MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UFSC

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

SISTEMA LOCOMOTOR DOS MEMBROS INFERIORES: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Cassiana Crepaldi Buzanelo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Éverton Fabian Jasinski

Araranguá
Fevereiro de 2021

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ATA N.º 1/CMPEF/CTS/ARA/2022 DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ata da defesa de dissertação de mestrado de Cassiana Crepaldi Buzanelo, realizada no dia 18 de fevereiro de 2022, às 14h, através de videoconferência.

Aos dezoito dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte dois, às quatorze horas, a banca examinadora, nomeada por intermédio da portaria nº. 1/CMPEF/CTS/ARA/2022, de 16 de fevereiro de 2022, reuniu-se através de videoconferência. Registra que a Cassiana Crepaldi Buzanelo, regularmente matriculada no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, fez a apresentação pública de sua dissertação de mestrado, intitulada **"Sistema Locomotor dos Membros Inferiores: Uma Proposta Didática para o Ensino de Ciências",** candidatando-se ao título de Mestre em Ensino de Física. A apresentação da dissertação teve início às 14h e terminou às 14h35min. A candidata fez a apresentação oral, sendo em seguida arguida pelos membros da banca examinadora. Com base no resultado da defesa, a banca examinadora propõe que seja:

X Aprovado (a versão definitiva do trabalho de conclusão de curso, levando em consideração as recomendações da banca examinadora, deverá ser depositada na Biblioteca Universitária da UFSC em até 90 (noventa) dias após a data da defesa).

Reprovado.

Alterações: realizar as alterações sugeridas pelos membros da banca.

Nada mais havendo a tratar, a ata foi lavrada por mim, Prof. Dr. Éverton Fabian Jasinski, denominado presidente, e depois de aprovada foi assinada pela aluna e por todos os membros da banca examinadora. Araranguá, 18 de fevereiro de 2022.

Aluna: Cassiana Crepaldi Buzanelo
Prof. Dr. Éverton Fabian Jasinski (presidente)
Profa. Dra. Marcia Martins Szortyka (membro interno)
Prof. Dr. Leandro Batirolla Krott (membro interno)
Prof. Dr. Paulo Juliano Liebgott (membro externo)

Documento assinado digitalmente
Marcia Martins Szortyka
Data: 18/02/2022 16:09:23-0300
CPF: 001.412.190-50
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Documento assinado digitalmente
Leandro Batirolla Krott
Data: 18/02/2022 16:06:55-0300
CPF: 010.357.220-11
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Documento assinado digitalmente
Paulo Juliano Liebgott
Data: 18/02/2022 16:08:43-0300
CPF: 046.023.019-08
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Documento assinado digitalmente
Cassiana Crepaldi Buzanelo
Data: 18/02/2022 18:49:14-0300
CPF: 093.169.319-59
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Documento assinado digitalmente
Everton Fabian Jasinski
Data: 18/02/2022 16:07:51-0300
CPF: 041.712.059-13
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

RUA PEDRO JOÃO PEREIRA – MATO ALTO, CEP: 88905-120 - ARARANGUÁ - SC
TELEFONE (048) 3721-6250 - FAX (048) 3721-4680, E-mail: mnpef@contato.ufsc.br

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Buzanelo, Cassiana
SISTEMA LOCOMOTOR DOS MEMBROS INFERIORES: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS / Cassiana Buzanelo ; orientador, Éverton Fabian Jasinski, 2022.
110 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em , Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. . 2. Ensino de Ciências. 3. Ensino Aprendizagem . 4. Sistema Locomotor. I. Fabian Jasinski, Éverton . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em . III. Título.

Este trabalho é dedicado ao meu marido Maurício e minha filha Cecília.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus pelo dom da vida.

A minha família que esteve sempre ao meu lado nessa caminhada.

Ao meu marido Maurício Buzanelo, por estar sempre ao meu lado.

A minha amada filha, por ser a razão da minha vida.

Aos professores do MNPEF – Araranguá, por possibilitar a ampliação das fronteiras do conhecimento.

Em especial ao meu orientador Prof. Dr. Éverton Fabian Jasinski que, com paciência, simpatia e muita calma e inteligência, me inspirou a continuar este trabalho.

Aos meu amigos e colegas de curso, pelas amizades construídas, por sempre me ajudarem quando foi necessário.

A CAPES pelo apoio financeiro destinado aos Estudantes de Pós-Graduação Stricto Senso.

E a todos que de maneira direta ou indireta fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

SISTEMA LOCOMOTOR DOS MEMBROS INFERIORES: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Cassiana Crepaldi Buzanelo

Orientador: Dr. Éverton Fabian Jasinski

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Este trabalho teve como objetivo a construção de um material de apoio ao professor de ciências e, também, a implementação de uma sequência didática construída a partir desse material, sobre o conteúdo sistema locomotor. A parte teórica baseou-se na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, fundamentando-se na metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP. Os resultados da aplicação são referentes a uma turma de 6º ano do Ensino Fundamental de uma escola municipal do município de Morro Grande/SC. Almejando uma aprendizagem significativa, fez-se o uso de material impresso, aula expositiva dialogada, utilização de vídeos, inserção de problema aos alunos e a confecção de protótipos de próteses de membros inferiores para bonecas. Acredita-se que esse material poderá ser aplicado por professores do Ensino Fundamental e Ensino Médio que desejam trabalhar o conteúdo de maneira interdisciplinar. A implementação da sequência didática mostrou que esse material é potencialmente significativo e os alunos demonstraram uma pré-disposição em aprender.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Interdisciplinaridade, Sistema Locomotor.

Araranguá
Fevereiro de 2021

ABSTRACT

LOCOMOTOR SYSTEM OF LOWER MEMBERS: A TEACHING PROPOSAL FOR SCIENCE TEACHING

Cassiana Crepaldi Buzanelo

Advisor: Dr. Éverton Fabian Jasinski

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

This work had the objective to construct support material for science teachers and the implementation of a didactic sequence built from this material on the content of locomotor system. The theoretical part was based on David Ausubel's Meaningful Learning Theory, grounded on the Problem-Based Learning instructional method - PBL. The results of the study are from a 6th grade elementary school class in the municipality of Morro Grande/SC. Aiming for meaningful learning, printed material, dialogued expository class, use of videos, insertion of problems for students, and the making of lower limb prosthesis prototypes for dolls were used. It is believed that this material can be applied by elementary and high school teachers who wish to work with the content in an interdisciplinary way. The implementation of the didactic sequence showed that this material is potentially significant and the students expressed a willingness to learn.

Keywords: Science Teaching, Interdisciplinarity, Locomotor System.

Araranguá
February de 2021

Sumário

Capítulo 1 1
Introdução 1
Capítulo 2 3
Revisão Bibliográfica 3
2.1 Aprendizagem Significativa de David Ausubel 3
2.2 Interdisciplinaridade 5
2.2.1 A ligação das ciências naturais com a interdisciplinaridade 8
2.3 O conteúdo de anatomia e fisiologia na disciplina de ciências 11
Capítulo 3 14
Dinâmica 14
3.1 Força 14
3.2 Torque 15
3.3 Primeira lei de Newton 19
3.4 Os referenciais inerciais 20
3.5 Segunda lei de Newton 20
3.6 Terceira lei de Newton 22
3.7 Peso e massa 24
3.8 Força normal 26
3.9 Biomecânica 28
3.9.1 Sistema de alavancas 29
3.9.2 Tipos de alavancas 30
3.9.3 Condição de equilíbrio de uma alavanca 33
Capítulo 4 35
Procedimento Metodológico 35
Capítulo 5 40
Implementação da Sequência Didática 40
Capítulo 6 46
Resultados 46
6.1 Análise do diário de bordo 46
6.2 Análise do questionário de concepções prévias 47
6.3 Análise do texto de opinião 48
6.4 Análise da construção dos modelos de próteses 49
Capítulo 7 51
Considerações Finais 51
Referências Bibliográficas 53
Material de Apoio ao Professor de Ciências 62

Capítulo 1

Introdução

Os conteúdos científicos abordados no currículo escolar das escolas básica devem preparar os estudantes para o enfrentamento de problemas diários que envolvem a leitura de diversas linguagens científicas presentes no contexto atual. Diante deste fato, o modelo que orienta a educação, na maioria das vezes, considera o aluno um agente passivo (FARIA, 2016).

A maneira como o ensino de ciências vem sendo trabalhado no Ensino Fundamental tem colaborado muito pouco para o desenvolvimento do pensamento científico nos alunos. De acordo com Furman (2009, p.5) “existe um consenso em relação à produção didática da ciência sobre a necessidade de os alunos aprenderem a resolver problemas, analisar informações, tomar decisões, o que significa desenvolver competências que possam prepará-los para a vida”. Segundo a autora, não se trata de não saber o que ministrar nas aulas, mas sim de como proceder, de como aproveitar os saberes e questionamentos que os alunos trazem para a sala de aula e instigar o prazer pelo aprender.

Uma das alternativas para o ensino de ciências é a utilização da interdisciplinaridade Fazenda (2002) estabelece que a interdisciplinaridade proporciona aos alunos se posicionarem em relação ao mundo de hoje, isto é, assimilar criticamente as diversas informações científicas que os cercam cotidianamente, que frequentemente são apresentadas de forma adulterada pelos meios de comunicação ou pela internet ou de forma amplamente técnica.

Um trabalho com enfoque interdisciplinar na escola proporciona aos docentes a troca de informações, conceitos e estratégias sobre o assunto trabalhado, permitindo que os alunos assimilem determinado conteúdo de diversas maneiras. De acordo com os PCN (1998), é necessário compreender que a educação é um trabalho social que torna fundamental a colaboração de outras áreas do conhecimento, fundamentando o seu exercício de maneira interdisciplinar.

O entendimento de que o conhecimento ordenado pelas Ciências Naturais possui interferência significativa nos rumos da história humana, sendo capaz de

favorecer ao cidadão a compreensão de que a atividade científica, vista por meio de metodologia educativa, é essencial para ações mais perspicazes dos indivíduos na modificação da sociedade em que vivem (CACHAPUZ; et al. 2005).

Dessa maneira, ter um olhar mais específico para o ensino de Ciências Naturais indica que ele deve garantir ao aluno uma educação voltada para o exercício pleno da cidadania, auxiliando para a sua formação crítica e autônoma, instruindo-o a compreender o mundo em que vive e propiciando-o a escolher os seus próprios caminhos (REIS, 2004).

Este trabalho possui como objetivo a elaboração de um Material de Apoio ao professor de Ciências sobre o assunto “Interação entre os sistemas locomotor e nervoso” de forma interdisciplinar entre Biologia e Física, propor uma sequência didática a partir desse material, aplicar a sequência didática em uma turma de 6º ano do ensino fundamental da escola municipal de Morro Grande/SC, e por fim, avaliar o material gerado pelo projeto e os questionamentos dos estudantes, com objetivo de averiguar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Aprendizagem Significativa de David Ausubel

A aprendizagem significativa é encarregada pela formação do conhecimento. Essas aprendizagens ficam guardadas na estrutura cognitiva. De acordo com a teoria ausubeliana, para estimular uma aprendizagem significativa, é necessário que haja uma organização com um grande poder explicativo (AUSUBEL, 1966). Dessa maneira, é dada a grande importância para o conhecimento adquirido anteriormente na aprendizagem atual, Ausubel. et al. (1980, trad) ressaltam que a psicologia educacional poderia ser restrita a um único princípio: o de que a aprendizagem deve ser realizada de acordo com o que o aluno já conhece. De outro modo: o ensino possui como objetivo encontrar ressonância na estrutura cognitiva do aluno.

O conjunto de conhecimentos que o aluno conquista ao longo de sua vida, torna-se o ponto de partida da teoria de ensino proposta por Ausubel. Ele chama este agrupamento de informações de estrutura cognitiva e, segundo ele, é a variável mais relevante que o professor deve considerar no ato de ensinar. O docente deve estar atento para o tema, bem como para as maneiras de disposição desse conteúdo na estrutura cognitiva (RONCA**,** 1994).

Desse modo, o conhecimento prévio com o qual a nova informação irá se associar é chamado de subsunçor. De acordo com Moreira (1999b), a aprendizagem significativa acontece quando a nova informação se ancora em um subsunçor.

> "Um 'subsunçor' é, portanto, um conceito, uma ideia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo capaz de servir de 'ancoradouro' a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito (i.e., que ela tenha condições de atribuir significados a essa informação) (Moreira, 1999b, p. 11) ".

O novo conhecimento associa-se com um aspecto importante e específico da estrutura cognitiva do sujeito. Esta estrutura específica é intitulada, segundo a

teoria da aprendizagem, de subsunçor, em que novas informações são ancoradas. Diante disso, o subsunçor representa uma ligação de subordinação do novo conteúdo à estrutura cognitiva pré-existente. É nesse sentido que o conhecimento prévio torna-se fundamental para o acontecimento da aprendizagem significativa (ZOMPERO; LABURU, 2010).

Conforme Ausubel et al. (1978), a aprendizagem só é dita significativa quando os conhecimentos adquiridos pelos alunos são conduzidos por significado, através de ancoragem que o próprio mecanismo cognitivo efetua, e essa relevância caminha pelo campo das ideias, conceitos e proposições já efetivos nos alunos. A compreensão dos conceitos através da interação do que é assimilado com as informações já existentes na estrutura cognitiva acontece segundo o processo da diferenciação progressiva.

Na diferenciação progressiva o aluno é apto para dispor novos significados aos conceitos mais amplos, e continuando a associar as novas ideias com outros conceitos cada vez mais diferentes. O procedimento de reestruturar os conceitos já assimilados a partir de novas ligações conceituais é chamado de reconciliação interativa (BARBOSA, et.al, 2005).

Sendo assim, esses dois procedimentos, tanto a reconciliação progressiva quanto a diferenciação progressiva, se comunicam ao longo percurso da aprendizagem significativa. Dessa forma, toda aprendizagem se concretiza em reconciliação progressiva, e ela se resulta numa diferenciação progressiva mais agregada de conceitos. Dessa forma a reconciliação integrativa é vista como uma diferenciação progressiva na estrutura cognitiva do sujeito. O resultado desse processo está nas diferenças e semelhanças entre ideias relacionadas (MOREIRA, 1997).

Na aprendizagem significativa, o aluno não é um receptor passivo, ao contrário, ele deve utilizar esses significados que já assimilou, de forma substantiva e não arbitrária, para assim compreender os significados dos materiais educativos. Nesse procedimento, concomitantemente em que está ocorrendo aos poucos a diferenciação na estrutura cognitiva do aprendiz, está também gerando uma reconciliação integradora de forma a reconhecer

semelhanças e diferenças e assim remodelar seu conhecimento. Ou seja, o aluno constrói e gera seu conhecimento (MOREIRA, 2006).

