor que o braço de alavanca da força resistente ( $b_p < b_r$ ), nesse caso, promovendo uma desvantagem mecânica para o usuário desse tipo de alavanca. Exemplos desse tipo de alavancas podem ser observados no uso de pinças, cortadores de unha e o movimento de flexão de cotovelos ocasionado pela força que o bíceps fornece no rádio quando realiza o movimento de levantar algum corpo, como, por exemplo, no exercício de rosca direta que será estudado na proposta de aula deste trabalho.



Fonte: Tópicos de física: volume 1, 2012

## 4 ESTUDO DE ALAVANCAS APLICADO A ATIVIDADE FÍSICA

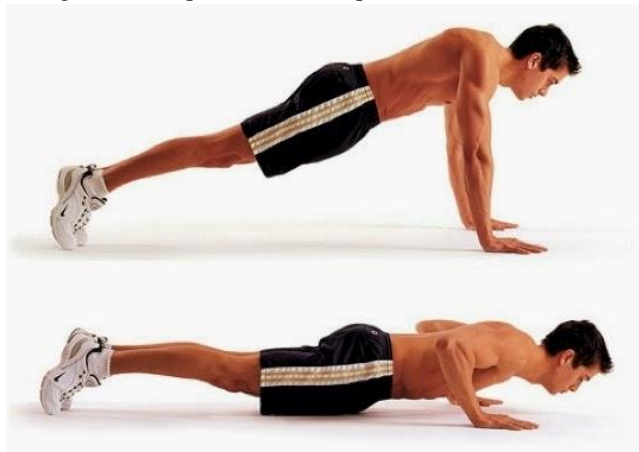
Nesta seção, será abordada a aplicação do estudo de alavancas em dois exercícios físicos específicos: apoio de frente e rosca direta. Ambas as movimentações serão utilizadas na proposta de aula interdisciplinar desenvolvida neste trabalho, pois viabilizam o estudo da vantagem mecânica a partir das alavancas presentes no corpo humano. Vale ressaltar que em ambos os casos é proposto um modelo para fins didáticos. Desse modo, há aproximações e considerações que devem ser feitas.

No exercício de apoio de frente, é considerado uma distribuição simétrica das forças e uma execução ideal do movimento. No exercício de rosca direta, são desconsideradas as ações de outros músculos que auxiliam no desenvolvimento da atividade, além de ser simplificado para um instante específico da execução do exercício: para quando o ângulo entre o braço e o antebraço é de  $90^\circ$ , pois se esse dado é alterado, muda a distância do braço de alavancas e ainda se torna necessário aplicação do seno do ângulo nas fórmulas. Por fim, a escolha pela unidade de medida que será utilizada é quilograma-força. Essa decisão tem duas motivações: primeiramente é mais próximo do corpo discente a interpretação dos dados nessa unidade, e secundamente, a força no primeiro exercício será medido através do uso de uma balança, calibrada para medir nessa unidade.

### 4.1 Estudo de alavancas aplicado ao exercício de apoio de frente apoiado no solo

Apoio de frente apoiado no solo se caracteriza como o exercício no qual o corpo permanece apoiado em quatro apoios com os dois pés e as duas mãos, estas alinhadas com a linha do peitoral, como mostra a Figura 13. O exercício se desenvolve com a flexão dos cotovelos.

Figura 13 – Apoio de frente apoiado no solo.



Fonte: Aprova TAF, 2015

Neste cenário, temos uma aplicação de uma alavanca inter-resistente (Figura 11), visto que o centro de massa do corpo humano está localizado na linha da região umbilical. Como vimos na subseção 3.4.2., é um tipo de alavanca que promove vantagem mecânica. Aplica-se a Equação 2 nesse caso, contudo, para calcularmos a força aplicada em um dos braços ( $F_b$ ), precisamos considerar que

$$F_p = 2 \cdot F_b$$

Logo,

$$F_b = \frac{F_r \cdot b_r}{2 \cdot b_b} \quad (11)$$

Na Equação 3,  $F_b$  é a força aplicada em um dos braços, em newton,  $F_r$  será o peso do indivíduo, em quilograma-força,  $b_r$  é a distância dos pés (fulcro) até a região umbilical, e  $b_b$  a distância dos pés até a linha do peitoral. A unidade de medida das distâncias pode ser em metro ou centímetro, pois se anularão da mesma forma. Para ser testado e medido a força aplicada em um dos braços, é interessante passar a força aplicada no braço para quilograma-força dividindo-a pelo valor da gravidade, aproximadamente 9,81 m/s<sup>2</sup>. Em seguida, realizar o exercício com pelo menos uma das mãos em cima de uma balança, como mostra a Figura 14. Esse será o experimento proposto na aula apresentada neste trabalho.