São necessárias algumas condições para ocorrer a aprendizagem significativa, segundo Moreira (1999a). Uma dessas condições é que o aluno possua subsunçores adequados, para que a nova informação consiga ancorar e mostrar novo significado para ele. Dessa forma, ele precisa entender algo que proporcione, de alguma maneira, uma ligação com o que ele quer aprender. Assim, é necessário que o aluno possua uma condição cognitiva adequada. Outro requisito é que o material de estudo seja potencialmente significativo: segundo Moreira (1999b), esse material é aquele que é associável ou incorporável à estrutura cognitiva do aluno, de maneira não-arbitrária e não-literal. Por fim, a condição de que o aprendiz esteja disposto a aprender de forma significativa, isto é, o aprendiz deve apresentar uma disposição para associar, de forma não arbitrária e não literal, à sua estrutura cognitiva, os novos conceitos captados dos materiais educativos, potencialmente significativos.

Segundo Moreira (1999b), isso implica que, dessa forma, não importa o quanto o material seja potencialmente significativo se o aluno não tiver a intenção de aprender de forma significativa, não havendo o interesse em aprender, o conhecimento vai ser memorizado de forma mecânica e automática pelo próprio aluno.

2.2 Interdisciplinaridade

Para conseguir explicar a complexidade do mundo, é necessário a divisão do conhecimento em disciplinas, sendo que cada uma possui sua própria identidade e objeto de estudo. Porém, para que todo esse conhecimento vire informações do mundo, ou seja, em habilidades para compreender, diferenciar, comparar, debater e efetuar decisões, torna-se necessário a integração das disciplinas em um saber não fragmentado. Esse é o caminho que se tem como expectativa, tanto com os professores como com os alunos (FERREIRA, 2010).

Com isso, surgiu cada vez mais a necessidade de uma maior interação entre as disciplinas escolares, para conseguir abordar de uma forma mais ampla os

conteúdos em sala de aula. Sendo assim, a interdisciplinaridade vem sendo discutida como uma ferramenta fundamental sobre as alterações existentes no ambiente escolar, gerando novas possibilidades para buscar a compreensão e a resolução dos desafios que existe em nossa sociedade (MOURA, et al, 2017).

O conceito de interdisciplinaridade, segundo Ivani Fazenda (1994), se formou na Europa, mais especifico na França e Itália, no início da década de 60. Originou-se como resposta aos movimentos estudantis que reivindicavam um ensino mais direcionado às questões de ordem social, político e econômico da época, com a ideia de que a integração dos conhecimentos poderia solucionar os problemas atuais (BONATTO; et al, 2012).

Já no Brasil, a interdisciplinaridade chegou no final dos anos 60, conseguindo se destacar com grande importância na construção da Lei de Diretrizes e Bases 5.692/71. A partir desse momento, sua presença no sistema educacional brasileiro vem crescendo cada vez mais, juntamente com a LDB 9.394/96 e com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (CARLOS, 2008).

De acordo com Fazenda (2002), a ideia de interdisciplinaridade se origina no pensamento de que nenhum conhecimento é racional. Permitindo a interação com outras formas de conhecimento, intercalando entre eles. Dessa forma, tornam-se apropriados os saberes gerados pelo senso comum, pois é através dele que demos significado a vida, interagindo com os conhecimentos científicos, possibilitando um engrandecimento da nossa relação com o outro e com o mundo.

De acordo com as interpretações de SANTOMÉ (1998, p. 73), o ensino que busca uma perspectiva interdisciplinar tem a possibilidade de construir uma estrutura conceitual e metodológica distribuída por várias disciplinas, que contribuem para oportunizar a transferência da aprendizagem, gerando um aumento na aptidão para enfrentar problemas que ultrapassam o limite de uma sala de aula.

Para Coimbra (2000), a interdisciplinaridade consiste num tema, objeto ou abordagem de duas ou mais disciplinas que se relacionam entre si para alcançar um objetivo, sem perder suas identidades e os limites de cada campo. Para BRASIL (1999, p. 89).

> A interdisciplinaridade não separa as disciplinas, oposto a isso, mantém sua individualidade. Porém, engloba as disciplinas a partir da clareza das diversas causas ou fatores que influencia sobre a realidade e trabalha todas as linguagens necessárias para a constituição dos saberes, comunicação e conciliação de significados e registro sistemático dos resultados. BRASIL (1999, p. 89).

Para estimular as relações interdisciplinares e promover um incentivo maior aos alunos, para que eles consigam relacionar conceitos de diversas áreas e disciplinas, proporcionado buscar em um nível mais elevado do conhecimento cientifico torna-se necessário a busca de um saber de forma interdisciplinar (COIMBRA, 2000; SOUZA, 2015).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNs), é necessário que o currículo enxergue a interdisciplinaridade como uma ferramenta que vá além da interação do conjunto de disciplinas. Sendo assim, para ocorrer a interdisciplinaridade é necessário "partir da necessidade sentida pelas escolas, professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever, algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários" (BRASIL, 1999, p. 88-89).

A interdisciplinaridade acaba se tornando uma ponte para uma melhor assimilação entre as disciplinas. É notável porque engloba diversos conceitos e temas, gerando assim recursos ampliados e dinâmicos, onde possa acontecer uma aprendizagem (BONATO, et al, 2012). A utilização de um trabalho de forma interdisciplinar em sala de aula, promove uma formação de um sujeito mais participativo, que consegue relacionar os conteúdos adquiridos nas aulas com os saberes de seu cotidiano, promovendo uma comunicabilidade entre sujeito e sociedade (LAGO; ARAUJO; SILVA, 2015).

De acordo com Mello (2012, p. 11):

> É necessário que o assunto abordado chame a atenção do aluno a ponto de compreender a importância do tema trabalhado. Ao construir significados, o docente estará buscando motivação intelectual para

> envolver o aluno de fato. Ou seja, significados não são neutros. Associam valores porque explicam questões cotidianas, ajudam na compreensão dos problemas sociais e mundiais ou proporciona a vivencia do método de descoberta.

Assim, o trabalho interdisciplinar procura simular questões que proporcionem vivências de situações reais do cotidiano do aluno, que para serem resolvida é necessário determinado conhecimento, que não se encontra somente em uma única fonte de informação (MELLO, 2012).

Sendo assim, a interdisciplinaridade compreende que a constante busca pela descoberta a partir de diferentes saberes ajudam sobre o entendimento do assunto sem gerar hierarquias (FERREIRA, 2010). Como discutido por Japiassú (1976), a interdisciplinaridade se define pela capacidade de realizar trocas de conhecimento entre os pesquisadores e pelo nível de relação da disciplina com o projeto. Dessa maneira, para que isso seja possível, torna-se necessária a estruturação dos processos e resultado.

2.2.1 A ligação das ciências naturais com a interdisciplinaridade

Um dos motivos para que a interdisciplinaridade no ensino de Ciências Naturais seja estudada é o intuito de inovar o ensino-aprendizagem, mostrando ser um instrumento de grande importância na superação das aulas tradicionalmente fragmentadas, ou seja, modificando o ensino tradicional. Estimular a interdisciplinaridade é promover a importância do conhecimento (LEAL, et al, 2016).

O ensino disciplinar e fragmentado das ciências vem se mostrando muito distante da realidade cotidiana dos estudantes. Além disso, os materiais didáticos utilizados pelos professores em suas aulas, retratam uma abordagem conteudista e descontextualizada, que não ajuda na elaboração de novos conceitos e valores associados e atuais, dificultando a formação de cidadãos críticos, reflexivos e capazes de compreender o contexto onde estão inseridos (FARIA, 2016).

De acordo com Santomé, 1998.

> [...] “convém não esquecer que, para que haja interdisciplinaridade, é preciso que haja disciplinas. As propostas interdisciplinares surgem e desenvolvem-se se apoiando nas disciplinas; a própria riqueza da interdisciplinaridade depende do grau de desenvolvimento atingido pelas disciplinas e estas, por sua vez, serão afetadas positivamente pelos seus contatos e colaborações interdisciplinares (SANTOMÉ, 1998, p. 61).

Neste caso, a atividade interdisciplinar desenvolvida em conjunto com a disciplina não surge para substituir a prática disciplinar, mas sim para adicionar mais saberes a ela (LEAL, et al, 2016).

Os temas de Ciências trabalhados em cada ano letivo do Ensino Fundamental são estabelecidos como: Geociências (estudo da hidrosfera, da atmosfera e da crosta terrestre) no 6° ano; Seres Vivos no 7° ano; O Corpo Humano no 8° ano e Química e Física no 9° ano. Esse modo tradicional de organização dos conteúdos acaba desfavorecendo a articulação entre os conhecimentos, acarretando uma abordagem desconecta dos mesmos (SOARES, 2012). Ao se estudar a origem dessa tal organização, compreende-se que há uma relação entre essa proposta de organização dos conteúdos para o ensino de ciências que está ligada nas coleções de livros didáticos. Uma das possíveis causas da condensação dos temas já pré-selecionado se deu ao fato de muitos professores considerarem os livros didáticos como “versões adaptadas das propostas curriculares e do conhecimento científico” (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p.153). E ainda, conforme essa organização tradicional, os assuntos de Química e Física se encontram no último ano do Ensino Fundamental II, no 9° ano. Sendo que em um ano letivo, recomendam-se que o professor trabalhe um semestre letivo os assuntos relativos à Química e o outro semestre letivo os conteúdos relativos à Física (SOARES, 2012).

É necessário que tanto o professor quanto a escola estimulem o questionamento, o debate, a curiosidade, com o objetivo de que o aluno consiga compreender a ciência como uma construção histórica de fatos e pesquisas, ultrapassando as barreiras do ensino passivo, construindo significado para ele (BRASIL, 1998).

Um ensino que utiliza a prática interdisciplinar tem como objetivo de formar estudantes críticos e que possua uma visão inovadora, aptos para “articular, religar, contextualizar, situar-se num contexto e, se possível, globalizar, reunir os

conhecimentos adquiridos” (MORIN, 2002B, p. 29). Essa visão inovadora embasada em fatos atuais ocorridos no mundo torna-se um alicerce necessário para o conceito de interdisciplinaridade. Este conceito é formado pela complexidade na explanação de um tema ou tópico, na tentativa de explica-lo como um todo (LEAL, et al, 2016).

Sendo assim, o professor possui um compromisso ainda mais complexo, tendo como desafio a ligação de várias áreas do conhecimento (BRASIL, 2002, P.90). A interdisciplinaridade deve ser compreendida como um sentido educacional, no modo de integrar, articular as várias disciplinas que são trabalhadas de modo individual pelos educadores. Para que isso ocorra, é necessária uma mudança na forma de agir e pensar pelos trabalhadores na área da educação (LAGO; ARAUJO; SILVA, 2015).

Sendo assim, para que os discentes consigam compreender e assimilar os conhecimentos científicos, é fundamental que os professores de ciências proporcionem relações interdisciplinares no procedimento de ensino e aprendizagem, visto que estas ligações são necessárias em uma didática pedagógica de um nível mais elevado e de exigência conceitual. De acordo com Ferreira (2014), alguns educadores acham que diminuir o nível de exigência conceitual pode retratar uma forma de ajudar os alunos a entender o conhecimento científico. No entanto, como explicam Morais e Neves (2012), a evolução das capacidades mais complexas é essencial para a aprendizagem de conhecimento científico de nível elevado, pois sempre estão presentes no processo de ensino e aprendizagem e contribuem para um satisfatório desenvolvimento cognitivo. Acreditamos que a aprendizagem das ciências deve acontecer de maneira equilibrada entre conceitos de capacidades simples e complexas, de forma a atender o tempo de evolução do aprendizado científico dos alunos.

A interdisciplinaridade surge para a educação como um novo material capaz de ajudar a regenerar o significado do ensinar e do aprender. Desse modo, é necessário conhecermos as ideias dos professores (as) em relação ao assunto mencionado e também pensarmos sobre os limites e as possibilidades para sua concretização no âmbito estudantil (LAGO; ARAUJO; SILVA, 2015). O procedimento interdisciplinar oportuniza ao sujeito a ser mais participativo, com maior diálogo entre as atividades escolares, levando o conhecimento adquirido em sala de aula para o

seu cotidiano, de forma a propiciar uma melhor comunicação desse sujeito com a sociedade em qual está inserida. Nessa perspectiva, Thiesen (2008, p. 20) afirma:

> [...] “quanto mais interdisciplinar for as aulas do docente, quanto maiores forem as interligações conceituais propostas entre as diferentes ciências, quanto mais complexos, estimuladores, desafiantes e argumentados forem os métodos de ensino, maior será as chances de entendimento do mundo pelos sujeitos que aprendem” (THIESEN, 2008, p. 20).

Portanto, estipular relações de interdisciplinaridade estimulará os alunos a correlacionar conceitos de diversas áreas e disciplinas, reivindicando uma ligação que conduzirá a obter um nível mais elevado da complexidade do conhecimento científico (COIMBRA, 2000; SOUZA, 2015).

2.3 O conteúdo de anatomia e fisiologia na disciplina de ciências

O estudo sobre a Anatomia é um dos mais antigos, e teve início por volta do século 400 a.C. Hipócrates dissecava o corpo humano em busca de respostas sobre os questionamentos que envolvia a existência humana. A cada nova descoberta surgiam novos questionamentos, a respeito do funcionamento do corpo humano. A anatomia possuía a função de estudar a forma do corpo humano, e de forma complementar a fisiologia possui, a finalidade de estudar o funcionamento dele. Esses estudos se conectam, tornando assim a base do conhecimento na área da saúde.

No ensino de Ciências, o conteúdo de biologia que abrange as células, tecidos e sua relação com os sistemas do corpo humano são normalmente trabalhadas em aula de forma fragmentada e desconexa da realidade, fundamentado em um modelo transmissão-recepção, destacando o verbalismo como instrumento principal de transmissão de conhecimento por parte do professor e na aceitação passiva do aluno (BECKER, 1996). A aprendizagem do aluno fica comprmetida, gerando como consequência a dificuldade de estabelecer relações necessárias para a compreensão da organização morfológica do corpo humano. Assim gerou a necessidade de desenvolver ferramentas que preparem o aluno a um pensar reflexivo e autônomo, construindo estruturas cognitivas que o leve a apropriação do conhecimento científico (LABURÚ et al., 2013).

Aprender Ciência tem como objetivo buscar ampliar o campo de conhecimento no mundo e sobre o mundo, que é algo muito importante para o pleno exercício da cidadania. A área de Ciências da Natureza precisa assegurar que os alunos dos anos iniciais possuam acesso a uma maior diversidade de conhecimentos científicos possíveis, desse modo oferecendo meios que aproximem a prática e conteúdo estudado, fazendo com que esse aluno busque a ter uma nova visão do meio no qual está inserido, possibilitando que ele possa fazer escolhas e intervir de maneira consciente e com base em princípios sustentáveis visando o bem comum (SILVA, et al, 2018).

Dessa maneira, para Pozo e Crespo:

> O ensino de Ciências deve ser repleto de incertezas, no qual os alunos, com interesses, ajudarão a contribuir para a construção do conhecimento científico, permitindo aos alunos uma aprendizagem de Ciências de modo construtivo e significativos ao contrário de limitar-se na aquisição de conhecimento absolutos reproduzidos (2009, apud Souza et al, 2017).

Identifica-se que o ensino tradicionalista se torna cada vez menos eficaz para o ensino de Ciências, visto que as crianças atuais estão imersas a novos conhecimentos através da tecnologia. Por isso, é tão necessário que os alunos não percam a curiosidade pelo ensino das Ciências (SILVA, et al, 2018).

E para o tema “o corpo humano”, enquanto conteúdo programado do currículo, cabe ao ensino de ciências apresenta-lo de forma lógica e sistemática (MACEDO, 2005; SILVA, 2005; TRIVELATO, 2005; TALAMONI, 2007). Se o ensino exibe esse conteúdo de forma desconexa e fragmentada acaba acarretando um “distanciamento” que impossibilita professores e alunos de identificarem seus próprios corpos no processo educativo, impondo a um “regime de esquecimento” ou “negação” a atender a um projeto de cidadão e de sociedade (SILVA, 2005, p.145).

Na aprendizagem de anatomia humana, onde requer bastante visualização e o contato manual, torna-se importante o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras, mesmo imersos aos inúmeros recursos digitais disponíveis. Segundo Justina e Ferla (2006), a aplicação de modelos didáticos inovadores permite ao aluno a concretização de um conceito, tornando-o mais alcançável, estimulando maior interesse e propiciando o trabalho em equipe.

No entanto, é dever da escola e do ensino de ciências superar o distanciamento entre o corpo individual e o corpo biocultural, sendo capaz de

entender que a “produção de um sujeito humano é uma das especificidades pedagógicas do ensino de ciências” (SILVA, 2005, p.150).

Capítulo 3

Dinâmica

A dinâmica é um ramo da física responsável por analisar as causas do movimento e seus possíveis efeitos. Seu foco está no estudo dos comportamentos dos corpos e a ação das forças que produzem ou modificam os movimentos. A mecânica clássica surgiu com as teorias de Isaac Newton, baseadas nas grandes contribuições dos cientistas Galileu Galilei e Johannes Kepler.

Esse capítulo foi baseado nas seguintes fontes:

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 1, 8. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume l: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NUSSENZVEIG, H. MOYSÉS. Curso de física básica, 1: mecânica / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

YOUNG, H. D. FREEDMAN, R. A. Física I Mecânica (Sears e Zemansky). colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

3.1 Força

Para Newton, a força que age sobre um corpo é capaz de alterar o estado de repouso ou movimento retilíneo. Qualquer ação que causa uma variação de velocidade é vista como uma força. O peso de um corpo, resistência do ar, da água, atrito e as contrações musculares realizam força. A força é considerada uma grandeza vetorial, dinâmica, que possui como resultante de sua ação a alteração da velocidade.

De acordo com Mcginnis, (2015, p. 20) “força é um empurrão, um puxão, força é qualquer coisa que faça um objeto sair ou voltar ao repouso, aumentar ou diminuir a velocidade, ou mudar de direção”.

Uma força é medida, logo, pela aceleração que produz. Contudo, a aceleração é uma grandeza vetorial, logo é caracterizada por um módulo, orientação e sentido. Quando duas ou mais forças atuam sobre um corpo, conseguimos calcular a força total, ou força resultante, somando-as vetorialmente. O princípio de superposição para as forças ocorre como se fosse uma única força com módulo, orientação e sentido da força resultante, sobre o corpo, resulta no mesmo efeito que todas as forças individuais agindo ao mesmo tempo sobre o corpo.

Para definir o vetor soma (resultante) de todas as forças que agem sobre um corpo, consideramos a letra grega ∑ para designar uma soma. Denominando as forças por $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$, $\overrightarrow{F_3}$ e assim por diante, obteremos a soma do seguinte modo:

$$\vec{F}_{res} = \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots + \vec{F}_n. \qquad (3.1\text{ -}1)$$

A força resultante ($\vec{F}_{res}$) que age sobre um corpo é a soma vetorial de todas as forças individuais atuando sobre esse corpo. A unidade no SI (Sistema Internacional de Unidades) do módulo de uma força é o newton, abreviado por N, equivalente a kg.m/s^2.

3.2 Torque

Pensamos sobre o movimento de rotação de um corpo rígido em torno de um eixo fixo, a direção desse movimento se dá ao movimento circular de um ponto P do corpo em uma secção transversal e obtemos o ângulo θ em torno do eixo.

Sobre as grandezas lineares e angulares temos:

Deslocamento linear = $x \leftrightarrow \theta$ = Ângulo de rotação

Velocidade linear = $v = \frac{dx}{dt} \leftrightarrow \omega = \frac{d\theta}{dt}$ = Velocidade angular

Aceleração linear = $a = \frac{dv}{dt} \leftrightarrow \alpha = \frac{d\omega}{dt}$ = Aceleração angular

Uma forma de definir uma força F no movimento linear seria por meio do trabalho ΔW, sendo ela realizado num deslocamento infinitesimal Δx no seu ponto de aplicação. Temos:

$$\Delta W = F\,\Delta x \qquad (3.2\text{ -}1)$$

Para rotação utilizaremos a grandeza τ , obtemos:

$$\Delta W = \tau\,\Delta\theta \qquad (3.2\text{ - }2)$$

Que corresponde a um trabalho realizado numa rotação infinitesimal $\Delta\theta$.

De acordo com a Figura 3.2 - 1, se pegarmos uma haste rígida e faze-la girar em torno de uma extremidade fixa O sob a ação de uma força F colocada sobre o ponto P, à uma distância r do ponto O. A força F produz um ângulo φ com a direção OP=r.

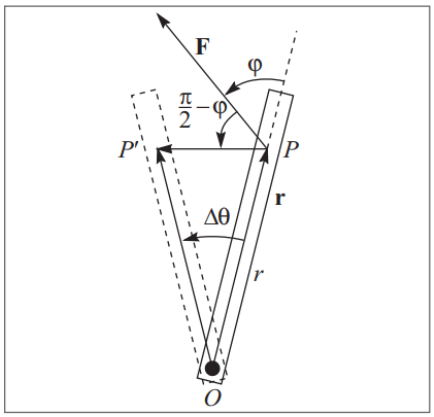


Figura 1. Uma haste rígida possuindo uma extremidade fixa.

Fonte: Nussenzveig, H. Moysés. Curso de física básica, 1: mecânica / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

Assim obtemos a projeção de F do deslocamento como:

$$F\cos\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right) = F\,sen\varphi \qquad (3.2\text{ - }3)$$

Sendo que a magnitude do deslocamento no ponto de aplicação se dá por $|PP'| \approx r\Delta\theta$, sendo que o trabalho resulta em:

$$\Delta W = Fr\ sen\ \varphi\ \Delta\theta \qquad (3.2 - 4)$$

Comparando as equações 2 e 4 obtemos:

$$\tau = Fr\ sen\ \varphi \qquad (3.2 - 5)$$

Podemos decompor a força F em suas componentes $F_{\parallel}$, sendo paralela à direção r e de magnitude $F_{\parallel} = F \cos\varphi$ e F perpendicular a direção r e de magnitude, temos:

$$F_{\perp} = F\ sen\ \varphi \qquad (3.2 - 6)$$

Analisando a figura 2.

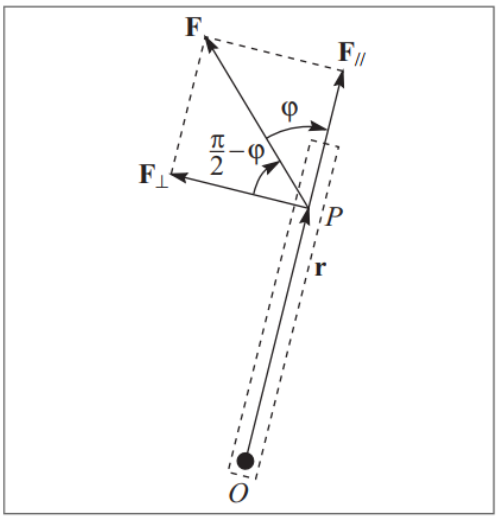


Figura 2. Força F e suas componentes.

Fonte: Nussenzveig, H. Moysés. Curso de física básica, 1: mecânica / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

Assim, podemos rescrever a equação 3.2 - 5 como:

$$\tau = F_{\perp} r \qquad (3.2 - 7)$$

Demonstrando assim que somente a componente perpendicular da força é necessária na produção da rotação.

Reescrevendo o resultado obtemos:

$$\tau = F_{r\perp} = Fb \quad (3.2 - 8)$$

Sendo que:

$$r_{\perp} = b = r\ sen\ \varphi \quad (3.2 - 9)$$

Então $r_{\perp}$ será a magnitude do ponto O até Q (Figura 3), sendo que a distância da linha de ação PQ entre o ponto O. Essa distância também pode ser chamada de "braço de alavanca" da força. De acordo com a definição de Nussenzveig (2013) "força é tanto mais eficaz na produção de rotação quanto maior o braço de alavanca".

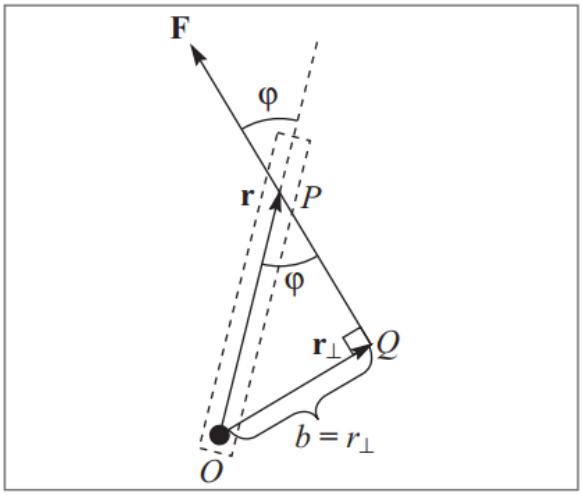


Figura 3. Braço de alavanca.

Fonte: Nussenzveig, H. Moysés. Curso de física básica, 1: mecânica / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

Analisando φ na equação 3.2 - 5, identificamos que é o ângulo entre as direções de r e de F, dessa forma comparando com a magnitude de $a\ x\ b$:

$$|c| = |a\ x\ b\ | = |a||b|\ sen\ \varphi \quad (3.2 - 10)$$

Podemos obter:

$$\tau = |r\ x\ F| \quad (3.2 - 11)$$

Sendo que τ também é uma magnitude de um vetor, então o produto vetorial de r e de F será:

$$\tau = r \, x \, F \qquad (3.2 - 12)$$

Esse vetor é denominado vetor torque da força F em relação ao ponto O.

3.3 Primeira lei de Newton

Isaac Newton em 1687 publicou sua obra “Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, formulando três “Axiomas ou Leis do Movimento”.

A primeira Lei também conhecida como Lei da Inércia: “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele”. Isso quer dizer que, mesmo que um corpo se encontra submetido a diversas forças, se a resultante dessas forças for zero, o corpo não sofrerá uma aceleração.

Para que um corpo esteja em equilíbrio, é necessário que nenhuma força seja acionada a ele ou que a soma vetorial de todas as forças atuantes seja zero. Ou seja, a força resultante deve ser nula.

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \qquad (3.3 - 1)$$

Um corpo que permanece repouso em relação a um certo referencial está em equilíbrio. Se a velocidade for constante a aceleração é nula. Diante disso encontramos dois casos em que a aceleração é nula, primeiro a velocidade vetorial é constante e nula no decorrer do tempo, dizemos que o objeto se encontra em equilíbrio estático. E quando a velocidade vetorial é constante, mas não nula, possuindo uma velocidade constante em modulo, direção e sentido, dizemos que o objeto se encontra equilíbrio dinâmico.

Condição de Equilíbrio:$\vec{v} = cte \; ou \; \vec{a} = \vec{0}$, num dado referencial.

I) Equilíbrio Estático: $\vec{v} = cte = \vec{0}$, repouso.

II) Equilíbrio Dinâmico:$\vec{v} = cte, \vec{v} \neq 0$, movimento retilíneo e uniforme (MRU).

Essa tendência que o corpo tende a se mantém em deslocamento quando iniciado o movimento, sucede a uma propriedade chamada inércia. A lei da inércia também é conhecida como a primeira lei de Newton.

3.4 Os referenciais inerciais

A primeira lei de Newton não pode ser utilizar para todos os referenciais. Isso acontece porque essa lei só é válida para referenciais inercias, ou seja, referencias fixados em corpos rígidos em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

O referencial inercial é um referencial para o qual as leis de Newton são válidas. Quando um corpo é escolhido como referência, devemos analisar as situações (posição, velocidade, etc.) em relação a outros corpos. Qualquer corpo livre da ação de forças, de acordo com a primeira lei de Newton, a lei da inércia, é denominado de referencial inercial.

3.5 Segunda lei de Newton

Segundo Newton “A mudança na quantidade de movimento é proporcional à força motora impressa e faz-se na direção da linha reta segundo a qual a força motora é aplicada”. Demonstrou a relação entre a massa e força na física.

Na mecânica clássica, a constante da massa (m) de uma partícula com velocidade (v) e aceleração (a) (as duas variáveis no tempo, em geral) podem ser demonstradas nas seguintes formas:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a} \qquad (3.5 - 1)$$

e

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \qquad (3.5 - 2)$$

Newton definiu a “quantidade de movimento”, conhecido também como momento linear, ou momento. A sua definição foi: “A quantidade de movimento é a

medida do mesmo, que se origina conjuntamente da velocidade e da massa". Isso é: o momento (linear) de uma partícula é o produto de sua massa por sua velocidade:

$$\vec{p} = m\,\vec{v} \qquad (3.5 - 3)$$

Definimos que a massa (m) não varia com o tempo, obtemos com a derivação em relação ao tempo a equação 3.5 - 3.

$$\frac{dp}{dt} = m\,\frac{d\vec{v}}{dt} = m\,a \quad (3.5 - 4)$$

E comparado a equação 3.5 - 4 com a equação 3.5 - 1, obtemos:

$$\frac{dp}{dt} = \vec{F} \qquad (3.5 - 5)$$

Isso é correspondente à formulação de Newton da 2a lei: "A variação do momento é proporcional à força impressa, e tem a direção da força".

Quando há uma força resultante externa que age sobre um corpo, ele se acelera. Essa aceleração possui a mesma direção e o mesmo sentido da força resultante. Assim o vetor força resultante é igual ao produto da massa desse corpo pelo vetor aceleração do corpo.