Figura 14 – Ilustração da medição da força aplicada por um braço no apoio de frente.



Fonte: Chatgpt, 2026

#### 4.2 Estudo de alavancas aplicado ao exercício de rosca direta

Rosca direta se caracteriza como o exercício no qual o corpo humano está em pé com os braços esticados segurando algum corpo de massa conhecida (geralmente halter), e realizará uma flexão de cotovelos com as palmas das mãos voltadas para cima e levantando-as em

direção ao ombro, como mostra a Figura 15. Neste cenário, temos uma situação de alavanca interpotente (Figura 12), situação em que há desvantagem mecânica.

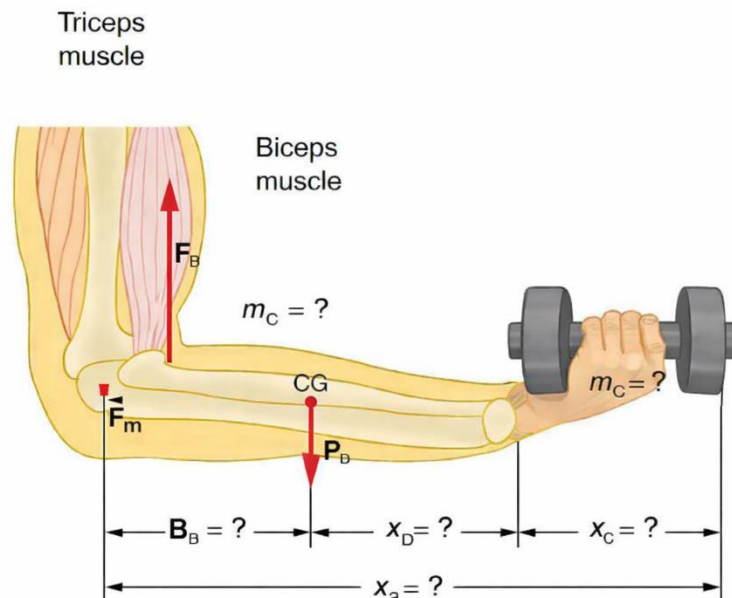
Figura 15 – Exercício de rosca direta



Fonte: Fitness4all, 2024

No caso deste exercício faremos uma análise de fatores antropométricos para uma maior precisão nos cálculos. Faz-se necessário saber a localização do centro de massa do conjunto antebraço e mão, pois também consideraremos o peso do braço, como é mostrado no esquema da Figura 16.

Figura 16 – Esquema da biomecânica do braço no exercício de rosca direta.



Fonte: Chatgpt adaptado de Lumen Learning.

Portanto, é necessário saber a massa relativa deste segmento do corpo humano. Como aponta Rodacki (2012), o centro de massa do conjunto antebraço e mão localiza-se a 68,2% do cotovelo (proximal) e a massa relativa dessa parte do corpo equivale 2,2% da massa do indivíduo. Sendo assim, podemos incluir essas informações na Equação 2 e logo teremos:

$$F_m = \frac{P_b \cdot 0,022 \cdot b_b \cdot 0,682 + P_h \cdot b_h}{b_m} \quad (12)$$

Na Equação 4 temos que:

- $F_m$  = força aplicada no músculo dos bíceps
- $P_b$  = peso do indivíduo
- $b_b$  = distância do cotovelo (fulcro) até a extremidade do dedo médio
- $P_h$  = peso do halter
- $b_h$  = distância do cotovelo até onde o halter ficar apoiado (palma da mão)
- $b_m$  = distância do ponto de aplicação da força (inserção do músculo) e o cotovelo.