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \qquad (3.5 - 6)$$

Para se resolver um problema que engloba forças, é necessário definir claramente a que corpo irá aplicar a segunda lei de Newton. Como a segunda lei de Newton é uma equação vetorial, ela pode ser usada pelo meio da forma dos componentes, descrevendo a equação para cada eixo de um sistema de coordenadas x, y e z e a aceleração correspondente:

$$\sum F_x = ma_x \qquad \sum F_y = ma_y \qquad \sum F_z = ma_z \quad (3.5 - 7)$$

Cada componente da força resultante sobre um corpo é igual a massa do corpo vezes o componente correspondente da aceleração.

Se a força resultante que atua sobre o corpo é nula, então a aceleração do corpo também será nula. Se este corpo estiver em repouso, ele permanecerá em repouso, mas se ele tiver em movimento, ele continuará a se mover com velocidade constante. Para tais casos, as forças que atuam sobre esse corpo se compensam e podemos dizer que o corpo se encontre em equilíbrio.

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades, a força resultante é dada em Newton (N), a massa em quilograma (Kg), a velocidade em metros por segundo (m/s), o tempo em segundo (s) e a aceleração em metros por segundo ao quadrado (m/s^2).

$$1N = (1\,Kg).\left(\frac{1m}{s^2}\right) = Kg.m/s^2 \qquad (3.5 - 8)$$

3.6 Terceira lei de Newton

Quando dois corpos interagem, surge um par de forças como resultado da ação que um corpo exerce sobre o outro. Essas forças são denominadas de ação e reação.

De acordo com a terceira lei de newton, toda ação corresponde a uma reação, com a mesma intensidade e direção, mas sentidos opostos.

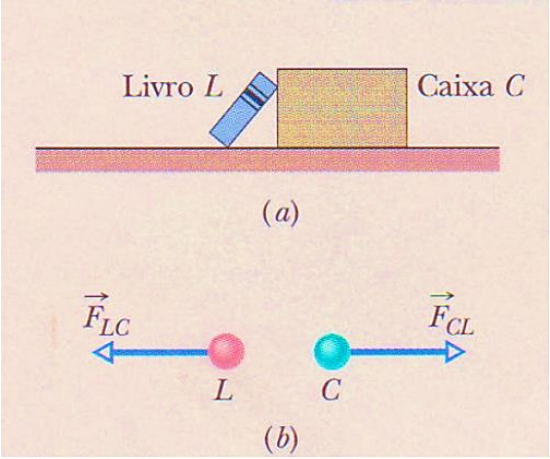


Figura 4. (a) O livro L está apoiado na caixa C. (b) A força da caixa sobre o livro e a força do livro sobre a caixa têm mesmo módulo e sentidos opostos.

Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Seguimos com o exemplo da Figura 4. Por exemplo, você apoia um livro L em uma caixa C (Figura 4-a). O livro e a caixa interagem de tal forma que a caixa exerce uma força horizontal $\vec{F}_{LC}$ sobre o livro, e este exerce uma força horizontal $\vec{F}_{CL}$ sobre a caixa (Figura 4-b). Neste caso do livro e da caixa, conseguimos escrever esta lei como a relação escalar:

$$F_{LC} = F_{CL} \text{ (Módulos iguais)} \quad (3.6 - 1)$$

Ou como a relação vetorial

$$\vec{F}_{LC} = -\vec{F}_{CL} \text{ (Módulos iguais e sentidos opostos)} \quad (3.6 - 2)$$

O sinal negativo significa que as duas foças possuem sentidos opostos. Essas forças entre os dois corpos interagindo formam um par de forças da terceira lei. Geralmente quando dois corpos interagem, um par de forças da terceira lei está presente. Apesar de que as forças de ação e reação mostram a mesma intensidade, os resultados produzidos por elas dependerão da massa e das características de cada corpo. O livro e a Caixa da Figura 4 estão em repouso, porém a terceira lei também é válida para o movimento uniforme ou acelerado.

3.7 Peso e massa

A força peso (P) é a força de atração entre a Terra e qualquer corpo. A intensidade dessa força é obtida através do produto da massa (m) do corpo, pela aceleração da gravidade (g), temos:

$$P = mg \qquad (3.7 - 1)$$

A força peso é uma grandeza vetorial e está sempre orientada para o centro da Terra, sendo assim podemos reescrever:

$$\vec{P} = m\vec{g} \qquad (3.7 - 2)$$

Na superfície da terra, utilizamos o valor aproximado de 9,8 m/s^2 para o módulo da aceleração da gravidade $\overrightarrow{(g)}$, sendo que essa aceleração diminui à medida que nos afastemos da superfície do planeta.

A unidade de massa é determinada em termos de um modelo, um padrão de platina iridiada, no Ofício Internacional de Pesos e Medidas em Paris, que representa o quilograma (kg), que foi produzido originalmente para representar à massa de um litro de agua à pressão atmosférica e à temperatura de 4°C. Sendo assim, 1 kg é a massa desse protótipo.

Usualmente é adotada o Sistema Internacional (SI) de unidades, em que o comprimento é representado pelo metro, a massa é o quilograma, e a de tempo é o segundo.

A massa inercial m_i de um corpo, em termos da aceleração a, de acordo com a segunda lei de Newton, corresponde:

$$F = m_i\, a \qquad (3.7 - 3)$$

O “coeficiente de inércia” m está relacionado à partícula sobre a qual age a força F. Essa força que atua sobre o corpo pode ser de qualquer natureza.

Para definirmos o conceito de massa gravitacional, pensamos: se um objeto está sob a ação de um campo gravitacional, produzido por um outro corpo com massa (gravitacional) M_g, uma estrela por exemplo, a distância é r, a força gravitacional F_g, que age sobre o primeiro objeto, é estabelecido pela sua massa gravitacional m_g, é dada pela lei de atração universal de Newton:

$$F_g = G\,\frac{m_g\,M_g}{r^2} \qquad (3.7 - 4)$$

No qual G é uma constante que equivale a $G = 6{,}67.10^{-11}\,m^3/(Kg)(seg)^2$. Sendo assim, a massa gravitacional mede a interação de um objeto à atração gravitacional.

Agora comparamos as duas noções de massa. Primeiro consideramos a gravidade da Terra atuando sobre um corpo, que está na superfície do planeta. Neste caso, r será a distância entre o corpo e o centro da Terra e M_g sendo a massa gravitacional da Terra. Sendo assim, M_g e r são constantes. A força gravitacional F_g, é dada pela equação 3.7-4 , temos:

$$F_g = Km_g \qquad (3.7 - 5)$$

Onde $K = \frac{GM_g}{r^2} \equiv constante$. De acordo com a segunda lei de Newton (equação 3.7 - 3), ressalta que a força também é igual a $m_i g$, onde m_l corresponde a massa de inércia de um corpo e g a aceleração da gravidade. Portanto:

$$Km_g = F_g = m_i g \qquad (3.7 - 6)$$

$$g = K\,\frac{m_g}{m_i} \qquad (3.7 - 7)$$

Para dois corpos com $\frac{m_g}{m_i}$ fossem diferentes, então g também seria e ambos os corpos cairiam com aceleração diferentes. Mas Newton postulou que a razão $\frac{m_g}{m_i}$, entre duas massas de um mesmo corpo, independente do material que é feito, seria:

$$m_i = m_g \qquad (3.7 - 8)$$

Ou seja, a massa gravitacional é igual à massa inercial.

3.8 Força normal

Um corpo em repouso, colocado em uma superfície horizontal, exerce sobre o corpo uma força $\vec{F}$ de compressão, denominada de força normal. Essa força sempre age perpendicularmente à superfície de contato, independente do ângulo dessa superfície (figura 5).

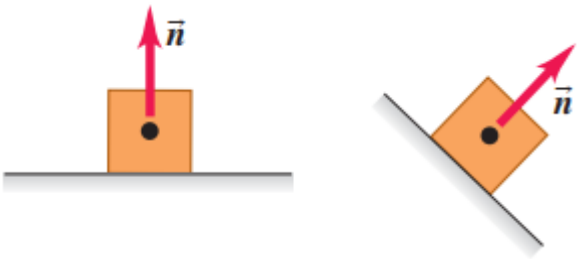


Figura 5. A força normal exercida sobre uma superfície.

Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

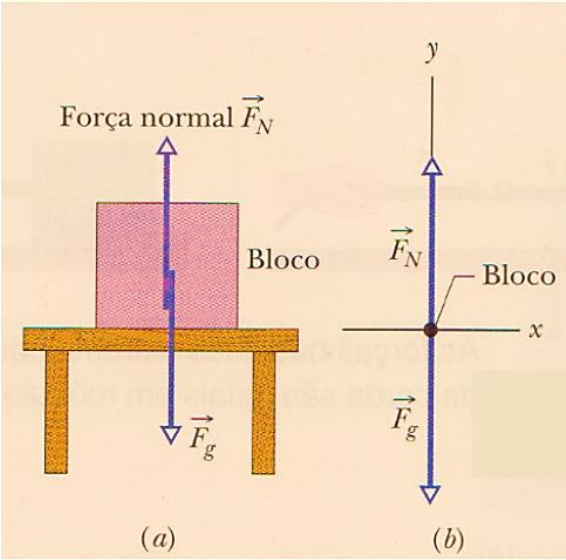


Figura 6. (a) Bloco que repousa sobre a mesa experimenta uma força normal. (b) Diagrama de corpo livre do bloco.

Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Considere a Figura 6, que mostra um bloco de massa m pressionando uma mesa para baixo, com uma força gravitacional $\vec{F}_g$ a que o bloco está sujeito. A mesa, em resposta, empurra o bloco para cima, com uma força normal $\vec{F}_N$. A força $\vec{F}_g$ e $\vec{F}_N$ são as únicas forças atuantes sobre o bloco e ambas são verticais. Aplicando a segunda lei de Newton para o bloco, tomando o eixo y como referência, e com o sentido para cima ($F_{res,y} = m\ a_y$), a equação se torna:

$$F_N - F_g = m\ a_y \qquad (3.8 - 1)$$

Substituindo F_g por mg, obtemos:

$$F_N - mg = ma_y \qquad (3.8 - 2)$$

O módulo da força normal é, nesse caso,

$$F_N = mg + ma_y = m\,(g + a_y) \quad (3.8 - 3)$$

Se a mesa e o bloco não estão acelerados em relação ao solo, então $a_y = 0$. Isso nos dá:

$$F_N = m\,g \quad (3.8 - 4)$$

3.9 Biomecânica

A biomecânica é proveniente das ciências naturais, que faz uso dos estudos físicos dos diferentes sistemas biológicos, abrangendo a mobilidade do corpo humano. O seu propósito é estudar em diferentes ângulos essa mobilidade. Esses conhecimentos são amplamente dinâmicos e utilizam dos avanços científicos para o melhoramento e crescimento da própria biomecânica (SILVA, 2015).

De acordo com a etimologia da palavra Biomecânica, pode-se dividir o termo em duas partes: no prefixo “bio”, de biológico, referente aos seres vivos e mecânica (BARBOSA, 2017). Ou seja, trata-se da aplicação dos princípios físicos nas características na locomoção dos seres vivos (AMADIO; SERRÃO, 2011).

Segundo Amadio (apud Nozaki, 1999), a Biomecânica é definida como “uma disciplina, entre as ciências derivadas das ciências naturais, que se ocupa com análises físicas de sistemas biológicos; consequentemente, com análises físicas do corpo humano. Esses movimentos são estudados por meio de leis e padrões mecânicos em função das características do sistema biológico humano, incluindo conhecimentos anatômicos e fisiológicos”.

Hay (1978) refere-se à Biomecânica como sendo o campo de pesquisa que estuda as forças internas e externas que agem no corpo humano e as consequências produzidas por essas forças. Observa-se que existem dois campos de estudo distintos na Biomecânica: aquela que pesquisa as forças internas, denominada Biomecânica interna, e aquela que está relacionada as forças externas, chamada de Biomecânica externa (Hay, 1978; Amadio, 1989; 1996).

O campo da Biomecânica interna está relacionado ao estudo dos biomateriais do sistema esquelético, do sistema nervoso e do sistema muscular. Já o campo da

Biomecânica Externa engloba os estudos das cinéticas linear e angular, da cinemática linear e angular, do equilíbrio e da mecânica dos fluidos (MCGINNIS, 1999).

Sendo assim, surgem implicitamente as áreas subsidiárias da Biomecânica, ou seja, a Anatomia, a Fisiologia e a Mecânica. Portanto, para se produzir uma pesquisa em biomecânica é necessária a contribuição dessas três áreas da ciência (HALL, 1991).

3.9.1 Sistema de alavancas

No corpo humano, as forças internas e externas que agem sobre ele provocam torques por meio de um sistema de alavancas ósseas. Uma alavanca é uma máquina simples, construída por uma barra rígida suspensa por um ponto de apoio. A alavanca possui como objetivo transformar a força linear em torque rotatório (SILVA, 2015).

A mobilidade de alavanca ocorre quando os músculos criam tensão e tracionam os ossos para suportar ou gerar resistência, ocasionando assim a ação de alavanca. São bastões rígidos que se orientam em torno de um eixo por efeito de forças e reproduzem o efeito do impulso aplicado. O sistema de alavancas promove o movimento, elasticidade e a fortificação muscular do corpo humano (MCGINNIS, 2015).

O sistema de alavanca é composto por certos pontos, como mostra a Figura 7: ponto de atuação $\vec{N}$, que representa a força normal de apoio ou fulcro. Ponto de atuação $\vec{R}$, denominado de força resistente ou resistência, que é o peso a ser vencido ou mantido. E por fim, o ponto de atuação $\vec{F}$ - que é indicado na figura 6, por $\vec{P}$ - que é a força motriz ou força potente. A força potente é onde um músculo se coloca para realizar a contração e preservar o equilíbrio da alavanca.

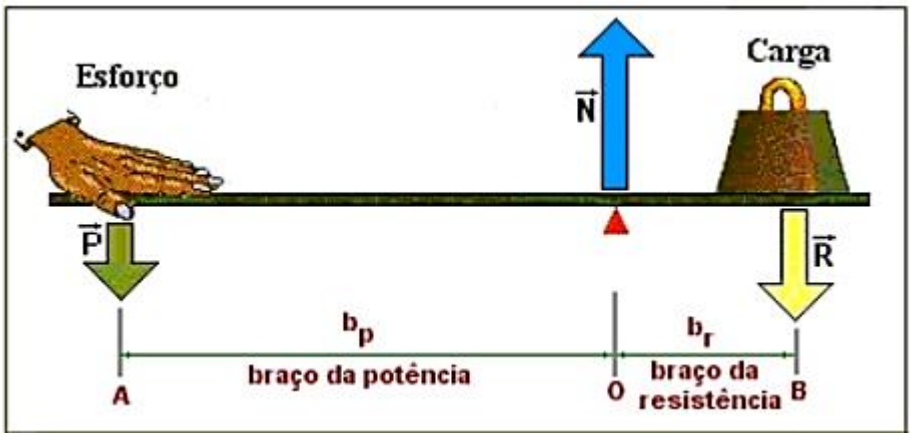


Figura 7. Nesta alavanca encontramos o braço de potência (BP) e o braço de resistência (BR).

Fonte: <https://image.slidesharecdn.com/alavancas-190202033313/95/alavancas-5-638.jpg?cb=1549078426>. Acesso em: 20 de maio 2021.

Esses pontos constituem dois segmentos que são denominados braços. Um braço indica a distância entre o apoio (ponto $\vec{N}$) até a força motriz (ponto $\vec{P}$), que é denominado Braço de Potência (BP) ou braço da força motriz. E o braço que determina o espaço entre o apoio (ponto $\vec{N}$) até o ponto de resistência (ponto $\vec{R}$), que é chamado de Braço de Resistência (BR) ou braço da força resistente. Esse sistema expõe suas vantagens quando uma força reduzida é colocada com uma distância grande em um dos extremos, causando uma força maior que supera uma resistência e tornando maior a velocidade do movimento.

Podemos constatar na locomoção do corpo humano que os ossos atuam como hastes rígidas e as articulações como os eixos, sendo os músculos aplicadores de forças. A força inserida em uma alavanca provoca uma resistência, com força de ação, força de resistência, braço de potência, braço de resistência e fulcro (MCGINNIS, 2015).

3.9.2 Tipos de alavancas

As alavancas são classificadas em três categorias, como mostra a Figura 8. Cada uma possui características próprias e vantagens em relação a equilíbrio, força

e velocidade. Possuímos a alavanca de primeira classe ou interfixas (alavanca de equilíbrio), alavanca de segunda classe ou inter-resistentes (alavanca de força) e a alavanca de terceira classe ou interpotente (alavanca de velocidade) (LIBERALI; VIEIRA, 2016).

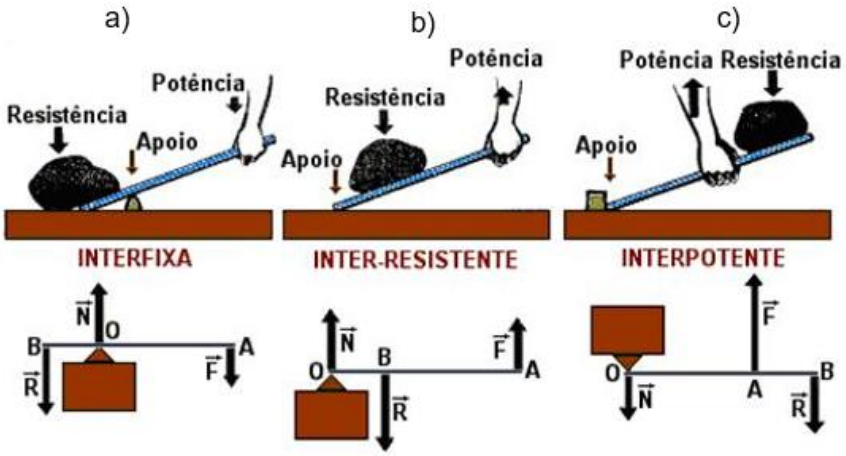


Figura 8. Tipos de alavancas – a) interfixa, b) inter-resistente e c) interpotente e suas forças aplicadas.

Fonte: <http://3.bp.blogspot.com/-8w5mQXvuULg/UKwpdGD_SJI/AAAAAAAACVI/s7rqMp8g8bQ/s1600/%7BBF0E2FF5-52E3-4E1E-A624-32D3B3A65CCB%7D_026.JPG>. Acesso em: 20 maio 2021.

Nas alavancas interfixas como mostra a figura 8-a), o apoio está fixado entre a resistência (ponto $\vec{R}$) e a força potente (ponto $\vec{F}$). São usadas para a obtenção de força e resistência, gerando mais velocidade e menos forças. São exemplos a manutenção de postura e equilíbrio, músculo do tríceps (Figura 8-a) (HALL, 2009).

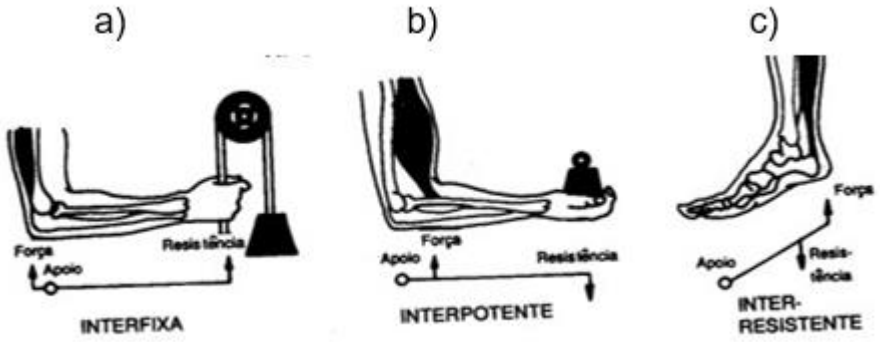


Figura 9. Tipos de alavancas existente no corpo humano. A interfixa que encontramos no movimento do músculo tríceps. A interpotente é a alavanca mais comum no corpo humano, encontramos na movimentação do músculo bíceps. E a alavanca inter-resistente podemos encontrar no músculo da face posterior da perna, que se unem ao calcanhar e proporciona a suspensão do corpo na ponta dos pés.

Fonte: IDA, Itiro. Ergonomia – projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990. 465 p.

As alavancas de segunda classe (Figura 8-b) possuem a resistência (ponto $\vec{R}$) localizada entre o fulcro (ponto $\vec{N}$) e a força potente (ponto $\vec{F}$), que compõem as alavancas de força, porque o seu Braço de Potência (BP) é maior que o Braço de Resistência (BR). A sua vantagem é que os maiores pesos podem ser deslocados por uma pequena força (HALL, 2009).

No corpo humano, as alavancas de segunda classe apresentam duas características: a primeira seu eixo de rotação está posicionado em uma extremidade óssea; E a segunda é que o músculo apresenta maior alavancagem do que a força externa. Podemos destacar como exemplo de alavancas inter-resistentes os músculos surrais, que produzem torque para podermos ficar na ponta dos pés, como mostra a Figura 9-c) (NEUMAN, 2011).

Nas alavancas interpotentes (Figura 8-c) a força resistente (ponto $\vec{R}$) está entre a força potente (ponto $\vec{F}$) e o ponto fulcro (ponto $\vec{N}$). Elas foram planejadas para promover o aumento da velocidade ao segmento distal do corpo e deslocar um pequeno peso a uma distância maior (HALL, 2009).

Alavancas de terceira classe são mais comuns de encontrar no corpo humano (Figura 9-b), o eixo se encontra em uma extremidade óssea (HALL, 2009). O peso

sustentado por essa alavanca possui uma maior alavancagem do que a força muscular. Um exemplo disso é quando os músculos flexores do cotovelo, que realizam um torque flexor essencial para a conservação de um peso colocado na mão (SILVA, 2015).

3.9.3 Condição de equilíbrio de uma alavanca

Para obter o equilíbrio em uma alavanca, o produto da intensidade da potência feito pelo braço de potência é igual ao produto da intensidade da resistência feito pelo braço da resistência.

Vamos considerar uma alavanca interfixa, como mostra a Figura 10:

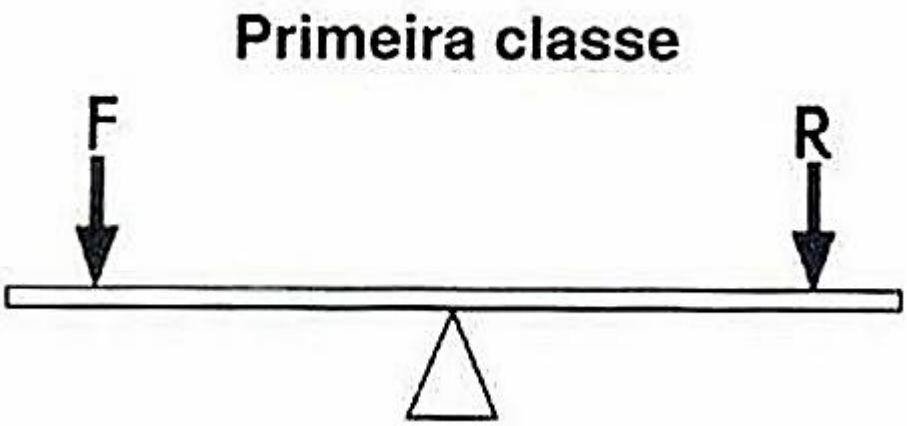


Figura 10. Alavanca interfixa com a identificação da força potente e a força resistente.

Fonte: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/4/44alavanca_1_classe.jpg >. Acesso em: 20 maio 2021.

Para que a alavanca permaneça em equilíbrio, na posição horizontal, devemos ter:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \qquad (3.9.3 - 1)$$

A força resultante de todas as forças que agem sobre o corpo deve ser igual a zero. Essa condição de equilíbrio garante que o corpo não possua movimento de translação.

O momento resultante de todas as forças que atuam sobre o corpo em relação a qualquer eixo deve ser igual a zero. Essa condição garante que o o corpo não tenha movimento de rotação.

$$\sum \vec{M} = \vec{0} \qquad (3.9.3 - 2)$$

$$\sum \vec{M} = \vec{0} \rightarrow \; M_{R,O} + \; M_{N,O} + M_{F,O} = 0$$

$$R.BR + 0 - F.BP = 0$$

$$R.BR = F.BP \qquad (3.9.3 - 3)$$

O produto da força pelo braço de alavanca, o qual pode ter comprimento diferente do braço de resistência ou do braço de potência. Essa relação, apesar de ser representada pela alavanca interfixa, é válida também para as outras alavancas, a inter-resistente e a interpotente.

Capítulo 4

Procedimento Metodológico

Nessa seção, serão apresentados os métodos utilizados de aplicação do projeto, que será descrito na sequência didática confeccionada a partir de uma pesquisa qualitativa. Essa pesquisa foi realizada em artigos, em livros didáticos e pesquisas na internet. O objetivo é a construção do material de apoio ao professor de ciências que atua no Ensino Fundamental, destinado a série do 6º ano, sobre o tema Sistema Locomotor, utilizando como contextualizador o assunto tecnologias das próteses de membros inferiores.

A estrutura didática visa a aprendizagem interdisciplinar entre os conteúdos de Biologia e Física, sendo constituída por textos, vídeos, produção textual e a confecção de protótipos de próteses para bonecas. Dessa maneira, as organizações das etapas da sequência didática foram trabalhadas de acordo com o quadro 1.

Aulas Ministradas	Procedimentos
1º momento Duração: Uma aula de 45 minutos. Local: sala de aula.	- Apresentação do projeto. - Verificar as concepções alternativas dos alunos acerca do tema Interação do sistema locomotor com o sistema nervoso e sobre próteses por meio de um questionário.

2º momento Duração: Uma aula de 45 minutos. Local: sala de aula.	Apresentação do vídeo: *Athletics - Men's 200m - T44 Final - London 2012 Paralympic Game*. - Apresentação do vídeo: *Usain Bolt Batendo Recorde Mundial Dos 200 Mts Rasos*.
3º momento Duração: Uma aula de 45 minutos. Local: sala de aula.	- Leitura do Texto: Entenda como funcionam e como são fabricadas as próteses de corrida para atletas sem pernas**.** - Apresentação do vídeo: Como é feito uma perna mecânica.
4º momento Duração: Seis aulas de 45 minutos. Local: sala de aula.	Aplicação dos conteúdos Biológicos e Físicos relacionados aos Sistemas: - Sistema Locomotor (sistema muscular, sistema esquelético, sistema articular). - Sistema Nervoso.
5º momento Duração: Duas aulas de 45 minutos. Local: Sala de aula.	- Apresentação expositiva e dialogada do slide: história das próteses de membros inferiores. - Produção Textual.
6º momento Duração: Seis aulas de 45 minutos. Local: Sala de aula e o refeitório da escola.	- Confecção dos protótipos de próteses para bonecas.

7º momento Duração: Duas aulas. Local: Sala de aula.	- Palestra com o amputado/protetizado Gustavo Brina.

Quadro 1. Sequência de eventos do programa de atividades

Como instrumento de coleta de dados, utilizou-se um questionário de conhecimentos prévios do aluno relacionado ao conteúdo a ser trabalhado. Além disso, fez-se a construção dos protótipos de prótese para membros inferiores para boneca, uma confecção de texto de opinião e, por fim, um diário de campo contendo informações, perguntas e observações sobre as aulas.

Desse modo, o uso do questionário foi optado por ser um método de investigação de grande importância para as pesquisas sociais, sendo composto por perguntas descritivas, com o objetivo de compreender as opiniões, dando preferência as situações vivenciadas (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAIDER, 2002). Nesta etapa, foi possível averiguar o conhecimento prévio dos alunos, ou seja, o conhecimento que os alunos trazem consigo, pois é um dos fatores que mais influencia na aprendizagem (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968). Já o diário de campo ajudou nas anotações das observações que aconteciam no decorrer das aulas (ZACCARELLI; GODOY, 2010).

O texto de opinião foi uma das formas de avaliação do projeto, sendo que esse tipo de texto expõe o ponto de vista daquele que o escreve e também não exige que o autor seja um especialista no assunto abordado. Para a confecção desse texto, é necessário que tenha um problema a ser argumentado e refletivo sobre o assunto. Esses textos permitem que os alunos introduzam os conceitos e experiências vividos por eles (BOFF; KÖCHE; MARINELLO, 2009).

A metodologia ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas) – PBL (*Problem-Based Learning*) propõe que o ensino-aprendizagem seja focado na construção de soluções para problemas de acordo com situações reais a serem vivenciadas por estudantes (BOUD AND FELETTI, 1998). Essa metodologia foca nos esforços do desenvolvimento de habilidades necessárias para que ocorra o sucesso profissional

dos estudantes: raciocínio, comunicação e autonomia. A estratégia educacional formativa (e não meramente informativa, como ocorre na prática pedagógica tradicional) focada no estudante, possibilita a proposição de problemas que são formulados de modo a estimulá-lo a aprender e a fazer parte do processo de construção do seu próprio aprendizado (DELISLE, 1997; MANTRI et al, 2008).

De acordo com Gil (2006), a ABP é um método no qual os alunos trabalham com o intuito de solucionar perguntas pelo meio de um estudo de caso previamente articulado. Nesse modelo, o estudante passa a ser a peça central no processo da aprendizagem, deixando de ser um receptor passivo para ativo. O destaque no compromisso e responsabilidade individuais é de grande importância para que as metas educacionais sejam obtidas. O problema em questão deve ser aberto e o caminho para a solução não requer a dominação do aluno, mas sim a contribuição do aluno ou de um grupo de alunos, para que sejam arquitetadas hipóteses que consigam encontrar sua solução. A solução para este problema deve possuir um nível mais complexo, que necessita ser construída a partir de conhecimentos disponibilizados pelo professor, mas também por outros meios de informações que ajudem a solucionar o problema proposto. Também é necessário que o grau de complexidade desse problema proposto seja bem calculado, para que o conhecimento prévio do estudante seja satisfatório para dar início à pesquisa da solução (JUNGES, 2017).