Segundo Kapandji (2000), a inserção do músculo do bíceps braquial (principal músculo no movimento de flexão) localiza-se na tuberosidade bicipital do rádio, no qual pode variar de 3 a 5 centímetros. Consideraremos a média desses valores para trabalharmos na proposta de aula deste trabalho.

## 5 PROPOSTA DE AULA

A proposta de aula a seguir visa ser coerente com o estudo apresentado e as normas, diretrizes e objetivos educacionais propostos pela BNCC. O intuito é promover uma aula que desperte no aluno o interesse pelo conteúdo com uma aproximação do objeto de estudo (no caso é o próprio corpo) e o faça ser um participante ativo e fundamental na construção e fixação do conhecimento proposto. Assim, alcançando os objetivos e competências esperados para os padrões curriculares nacionais.

Vale ressaltar que a aula tem uma característica interdisciplinar a Educação Física, portanto é pensada em ser executada com a presença e contribuições de um profissional licenciado da área. O método avaliativo utilizado é o de avaliação formativa, em conformidade com os objetivos propostos pela BNCC (2018). Por fim, o material didático utilizado como referencial teórico foi o Tópicos de Física, do Helou, Gualter e Newton, volume 1, 2012.

### 5.1 Plano de aula e considerações

Tabela 1 – Plano de aula.

Turma: 1º ano – Ensino Médio
Disciplina: Física
Unidade temática: Dinâmica – Estática dos sólidos
Conhecimentos prévios necessários: Noções de vetores, Leis de Newton, equilíbrio do corpo extenso, centro de massa e momento escalar de uma força em relação a um eixo.
Objeto(s) de conhecimento: Alavancas
Competências gerais: 1, 2 e 8
Competências específicas: 3
Habilidades: <b>EM13CNT301 e EM13CNT306</b>
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar conceitos importantes para a compreensão de alavancas;</li> <li>- Compreensão da vantagem mecânica no uso de alavancas</li> <li>- Classificar e diferenciar os tipos de alavancas;</li> <li>- Identificar alavancas no cotidiano e no corpo humano;</li> <li>- Realizar exercícios físicos sabendo adaptar para uma melhor execução e segurança;</li> <li>- Calcular a força potente exercida pelo corpo nos exercícios apoio de frente e rosca direta.</li> </ul>
Metodologia: <ul style="list-style-type: none"> <li>- No primeiro momento, uma aula expositiva dialogada para revisão de conteúdo;</li> <li>- Aprendizagem baseada em situação-problema com exercícios físicos.</li> </ul>
Recursos pedagógicos: Quadro branco, pincéis para quadro branco, apagador, tinta de pincel, notebook, carregador, projetor, cabo HDMI, cabo de alimentação do projetor, halters ou pesos consideráveis (como livros e cadernos), sacolas ou mochilas, balança, fita métrica ou trena, lápis, borracha e caneta.
Descrição da aula: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Duração: 100 minutos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acolhida dos alunos: 5 minutos Momento de chegada na sala para organização dos alunos. Já executar a divisão dos alunos em grupos de três.</li> <li>• Revisão dos últimos conteúdos abordados: 10 minutos</li> </ul> </li> </ul>

Será realizada uma revisão com uso de slides dos últimos tópicos abordados que são:

1. Equilíbrio do corpo extenso;
2. Momento escalar de uma força em relação a um eixo;
3. Condições de equilíbrio do corpo extenso;
4. Centro de gravidade;
5. Equilíbrio de corpos apoiados;

- Apresentação do problema que deve ser solucionado: 5 minutos

Duas pessoas que moram juntas possuem apenas um par de halter de 6 kg. Ambas iniciaram a prática de exercícios físicos na mesma data; entretanto, após um mês, uma delas sofreu um acidente e precisará reduzir a carga utilizada nos exercícios, enquanto a outra necessita aumentá-la para continuar evoluindo em seu objetivo de hipertrofia muscular. O problema é que elas não dispõem de outros halteres de massas diferentes e devem continuar utilizando os de 6 kg.

A partir do cenário descrito acima, simulem no grupo de vocês as duas pessoas e respondam:

- 1) Qual a solução viável para eles na execução dos exercícios de rosca direta e apoio de frente?
- 2) Qual o valor da força exercida pelos braços em cada situação? Justifique a resposta por meio de cálculos.