O problema proposto para os alunos seria a construção dos protótipos de próteses para as bonecas, nos diferentes graus de amputações. Eles deverão estudar, pesquisar sobre o assunto de protetização, sistema locomotor e nervoso, materiais que servirão para a construção dos protótipos e de qual forma iriam conseguir efetuar o planejamento com a execução dos modelos protótipos. Além disso, a construção desses materiais deverá ser realizada em grupos, para que os alunos auxiliem uns aos outros.

Para os autores Vilches e Gil Pérez (2011), os trabalhos em grupos não só favorecem a aprendizagem significativa, mas também contribuem para uma colaboração entre os alunos, o compartilhamento de informações e a integração de alunos e professores em uma tarefa comum. O trabalho em grupo oportuniza a exposição e a troca dos conhecimentos prévios dos alunos, proporcionando uma

aprendizagem mais rica e motivadora. Através dessa interação, os alunos se tornam capazes de criar um contexto social mais próximo da realidade, acarretando uma maior efetividade da aprendizagem (SEDANO; CARVALHO, 2017).

Capítulo 5

Implementação da Sequência Didática

A sequência didática foi aplicada no primeiro bimestre de 2019 em uma turma de sexto ano do Ensino Fundamental, composta por 21 alunos, sendo dez meninos e onze meninas, com idades que variam de dez a doze anos. A escola de aplicação do projeto foi a Escola Municipal de Ensino Fundamental Prefeito Dário Crepaldi localizada no interior do município de Morro Grande/SC. Essa escola contém oito salas de aulas, biblioteca, refeitório e laboratório de informática, porém não possui laboratório de ciências. As salas de aulas possuem televisão com acesso à internet e notebooks disponíveis para apresentação de conteúdo.

O primeiro momento foi dedicado à apresentação do projeto aos alunos, que ficaram cientes da aplicação do projeto e mostraram estar bem receptivos à proposta apresentada. Após a apresentação, os alunos tiveram cerca de 30 minutos para poder responder a um questionário, cuja intenção foi de verificar as concepções prévias deles. Esse questionário era composto por sete perguntas: Você sabe como funciona o nosso sistema locomotor? Você sabe o que é uma prótese e para que ela serve? Você sabe o que é uma amputação? Você já assistiu alguma paraolimpíada? Algum professor já trabalhou as paraolimpíadas antes? Você já assistiu algo relacionado a próteses? Você conhece alguém amputado ou protetizado?

Como as demais atividades propostas na sequencia didática, elas constam no Apêndice A. Após os alunos responderem as questões, as respostas foram discutidas com o grande grupo. No término da atividade, o questionário foi recolhido, sendo que as respostas permitiram planejar as discussões das aulas posteriores, favorecendo a abordagem das concepções prévias dos alunos como sugere a Teoria da Aprendizagem Significativa.

O segundo momento se iniciou com os vídeos **Athletics - Men's 200m - T44 Final - London 2012 Paralympic Game** e **Usain Bolt batendo o recorde mundial dos 200 metros**. O objetivo foi despertar o interesse dos alunos sobre o tema a ser trabalhado ao longo do projeto. Apesar da curta duração dos vídeos, cada um foi visto três vezes, pois a cada visualização, o assunto de próteses e sistema

locomotor chamava mais atenção dos alunos. Observou-se que a maioria dos questionamentos ocasionados pelos vídeos se deram pelas próteses.

No terceiro momento, foi realizada a leitura do texto "**ESPORTE PARALÍMPICO: TECNOLÓGICO E INCLUSIVO**". Essa leitura foi feita em grupo e envolveu toda a turma. Após a leitura, foram respondidas as perguntas geradas pelo texto, como por exemplo "*de que material são feitas as próteses?* ", ou "*como é colocada uma prótese*? ". Com o objetivo de inserir mais informações sobre a fabricação e a utilização das próteses, foi apresentado o vídeo "**Como é feito uma perna mecânica**", que possui uma gama muito grande sobre as informações relacionadas as próteses. Após a visualização, os alunos foram questionados sobre o vídeo e sobre quais conceitos de sistema locomotor foram mencionados.

O quarto momento foi destinado para aplicação dos conceitos físicos e biológicos que compõem o sistema locomotor. Esses conteúdos, juntamente com os vídeos e os textos, serviram de base para a produção dos protótipos de próteses para bonecas, que será feito no final deste projeto. Dentre os sistemas escolhidos, foram trabalhados os conceitos biológicos do sistema locomotor e nervoso e os conceitos que interagem entre eles como: ossos, cartilagem, ligamentos, entre outros. Os conceitos físicos relacionados à biomecânica do sistema locomotor foram: força, leis de Newton, torque e alavancas. Diante desses temas selecionados, pode ser trabalhado a estrutura óssea do corpo humano e a estrutura muscular.

Uma das opções escolhidas para se trabalhar com os conteúdos do sistema nervoso, muscular e articulado, foi a utilização de imagens impressas que foram explicadas e discutidas durante a aula. Essas aulas aconteceram de maneira mais tradicional: foi utilizado a lousa branca para a explanação do assunto e um slide com figuras relacionadas com cada conceito. Podemos destacar algumas perguntas que foram realizadas durante a explicação: "*cada parte do nosso corpo corresponde a um lugar da medula óssea?* ", "*temos todos esses ossos no nosso pé?* ", "*nós temos todos esses músculos?* " e "*se perdemos um músculo em um acidente, conseguimos nos movimentar depois?*". Observa-se que os alunos não possuíam muito conhecimento a respeito desse tema.

Dando continuidade, foram trabalhados os tecidos humanos, através de texto impresso e *slides* de acordo com cada conceito. No decorrer da explicação, surgiram

alguns questionamentos relacionados a epiderme e suas camadas, que foram: "*o que acontece se queimarmos a pele?* " e "*o que são os graus de queimaduras?*", diante dessas perguntas, notou-se uma necessidade de mais informações, então optou-se por pesquisar e introduzir textos relacionados a queimadura - texto "**o que define o grau de queimadura**" adaptado do site "https://www.portalsaofrancisco.com.br/curiosidades/o-que-define-o-grau-de-queimadura".

Outros conteúdos abordados foram a quantidade de água em nosso corpo, pressão atmosférica e o vácuo. Nesses temas, destacamos a importância deles para a produção e estudo sobres as próteses de perna. Surgiram as perguntas "esse vácuo *é o mesmo que tem no espaço?* ", "*quantos litros de água temos que tomar durante o dia?* ", "*o nosso sangue é constituído de água?* ". Nesta etapa, foi possível identificar que esses conteúdos já tinham sido trabalhados anteriormente com a turma, pois eles possuíam algum conhecimento relacionado. Já os conteúdos de física foram trabalhados de modo mais superficial, dando destaque às equações e à importância dos conceitos físicos no sistema locomotor. Esses conhecimentos da biomecânica serviram de base para o planejamento das próteses de membros inferiores, desenvolvidas no sexto momento do projeto.

O quinto momento envolveu a parte de história da evolução dos estudos referente às próteses de membros inferiores e um pouco sobre o início das paraolimpíadas. Esta parte foi trabalhada através de slides que explicavam desde os primeiros registros de uma prótese até as mais atuais. Pode-se mencionar o comentário de alguns estudantes: "*era pesada essa prótese*? ", "*Devia ser confortável essa prótese*", "*a prótese de bronze era cara?* ", "*como eram feitas as amputações antigamente?* ", "*as pessoas amputadas tinham alguma reabilitação naquela época?* " e "*Essas próteses não machucavam?*" Todas as perguntas foram de alguma forma respondidas durante a aula.

Após o término da discussão, foi pedido para que cada um dos estudantes escrevessem um texto de opinião sobre os conteúdos trabalhados no projeto. Para esta atividade, foi disponibilizada para cada aluno uma folha de ofício, no qual os alunos iriam descrever e relatar sobre os temas. E no final da aula e do término da escrita, o texto foi recolhido, para obtenção de dados sobre o projeto.

O sexto momento tratou da produção de próteses de membros inferiores para bonecas. Para esta etapa, foi necessária a utilização de quatro bonecas, cada uma representando um nível de amputação: amputação transfemoral (amputação da coxa), desarticulação do joelho, amputação transtibial (amputação da panturrilha) e amputação de pé.

As bonecas foram inseridas durante as aulas para que os alunos pudessem se familiarizar com o problema proposto, pesquisar e estudar sobre o assunto. Após essa etapa, os alunos foram divididos em quatro grandes grupos, sendo tal divisão feito na forma de sorteio. Cada grupo ficou responsável pela produção do protótipo de uma boneca. Após todos fabricarem o modelo de prótese necessária para um certo grau de amputação, os grupos trocavam suas bonecas, para a fabricação de novos modelos de próteses. Deste modo, cada aluno confeccionou uma prótese para cada grau de amputação.

Figura 11. Produção dos protótipos de próteses.

Fonte: Foto tirada pela autora na execução dos protótipos de próteses.

Figura 12. Produção dos modelos de próteses.

Fonte: Foto tirada pela autora na execução dos protótipos de próteses.

Após o término da construção dos protótipos de próteses de membros inferiores, estava planejado para a próxima aula de ciências o último momento do projeto, que seria a palestra. Para esse momento, foi convidado o amputado/protetizado Gustavo Brina para palestrar sobre sua protetização e a exposição dos modelos de próteses dos alunos. Ao final da conversa, foram destinados quarenta minutos para os questionamentos, sendo que a maioria das perguntas relacionavam a sua prótese e seu funcionamento. Algumas perguntas foram: "*Quanto tempo você demorou para se acostumar com o peso da prótese?* ", "*Quanto pesa a sua prótese?* ", "*Quando você começou a usar a prótese, doía o seu coto?* ", "*A circulação do seu coto é normal com o restante do corpo?* " e "*É fácil de colocar e tirar a sua prótese?* ". Todas as perguntas foram respondida pelo palestrante.

Figura 13. Exposição dos protótipos de próteses.
Fonte: foto tirada na exposição dos modelos dos protótipos de próteses.

Capítulo 6

Resultados

Foram utilizados como fonte de dados para a análise qualitativa dos possíveis progressos do projeto os seguintes recursos: diário de bordo, participação dos estudantes no desenvolvimento das atividades e no comprometimento em relação ao projeto, as respostas obtidas através do questionário, produção textual e a confecção dos modelos de próteses.

A análise qualitativa teve como base a Metodologia de Aprendizagem Baseada em Problema – PBL. De acordo com Ribeiro (2008), essa metodologia é caracterizada pelo trabalho dos alunos em pequenos ou grandes grupos auxiliados pelo mediador. Ela provoca a busca de conhecimentos e conceitos – de maneira autônoma e organizada – na biblioteca, internet, junto com os colegas e professores. O problema proposto deve promover a integração de temas de várias áreas do conhecimento ou de apenas uma, porém que contemple um procedimento formal de solução.

A situação-problema foi definida da seguinte maneira: os alunos deveriam pesquisar/compartilhar informações sobre as próteses de pernas, para que utilizassem esses conhecimentos somados aos conhecimentos adquiridos em sala de aula, com a produção dos protótipos de próteses das bonecas. A abordagem foi interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Biologia e Física, sobre a interação do sistema locomotor.

6.1 Análise do diário de bordo

No decorrer das aulas os alunos se mostraram cada vez mais participativos e interessados no tema. As falas em sala de aula demonstraram muita curiosidade sobre o assunto e houve uma grande participação e cooperação na realização das atividades. Alguns questionamentos realizados pelos estudantes demandaram mais pesquisa e conhecimento por parte do professor. Vale ressaltar que todos os alunos tiveram o compromisso da presença em todas as aulas destinadas ao projeto.

Pode-se afirmar que diante da postura e dos estudantes na realização do projeto, demonstrado pelo interesse do conteúdo e da disposição para realizar as atividades planejadas, a abordagem se apresentou eficaz em relação à pré-disposição em aprender.

6.2 Análise do questionário de concepções prévias

O questionário de concepções prévias foi constituído por sete perguntas discursivas e foi aplicado após a apresentação do projeto aos alunos. As questões abordavam os temas sistema locomotor e próteses. De forma geral, os alunos conseguiram demonstrar um conhecimento prévio satisfatório sobre as próteses e seus funcionamentos, mas em relação ao sistema locomotor os conhecimentos não foram tão satisfatórios. O questionário de concepções prévias se encontra no Apêndice A.

A pergunta envolvendo o funcionamento do sistema locomotor mostrou que era necessária uma abordagem mais aprofundada e de uma linguagem bem clara ao se trabalhar sobre esse conteúdo, uma vez que uma minoria dos alunos respondeu que já tinha estudado ou que já tinha sido trabalhado nas aulas de educação física.

As seguintes cincos perguntas do questionário estavam relacionadas sobre o conteúdo das próteses. A segunda pergunta estava relacionada à função de uma prótese de membros inferiores; a terceira perguntava, se o aluno sabia o que era uma amputação; a quarta estava relacionada ao assunto paraolimpíadas serem trabalhadas por algum professor antes da aplicação do projeto. A quarta e quinta perguntas se referiam a informação de que o aluno já tinha visto algo relacionado às próteses e também sobre as paraolimpíadas. Foram obtidas várias respostas para cada pergunta e também foi possível verificar que o tema paraolimpíadas ainda não se tinha sido trabalhado em sala de aula por outro professor.

A última questão perguntava se eles conheciam alguém protetizado ou amputado. Essa pergunta se referia ao contato com pessoas ou somente uma visualização de membros ou prótese, sendo que a metade da turma respondeu que conheciam.

6.3 Análise do texto de opinião

Todos os alunos discorreram sobre os assuntos que foram trabalhados no projeto, destacando sempre a opinião deles no texto. Para essa atividade, foi destinada uma aula de quarenta e cinco minutos. É de grande relevância ressaltar que os alunos cursavam o 6º ano do ensino fundamental e possuíam a faixa etária de 10 a 12 anos, por isso a linguagem do projeto foi destinada a ser mais clara, tendo como resultado os textos com a escrita mais clara também.

Observou-se em alguns textos produzidos pelos alunos frases que remetem aos conteúdos de biologia trabalhados, como: "*o sistema nervoso é um dos trabalhos mais legais que eu achei em ciências*", "*entendi que nosso corpo é formado por ossos, cartilagem, órgãos, tendões, ligamentos, sistema nervoso*" e "*para mim o sistema locomotor é a movimentação do nosso corpo*". Esses pequenos trechos retirados dos textos de alguns alunos nos mostra a importância do conteúdo sistema locomotor de ser trabalhado em sala de aula com um grau a mais de profundidade.

O assunto escolhido para ser trabalhado juntamente com o conteúdo de interação entre o sistema locomotor foi "as tecnologias de próteses de membros inferiores". Tal assunto mostrou-se atrativo para os alunos, pois foi possível encontrar trechos citando as próteses em todos os textos, como nos exemplos a seguir: "*aprendemos várias coisas, mas o que eu mais gostei foi o conteúdo que estamos aprendendo, que são as próteses*", "*sobre as próteses, achei bem importante, pois para quem não tem certas partes do corpo, as próteses substituem as partes que perdemos, tem as mais leves, as mais pesadas, as mais fáceis de usar e também nem todo mundo tem boas condições para comprar* " e "*existem vários tipos de próteses para diversos tipos de coisas, por exemplo: existem para usar no dia a dia, como também existe para correr (praticar esporte)*".

Podemos destacar também menções aos vídeos e à parte histórica da evolução das próteses, que serviram como um chamativo ao conteúdo. Como foi mencionado na sequência didática, os vídeos se referiam a paraolimpíadas, confecção de próteses de perna e à evolução delas. Alguns trechos destacados: "*eu achei muito bom os vídeos que a professora passou, assim nos ajuda muito para*

entender" e "*as primeiras próteses foram criadas a 3000 anos atrás, a primeira foi de cobre e de ferro era mais pesada e a mais leve foi de madeira*".

Apesar da produção textual ter sido realizada antes da confecção dos modelos de próteses, os estudantes fizeram menção à etapa de confecção, mostrando empolgação e ansiedade, como podemos observar nos trechos destacados: "*a matéria foi bem legal, ainda mais que a gente vai fazer uma prótese para bonecas, temos que estudar, pesquisar e elaborar para fazermos essa prótese*" e "*gostei dos vídeos das próteses, estou ansiosa pelas próteses que vamos fazer nas bonecas*". Nesse momento, os alunos já estavam cientes da produção dos modelos e já haviam iniciado as pesquisas em relação às próteses.

Podemos relatar que houve uma aprendizagem significativa em relação aos textos produzidos pelos alunos, pois cada aluno descreveu da sua maneira os conteúdos trabalhados no projeto que mais achou interessante. Em cada texto analisado, verificaram frases autônomas de opinião, com os termos "gostei" ou "eu achei", identificando a personalidade do aluno na escrita. Cada texto trouxe conceitos diferentes trabalhados no projeto, frases dos vídeos ou mencionadas durante as aulas. Nos questionamentos, somente o conceito "próteses" foi escrito em todos os textos ou em frases curtas, mencionando sua definição.

6.4 Análise da construção dos modelos de próteses

Observou-se que os alunos se sentiram desafiados com a confecção de modelos de próteses para bonecas. Primeiramente, ficaram entusiasmados com a ideia, porém, ao verem as bonecas, sentiram uma insegurança se conseguiriam produzir os protótipos. Houve um grande número de questionamentos em relação aos materiais que seriam utilizados, como: "*que materiais seriam mais maleáveis*" ou "*o que podemos utilizar para fazer a prótese e ela não quebrar* ". No decorrer das aulas, foi possível notar a troca de informações entre os alunos, como por exemplo, a discussão sobre o material que utilizariam, sugestões de material como a argila e a massinha de biscuit caseira foram citadas.

Como as próteses não poderiam ficar nas bonecas, os estudantes precisaram pesquisar algum material que fosse possível modelar as próteses no coto da boneca

e depois tirá-la. Após discussão entre os estudantes, o material utilizado para ser o intermediário entre a boneca e a prótese foi o “papel alumínio”.

Na etapa da construção dos protótipos de próteses, como a escola não possui laboratório de ciências, foram utilizadas as mesas do refeitório para a produção. Cada grupo ganhou uma boneca com o grau de amputação e novos questionamentos surgiram, como: “*o pé da prótese precisa ter a articulação?* ”, ou “*como vamos fazer a articulação do joelho?* ”, esses questionamentos levaram ao desenvolvimento de uma articulação com fios de cobre, pois é um material resistente e maleável.

Algumas próteses foram feitas de massinha de biscuit, outras de argila e madeira, todas originais de cada aluno. Após todas as próteses confeccionadas, que foram quatro por alunos, iniciou-se a pintura das mesmas. Alguns alunos trouxeram materiais, outros pediram emprestado. Vale ressaltar um questionamento a um aluno e sua resposta, “*você não vai pintar a suas próteses?* ”, a resposta: “*não, pois fica a critério da pessoa que escolher o meu modelo de prótese, a sua personalização*”. Nesse momento, houve a percepção de que o aluno construirá um pensamento crítico sobre o tema trabalhado.

Capítulo 7

Considerações Finais

O presente trabalho apresenta uma proposta didática para o assunto “interação entre o sistema locomotor e nervoso” na disciplina de ciências, para a turma do 6º ano do ensino fundamental. A utilização do produto educacional gerado, juntamente com estratégias de ensino diferenciada, resultam em uma abordagem interdisciplinar que pode ser explorado nas disciplinas de biologia e física.

O material de apoio ao professor de ciências, desenvolvido neste trabalho, é uma proposta didática sustentada pela Base Nacional Comum Curricular no contexto interdisciplinar. Uma das preocupações do trabalho era motivar os alunos a ter uma predisposição em aprender, porém, durante o desenvolvimento do projeto, foi possível notar o entusiasmo dos alunos por estarem participando desse projeto e o comprometimento deles em todas as atividades propostas.

No decorrer da implementação da sequência didática, considera-se que a utilização de diversos recursos para a explicação do assunto permitiu ao aluno um melhor entendimento. Muitas vezes o estudante constrói e reconstrói seus conhecimentos em cada recurso utilizado, relacionando os conhecimentos científicos estudados em sala de aula com os que vivenciam em seu dia a dia.

As aulas expositivas/dialogadas, as aulas experimentais de criação e os vídeos utilizados, buscaram a reconstrução do conhecimento. O método utilizado permitiu aos estudantes expressar suas dúvidas e seus conhecimentos, demonstrando relação entre os conceitos aceitos cientificamente e os que estão presentes no seu cotidiano.

Ao desenvolver essa sequência didática, observamos uma prática possível para o ensino de ciências, em que, ao se empregar uma diferente estratégia didática, se torna capaz de proporcionar aos estudantes uma aprendizagem significativa. Dessa maneira, ao analisar os dados obtidos pelo diário de bordo, participação, questionário prévio, descrição dos alunos durante a aplicação dessa sequência didática, observa-se evidências de uma aprendizagem significativa. Da mesma forma que foram trabalhados e desenvolvidos os assuntos de sistema

locomotor, nervoso, articulado, pressão e quantidade de água em nosso corpo, poderíamos desenvolver qualquer tema sobre os sistemas do corpo humano.

Portanto, o intuito desse projeto é que ele possa vir a auxiliar na prática docente, sendo um meio viável para que os professores consigam impactar seus alunos e despertar o interesse pelo desenvolvimento da ciência. O ensino de ciências não deve se limitar à sala de aula e conteúdos fragmentos, pois possui um grande valor social.

Referências Bibliográficas

ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

ALVES-MAZZOTTI, A.J. e F. GEWANDSZNAIDER. O método nas Ciências Naturais e Exatas. São Paulo: Ed. Thomson Learning, 2ª edição. 2002.

AMADIO, A. (1989). Fundamentos da Biomecânica do Esporte. Considerações sobre a Análise Cinética e Aspectos Neuro-musculares do Movimento. Tese de Doutoramento. Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo. Não Publicado.

AMADIO, A. (1996). Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano. Edição da Universidade de São Paulo. São Paulo.

AMADIO, A.C; SERRÃO, J.C. A Biomecânica em Educação Física e Esporte. Rev. bras. Educ. Fís. Esporte, São Paulo, v.25, p.15-24, dez. 2011.

AUSUBEL, D. P. Cognitive structure and the facilitation of meaningful verbal learning. In: ANDERSON, R. C. & AUSUBEL, D. P. (Orgs.) Readings in the psychology of cognition. New York: Holt, Rinehart and Winston, p.98-112, 1966.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., & HANESIAN, H. (1968) Educational psychology: A cognitive view. Nova Iorque: Holt, Rinehart & Winston.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. Educational psychology.: a cognitive view. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978. 733p.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARBOSA, M. L. et al. Mapas Conceituais Na Avaliação Da Aprendizagem Significativa. XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. 2005.

BARBOSA, T. Introdução à Biomecânica. Departamento de ciências do desporto e educação física. 2017.

BECKER, Fernando. A epistemologia do professor: o cotidiano da escola. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

BOFF, O. M. B.; KÖCHE, V. S.; MARINELLO, A. F. O gênero textual artigo de opinião: um meio de interação. ReVEL, vol. 7, n. 13, 2009.

BONATTO, A. et al. interdisciplinaridade no ambiente escolar. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 9., 2012. Anais... [S.l.]: ANPAD, 2012.

BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

BOUD, D. AND FELETTI, G. The Challenge of Problem-Based Learning, Kongan Page, (1998).

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998. 138 p.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza. Brasília: MEC/SEF, 1999.

BRASIL. MEC. PCN/Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências humanas e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde. Projeto de Profissionalização dos Trabalhadores da Área de Enfermagem. 2. ed. rev.,1.a reimpr. - Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

CACHAPUZ, A. et al. A Necessária renovação do ensino das ciências. São Paulo: Cortez, 2005, 263p.

CAMARA, M. ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANA. Instituto Formação. Cursos Técnicos Profissionalizantes, 2014.

CARLOS, J. G. Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades, 2008.

COIMBRA, J de A. A. Considerações sobre a interdisciplinaridade. In: PHILLIPI JUNIOR, A.; TUCCI, C. E. M.; HOGAN, D. J.; NAVEGANTES, R. Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus, 2000, pp. 52-70.

CORRÊA, M.C.S.M. Anatomia e Fisiologia. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia - Paraná - Educação a Distância, e- Tec. 2011.

DELISLE, R. How to Use Problem-Based Learning in the Classroom. Alexandria, Virginia: Association for Supervision & Curriculum Deve, 1997.

FARIA. G.P. Interdisciplinaridade E Ensino De Biologia: Uma Sequência Didática Sobre Alimentação-Saúde-Beleza. ITAJUBÁ-MG 2016.

FAZENDA, I. A Interdisciplinaridade: um projeto em parceria. São Paulo: Loyola, 1993.

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade: História. Teoria e Pesquisa. Campinas, 1994.

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa. 10. ed. Campinas: Papirus, 2002.

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade: um projeto em parceria. 5. ed. São Paulo: Loyola, 2002.

FERREIRA, S. Trabalho prático em Biologia e Geologia no ensino secundário: Estudo dos documentos oficiais e suas recontextualizações nas práticas dos professores. 583 f. DOUTORADOS em EDUCAÇÃO. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

FURMAN, M. O Ensino de Ciências no Ensino Fundamental: colocando as pedras fundacionais do pensamento científico. Sangari Brasil, 2009.

GASPAR, A. Compreendendo a física / Alberto Gaspar. –2. ed. – São Paulo: Ática, 2013. Conteúdo: v. 1. Mecânica, v. 2. Ondas, óptica, termodinâmica, v. 3. Eletromagnetismo e física moderna.

GIL, A. C. Didática do ensino superior. São Paulo: Atlas, 2006.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J.R.; CARRON, W. Física. V.1. Mecânica. 2. ed. -- São Paulo: Ática, 2016.

HALL, S. (1991). Biomecânica Básica. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.

HALL, S. J. Biomecânica básica. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 1, 8. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume l: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de F´ısica (LTC, Rio de Janeiro, 2012), v. 1, 9ª ed.

HAMILL, J.; KNUDZEN, K.M. Bases biomecânicas do movimento humano. 2. ed. São Paulo: Manole, 2009.

HAY, J. (1978). The Biomechanics of Sports Techniques. Prentice-Hall. Englewoo Cliffs, N.J.

JUNGES, S.S. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS: UMA METODOLOGIA NOVA OU UMA METODOLOGIA INOVADORA? Revista Intersaberes, vol.12, nº26. mai.ago 2017.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arquivos da Apadec, Maringá, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

LABURÚ, C. E., ZOMPERO, A. F. & BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 30(1), 7- 24, 2013.

LACERDA, R.A.M.V. Apostila de anatomia e fisiologia humanas. Faculdade e Escola Técnica Egídio José da Silva - FATEGÍDIO, 2009.

LAGO W. L. A., ARAÚJO J. M., SILVA, L. B. Interdisciplinaridade E Ensino De Ciências: Perspectivas E Aspirações Atuais Do Ensino. ISSN 1984-3879, SABERES, Natal – RN, v. 1, n. 11, Fev. 2015, 52-63.

LAPA, J. M.; BEJARANO, N. R.; PENIDO. M. C. M. Interdisciplinaridade e o ensino de ciências: uma análise da produção recente. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. Anais... Campinas: UNICAMP, 2011.

LEAL, K. N. S. et al. Interdisciplinaridade Entre O Ensino De Ciências: Eletroquímica. III CONEDU- Congresso Nacional de Educação. 2016.

LIBERALI, R.; VIEIRA, S.P. Cinesiologia e biomecânica. UNIASSELVI, 2016.

LIMA, K. E. C.; VASCONCELOS, S.D. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da Rede Municipal de Recife. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v.14, n.52, p. 397-412, jul. /Set. 2006.

MACEDO, E. Esse corpo das ciências é o meu? In: AMORIM, A. C.; et al. Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa. Niterói: Eduff, 2005. p. 131-140.

MCGINNIS, P. (1999). Biomechanics of Sports and Exercise. Human Kinetics. Champaign, IL.

MCGINNIS, P. M. Biomecânica do esporte e exercício. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. Ciência & Educação [online], v.9, n.2, p. 147-157, 2003.

MIRANDA, E. Bases de Anatomia e Cinesiologia. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.

MORAIS, A. M.; NEVES, I. P. Estruturas de conhecimento e exigência conceptual na educação em ciências. Revista Educação, Sociedade & Culturas, n. 37, p. 63-88, 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. Em M. A. Moreira, C. Caballero Sahelices y M.L. Rodríguez Palmero, Eds. Actas de III

Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. Universidad de Burgos. P.19-44. 1997.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. Primeira Edição. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999a.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa. Primeira Edição. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999b.

MOREIRA, M. A. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica. V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006.

MORIN, E. Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios. São Paulo: Cortez, 2002b.

NETO, J. A. S. P. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB. Campo Grande-MS, n. 21, p.117-130, jan./jun. 2006.

NEUMAN, D.A. Cinesiologia do Aparelho Musculoesquelético. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

NOZAKI, H.T. (1999). Biomecânica e Educação Física. In: FARIA JR., A.G.; CUNHA JR., C.F.F.; NOZAKI, H.T.; ROCHA JR., C.P. Uma introdução à Educação Física. Niterói: Corpus, p. 251-283.

Nussenzveig, H. MOYSÉS. Curso de física básica, 1: mecânica / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

PAVIANI, Jayme. Interdisciplinaridade: conceitos e distinções. 2. ed. Caxias do Sul, RS: Educs, 2008.