- Desenvolvimento da solução do problema: 30 minutos

- Apresentação e discussão de resultados: 20 minutos

- Exposição ao estudo de alavancas: 15 minutos

Explanação dialogada sobre o objeto de estudo (alavancas), fundamentada nos conhecimentos prévios mobilizados nas aulas anteriores e nas soluções propostas pelos grupos. Perguntas norteadoras:

- 1) Por que as pessoas que sentem dificuldade em realizar apoio de frente com apoio nos pés sentem facilidade quando o apoio são os joelhos?
- 2) Como facilitar ou dificultar o movimento que o antebraço faz no movimento de rosca direta caso a pessoa só tenha um par de halteres em casa do mesmo peso?

- Feedback dos alunos: 5 minutos

**Avaliação:**

Será uma avaliação formativa. A turma se dividirá em grupos de três alunos. Um aluno do grupo será escolhido para executar dois exercícios: apoio de frente e rosca direta com halteres. O objetivo é calcular o valor da força aplicada nos braços nos exercícios propostos. Além disso, deverão responder as perguntas norteadoras com respaldo científico.

Serão considerados critérios como: participação no grupo, coerência das hipóteses levantadas, uso adequado dos conceitos físicos, clareza na argumentação científica e capacidade de relacionar teoria e prática, relatório da atividade, diagrama de forças que atuam nos exercícios.

O objetivo são os alunos chegarem nas Equações 11 e 12, e buscarem os dados necessários para aplicação delas. Desse modo, mostrará a capacidade do aluno de identificar as equações relacionadas ao momento escalar de uma força, as condições de equilíbrio de um corpo extenso, bem como buscar as informações necessárias para sua aplicação, tais como distância para o eixo de rotação e pontos de apoio.

A Tabela 2 nos mostra as competências, gerais e específicas, e as habilidades que esse plano de aula tem como objetivos de acordo com a BNCC.

Tabela 2 – Competências e habilidades da proposta de aula.

Competências gerais	1	Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
	2	Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
	8	Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
Competência específica	3	Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades	EM13CNT301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
	EM13CNT306	Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Importante salientar que a escolha por halter ou massas desconhecidas (livros e cadernos) não exime da necessidade da descoberta do valor real das massas. No caso de optar por massas desconhecidas, basta colocá-las dentro de sacolas ou as próprias mochilas dos alunos, posicionar o conjunto na balança e descobrir a massa real para utilizar como dado na parte dos procedimentos da avaliação. Dessa forma, utilizando as bolsas dos alunos, dá para posicionar o conjunto na mesma posição de um halter, aproximadamente no centro da palma da mão.

## 5.2 Experimentação do processo de avaliação

Nesse momento, utilizarei um adulto para realizar a experimentação da avaliação a princípio de averiguar se o processo é coerente para aplicação em sala de aula. A Tabela 3 apresenta dados relevantes para aplicação da situação-problema:

Tabela 3 – Informações relevantes para aplicação da situação-problema

Nome:	Experimento 1
Massa corporal	96,3 Kg

Altura até o umbigo (centro de massa)	1,12 m
Altura até a linha do peitoral	1,43 m
Distância do cotovelo até o centro da palma da mão	0,34 m
Distância do cotovelo até o rádio (ponto de atuação do tendão distal do bíceps)	0,04 m
Distância do cotovelo até a extremidade do dedo médio	0,42

Fonte: Elaborada pelo autor

Com os dados desse adulto e aplicando na Equação 3 temos que ao executar o exercício com uma das palmas da mão sobre a balança, ela deve marcar:

$$F = \frac{96,3 \times 1,12}{2 \times 1,43} = 37,7 \text{ kgf}$$

Porém os resultados obtidos são de 33,8 Kg com os braços esticados e 36,2 Kg quando os braços estão flexionados. A partir disso, pode-se perguntar a turma quais os fatores que podem causar essa diferença entre a prática e teoria.

No exercício de rosca direta, com os dados desse mesmo adulto, aplicando na Equação 4 temos que a tensão interna gerada no músculo bíceps é equivalente a uma força de:

$$F = \frac{0,022 \times 96,3 \times 0,42 \times 0,682 + 6 \times 0,34}{0,04} = 66,2 \text{ kgf}$$

A interpretação dessas informações pode e deve ser discutida no campo da biomecânica do corpo humano por parte do profissional licenciado em educação física com conhecimentos da capacidade do corpo humano. Além disso, explicitar que o modelo físico a eles cobrado, parte de uma idealização com aproximações e limitações. Contudo, enfatizar o principal objetivo da proposta da aula: a compreensão das alavancas no corpo humano e o potencial das suas vantagens e desvantagens mecânicas. Assim como está proposto no plano de aula, é fundamental que na exposição do estudo de alavancas sejam apresentados o conceito, as classificações e a desvantagem mecânica em cada tipo. Desse modo, poderá ser esclarecedor em dúvidas ainda restantes e promova discussões que concluam a aula de forma positiva e com a aprendizagem significativa devida.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo investigar e propor uma aula interdisciplinar, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa e na Metodologia Baseada em Problemas (ABP), de modo a colaborar para a compreensão do conceito e da aplicação de alavancas no Ensino Médio a partir de uma situação-problema contextualizada à realidade do educando. Nesse sentido, foi desenvolvido um plano de aula que integra conteúdos da Física – equilíbrio de corpos extensos, momento escalar de uma força e alavancas – com a prática de exercícios físicos, promovendo uma interação direta com a Educação Física.

Na busca de promover uma aula de Física distante de um processo estático, marcado por formalismos matemáticos, aplicação de fórmulas a exercícios descontextualizados, surge a aprendizagem significativa como a ferramenta pedagógica orientadora das práticas educativas, considerando os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo a ancoragem de novos conceitos em estruturas cognitivas já existentes. Desse modo, estabelece-se um aprendizado contextualizado, dinâmico, significativo e tendo o aluno como protagonista do processo de ensino-aprendizagem.

A escolha pela metodologia da ABP se mantém em conformidade com os objetivos do trabalho, visto que a abordagem põe o discente diante de um problema realista a ser resolvido, favorecendo uma postura ativa do educando, o trabalho colaborativo, a formulação de hipóteses, a argumentação científica e a aplicação dos conceitos estudados. Diante desse cenário, torna-se relevante a discussão conceitual da interdisciplinaridade, distinguindo-a da multidisciplinaridade e da transdisciplinaridade. A escolha por essa abordagem mostrou-se adequada, pois permite a integração conceitual entre a Física e a Educação Física, contribuindo para uma formação mais crítica do saber e ainda se mantendo alinhada com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

No que se refere à avaliação, a escolha pela avaliação formativa mantém a coerência com o trabalho na concepção de um ensino que acompanha o processo de aprendizagem, valoriza o erro como parte do desenvolvimento cognitivo e permite ajustes contínuos no processo de ensino. Desse modo, distancia-se de uma avaliação meramente quantitativa e estática.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para reflexões sobre o ensino de Física na educação básica, incentivando a busca por um aprendizado significativo para os alunos, com uma abordagem mais integrada e contextualizada, possibilitando o desenvolvimento de uma criticidade científica para o aluno de modo que esse conhecimento seja socialmente relevante.

## REFERÊNCIAS

ALLAL, L.; CARDINET, J.; PERRENOUD, P. **A avaliação formativa num ensino diferenciado**. Coimbra: Livraria Almedina, 1986.

ALMEIDA FILHO, Naomar de. Transdisciplinaridade e saúde coletiva. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 2, p. 5-20, 1997.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed..Rio de Janeiro: Interamericana; 1980.

BECK, C. **John Dewey**: teoria e prática no ensino. Andragogia Brasil. Disponível em:<https://andragogiabrasil.com.br/john-dewey/>. Acesso em: 30 de dez. 2025.

BORNHEIM, Gerd Alberto. **Os filósofos pré-socráticos**. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 1976.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 02 jan. 2026.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília : MEC /SEMTEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2006–2021**: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de prática de atividade física nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal entre 2006 e 2021. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em:  
[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel\\_brasil\\_atividade\\_fisica\\_2006\\_2021.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_atividade_fisica_2006_2021.pdf). Acesso em: 24 dez. 2025.

CASEIRO, Cíntia Camargo Furquim; ABOU GEBRAN, Raimunda. Avaliação formativa: concepção, práticas e dificuldades. **Nuances**: estudos sobre a educação, v. 15, n. 16, p. 141-161, 2008.

DALPINO, Marcelo Romeu. Teorias da avaliação escolar e a bncc: da memética às vozes discursivas. **Verbum**, v. 11, n. 1, p 25- 40, 2022. Disponível em <https://revistas.pucsp.br/verbum/article/download/57604/39612>. Acesso em: 03 jan. 2026.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. 15 ed. Campinas, SP: Papirus, 1994.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 43. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GUALTER, José Biscuola; HELOU, Ricardo Doca; BÔAS, Newton Villas. Tópicos de Física: volume 1. 21. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

KAPANDJI, Ibrahim Adalbert. **Fisiologia articular**, volume 1: esquemas comentados de mecânica humana. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

LIMA, Letícia Dayane de; BARBOSA, Zildete Carlos Lyra; PEIXOTO, Sandra Patrícia Lamenha. Teoria humanista: Carl Rogers e a educação. **Caderno de Graduação: ciências humanas e sociais UNIT - Alagoas**, v. 4, n. 3, p. 161–172, 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cdghumanas/article/view/4800>. Acesso em: 30 dez. 2025.

LOPES, Renato Matos; SILVA FILHO, Moacelio Veranio; ALVES, Neila Guimarães. **Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para aplicação no ensino médio e na formação de professores**. Rio de Janeiro: Publiki, 2019.

MOREIRA, Marco Antonio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074/5725>. Acesso em: 26 dez. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios teóricos para o professor de Física**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios5.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2025.

NOGUEIRA, Nildo Ribeiro. **Pedagogia dos projetos: uma jornada Interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das múltiplas inteligências**. São Paulo: Érica, 2001.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia**. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

PINHEIRO, Thais Cristine; WESTPHAL, Murilo; PINHEIRO, Terezinha de Fátima. Interdisciplinaridade nos PCN/EM/CNM&T: bases epistemológicas e perspectivas metodológicas de alguns conceitos de interdisciplinaridade. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 4., 2003, Bauru. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL160.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2025.

PIRES, Marília Freitas de Campos. Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino. **Interface: comunicação, saúde, educação**, v. 2, n. 2, p. 173-182, 1998. Disponível em: [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:IRqhhP0Qh0J:scholar.google.com/+Multidisciplinaridade,+Interdisciplinaridade+e+Transdisciplinaridade+no+Ensino&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:IRqhhP0Qh0J:scholar.google.com/+Multidisciplinaridade,+Interdisciplinaridade+e+Transdisciplinaridade+no+Ensino&hl=pt-BR&as_sdt=0,5). Acesso em: 01 de jan. 2026.

RIBEIRO, Luís Roberto de Camargo; ESCRIVÃO FILHO, Edmundo. Avaliação formativa no ensino superior: um estudo de caso. **Acta Scientiarum: human and social sciences**, Maringá, v. 33, p.45-54, 2011. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/9214/9214>. Acesso em: 29 de dez. 2025.

RODACKI, André L. F. **Fatores antropométricos: comprimento dos segmentos corporais; centro de rotação articular; massas corporais; centros de massa; momento de inércia**. Disponível em:

[http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica\\_arquivos/Fatores%20Antropometricos%202010.pdf](http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Fatores%20Antropometricos%202010.pdf). Acesso em: 03 jan. 2026.

SANTOS, Taciana da Silva. **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem**. Olinda, PE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Campus Olinda, 2019.

VASCONCELOS, Manoel. Trivium e Quadrivium: as artes liberais na idade média.

**Veritas**, Porto Alegre, v. 45, n. 3, p. 495. Disponível em:

[https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:M25kve5EtNoJ:scholar.google.com/+trivium+e+quadrivium&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:M25kve5EtNoJ:scholar.google.com/+trivium+e+quadrivium&hl=pt-BR&as_sdt=0,5). Acesso em: 01 de jan. 2026.