POZO, J.I.; CRESPO, M.A. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REIS, Pedro. Controvérsias sócio-científicas: discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina ciências da terra e da vida. 457 f. Teses (Doutorado em Educação) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004.

RONCA, A. C. C. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. Temas em Psicologia, 3, p.91-95, 1994.

SANTANA, A. C. D.; SANTOS, D. P. N. ABÍLIO, F. J. P. O ensino de ciências na educação infantil e no ensino fundamental: projeto de monitoria no curso de pedagogia da UFPB. X Encontro de Iniciação à Docência. In: Anais do X Encontro de Iniciação à Docência. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado da Educação e do Desporto. Proposta Curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio: Disciplinas curriculares. - Florianópolis: COGEN, 1998.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

SAUCEDO, K. R. R. et al. Prática interdisciplinar no ensino fundamental: Os limites e as possibilidades de atuação do pedagogo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO, NA PESQUISA E NA EXTENSÃO – REGIÃO SUL, Florianópolis, 2013. Anais eletrônicos... Florianópolis: UFSC, 2013.

SILVA, E. P. Q. Quando o corpo é uma (des) construção cultural. In MARANDINO, M. et al. Ensino em Biologia: conhecimentos e valores em disputa. Niterói: Eduff. 2005. p. 139-150.

SILVA, E.S. et al. A Disciplina De Ciências No Ensino Fundamental: Uma Análise Da Bncc E Do Pcn Na Área De Ciências Da Natureza. Conedu, V Congresso Nacional De Educação, 2018.

SILVA, V. R. Cinesiologia e biomecânica. Rio de Janeiro: SESES, 2015.

SOARES, Valéria Rangel. O Ensino de Física no 9° ano de escolaridade – Um estudo sob a perspectiva dos professores de Ciências de uma Escola Municipal de Duque de Caxias. 68 p. Dissertações (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2012.

SOUZA, G. S. M. A influência do contexto social sobre a Prática Pedagógica de Química: uma análise na perspectiva de Basil Bernstein' 29/06/15. 160 f. MESTRADOS em EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES. Instituição de Ensino: Universidade Estadual do Sudoeste da BAHIA, Jequié, 2015.

TALAMONI, A. C. B. Os nervos e ossos do ofício: uma análise etnológica da aula de anatomia. São Paulo: UNESP Digital, 2007.

THIESEN, Juares da S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. Revista Brasileira de Educação. v. 13, n. 39, p. 545-598, set. /dez. 2008.

VILCHES, A.; GIL PÉREZ, D. El trabajo cooperativo en las clases de ciências: una estrategia imprescindible pero ún infrautilidade. Alambique, Didática de las Ciencias Experimentales, 69, p. 73-79, 2011.

YOUNG, H. D. FREEDMAN, R. A. Física I Mecânica (Sears e Zemansky). colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZACCARELLI, L. M.; GODOY, A. S. Perspectives of using diaries in organizational research. Cadernos EBAPE. BR, v. 8, 2010.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. REIEC - Revista Electrónica De Investigación En Educación En Ciencias. Vol 5, n 2, dez. 2010.

SISTEMA LOCOMOTOR DOS MEMBROS INFERIORES: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE CIÊNCIAS

Cassiana Crepaldi Buzanelo

Orientador: Dr. Éverton Fabian Jasinski

Apêndice A

Material de Apoio ao Professor de Ciências

Apresentação para o professor

Cada pessoa é única e, sendo assim, cada um possui uma maneira de ser e aprender, obtendo inúmeras informações com experiências vividas ao longo de sua trajetória de vida e o ambiente onde se encontra. Trabalhar essas experiências em sala torna a aprendizagem mais fácil e prazerosa.

A partir dessa ideia, torna-se necessário incentivar os estudantes a descobrir que as Ciências da Natureza vão além da sala de aula. Com o intuito de proporcionar um ensino de Ciências mais dinâmico e integrado, foi elaborado um material de apoio ao professor que trabalha nessa área de ensino sobre o tema sistemas locomotor e nervoso relacionados ao assunto de próteses de membros inferiores.

Esse material pode auxiliar o educador na elaboração de aulas com foco interdisciplinar entre a biologia e a física. O material pedagógico é composto por textos, sugestões de vídeos e experimentos e a confecção de protótipo de próteses para bonecas e o intuito é orientar o educador na execução do seu trabalho. Esse projeto pode ser utilizado em qualquer nível de ensino, desde que se façam as adaptações necessárias.

No caderno do aluno, é possível encontrar o exemplo utilizado na aplicação do projeto. Nele consta primeiramente o questionário de concepções prévias e vídeos sobre corridas olímpicas e paraolímpicas. Em seguida, há um texto sobre o esporte paraolímpico e um vídeo sobre a confecção de uma prótese mecânica. Também há um conteúdo bem detalhado sobre os sistemas locomotor e nervoso, um roteiro de confecção do protótipo de próteses de membros inferiores para bonecas e, pôr fim, um modelo de produção textual.

DISCIPLINA - CIÊNCIAS
PROFESSORA - _____
SÉRIE: _____

CADERNO DO ALUNO

ALUNO:

Apresentação

(Exemplo utilizado na aplicação do projeto)

Prezado Aluno (a).

O estudo dos sistemas do corpo humano é de grande importância, pois esses conteúdos buscam proporcionar aos indivíduos o autoconhecimento, para uma formação conscientizada na prevenção de doenças e no bem-estar das pessoas.

O estudo do corpo humano normalmente é visto como um tema muito complexo, por isso optei em utilizar somente dois sistemas do corpo humano para ser aplicado nesta apostila, com o objetivo de facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Para a construção deste material foram escolhidos os conteúdos do Sistemas Locomotor e Nervoso e, dentre esses temas, será abordado as próteses de membros inferiores. Ao logo da execução desses temas, você encontrará atividades a serem realizadas, que foram confeccionadas a partir de estudos sobre a Aprendizagem Significativa.

Fique atento aos termos em negrito, pois são palavras importantes.

Vamos ao estudo!

Questionário de conhecimentos prévios sobre o assunto sistema locomotor

O corpo humano é formado por diversos sistemas que atuam juntos para garantir o funcionamento adequado do organismo. Responda abaixo as perguntas com seus conhecimentos. Justificando suas respostas.

1. Você sabe como funciona o nosso sistema locomotor?

_____
_____

2. Você sabe o que é uma prótese e para que ela serve?

_____
_____

3. Você sabe o que é uma amputação?

_____
_____

4. Você já assistiu alguma paraolimpíada?

_____
_____

5. Algum professor já abordou as paraolimpíadas antes?

_____
_____

6. Você já assistiu algo relacionado a próteses?

_____
_____

7. Você conhece alguém amputado ou protetizado?

_____
_____

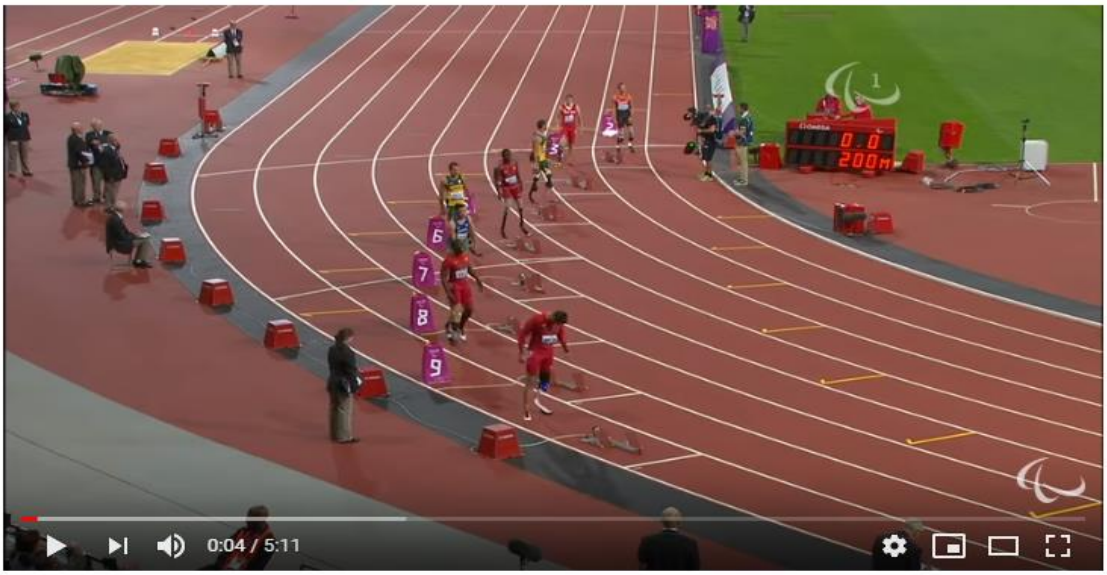
Vídeos

USAIN BOLT BATENDO RECORDE MUNDIAL DOS 200 MTS RASOS

Figura 1. 1º Vídeo. (https://www.youtube.com/watch?v=rk4Pxa8LE44)

- Qual foi a parte do vídeo que mais chamou a sua atenção?

_____
_____
_____
_____
_____
_____



Athletics - Men's 200m - T44 Final - London 2012 Paralympic Games

Figura 2. 2º Vídeo. (https://www.youtube.com/watch?v=A9Wlp1sTnoY)

Qual foi a parte do vídeo que mais chamou a sua atenção?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Leitura do texto

Fonte: NOVO JR., J. M. Esporte paralímpico: tecnológico e inclusivo. Instituto Ciência Hoje, 9 set. 2016. Disponível em: http://cienciahoje.org.br/esporte-paralimpico-tecnologico-e-inclusivo/ . Acesso em: 29/02/2020.

Esporte paralímpico: tecnológico e inclusivo

[...] a equipe paralímpica brasileira tem um histórico de desempenho invejável. Isso não se deve somente ao talento e esforço de nossos paratletas, mas também aos investimentos em tecnologia, que contribuem para aumentar a performance dos competidores. [...]

A superação de limites do paradesporto brasileiro é consequência de vários fatores, entre eles a formação de profissionais de educação física que ajudam na preparação de atletas; o uso de novos métodos de condicionamento físico; a aplicação dos conhecimentos em biomecânica na avaliação dos movimentos e dos limites corporais para o alto desempenho; e o aprimoramento e a inovação na confecção de equipamentos e materiais esportivos de alta qualidade.

Desde o surgimento do esporte adaptado, na década de 1940, a tecnologia disponível possibilita que as mais diversas deficiências possam ser minimizadas. Por um lado, permite ao profissional de reabilitação melhorar seus procedimentos terapêuticos; por outro, permite à pessoa com deficiência retomar uma vida de qualidade, com autonomia e melhoria da autoestima. As inovações tecnológicas dos produtos especialmente desenvolvidos para os paratletas têm resultado em equipamentos como cadeiras de rodas, órteses e próteses de melhor qualidade, tanto do ponto de vista estético quanto funcional.

O desenvolvimento científico não contribui apenas para a melhoria de materiais e equipamentos, mas também influencia as mais diversas áreas que dão suporte à organização e preparação de uma equipe paralímpica: medicina, educação física, fisioterapia, psicologia, nutrição, marketing, engenharias.

[...] Quando se trata de esportes paralímpicos, os equipamentos e instrumentos desenvolvidos devem ter elevada performance, resistindo aos esforços exigidos em uma competição de alto nível.

O desenvolvimento tecnológico aliado às pesquisas nas universidades brasileiras tem sido o grande responsável pela inclusão de atletas com deficiência física no mundo do esporte.

Graças à tecnologia, não é raro que atletas com próteses de membro inferior consigam desempenho equivalente ao de atletas sem deficiência física. (Foto: Marcio Rodrigues/MPIX/CPB)

Atualmente, é comum vermos atletas com próteses de membro inferior que permitem desempenho atlético equivalente ao de atletas sem deficiência física. Há próteses de joelho e de pernas com software e hardware capazes de obter informações sobre a força de contato com o solo e controle remoto para ajuste da velocidade das passadas e do movimento do joelho conforme o terreno em que se encontra o atleta, dentre outras características.

As especificidades das modalidades esportivas permitiram, por exemplo, que sistemas hidráulicos fossem desenvolvidos para saltos em distância e altura no atletismo, de forma a simular o que o corpo humano faz, preservando a integridade das articulações e amortecendo os impactos do pé com o solo. Já a pesquisa científica interdisciplinar, como a interação da educação física e da fisioterapia com a engenharia de materiais, resultou no desenho da lâmina que forma o pé da prótese de corredores, formada por dezenas de finas camadas de fibra de carbono, que lhe conferem leveza e flexibilidade.

Próteses com alta qualidade e baixo custo são desenvolvidas no Brasil tanto para atletas quanto para qualquer outra pessoa com necessidade especial. (Foto: Marcio Rodrigues/MPIX/CPB)

Para as atividades diárias, o pé da prótese pode receber o mesmo material, mas com um design mais próximo do pé natural, permitindo o uso de vestimentas e calçados.

Alguns atletas podem não usar seu aparato tecnológico de competição no seu cotidiano. Dependendo da modalidade, o atleta necessita apenas de um suporte adaptado (como o suporte para lançamento de disco), enquanto diariamente pode utilizar uma prótese de perna ou cadeira de rodas, conforme a preferência ou necessidade.

O desenvolvimento dessas tecnologias contribui também para melhorar a qualidade de vida das demais pessoas com deficiência. Os resultados alcançados no mundo das competições podem contemplar as necessidades de reabilitação física e motora de quem não é atleta de alto rendimento, permitindo que esses indivíduos usufruam em suas atividades diárias de dispositivos como uma cadeira de rodas leve e de fácil manuseio, ou próteses e órteses com alta qualidade e baixo custo.

Por promover tantos benefícios na inclusão de pessoas com deficiência, as tecnologias relacionadas ao esporte paralímpico no Brasil precisam que a interação entre universidade e empresa seja cada vez mais eficiente. Apesar dos grandes incentivos financeiros nesse sentido, ainda há muito que ser feito, principalmente para proporcionar ao usuário final, a pessoa com deficiência, o conhecimento científico e tecnológico transformado em materiais e equipamentos de alta qualidade e baixo custo.

Figura 3. 3º Vídeo. (https://www.youtube.com/watch?v=_yV_1p_OU3E)

Qual foi a parte do vídeo que mais chamou a sua atenção?

_____

_____

_____

_____

_____

Sistema locomotor

Esta seção foi baseada na seguinte referência:
<https://brasilescola.uol.com.br/biologia/esqueleto-humano.htm >

O sistema locomotor é composto pelos sistemas muscular e esquelético, sendo responsável pelos inúmeros movimentos realizados pelo nosso corpo.

Esqueleto humano

O corpo humano contém aproximadamente 206 ossos. Além dos ossos, o esqueleto humano é composto por cartilagem, formando articulações e ligamentos, que juntos realizam diversas funções.

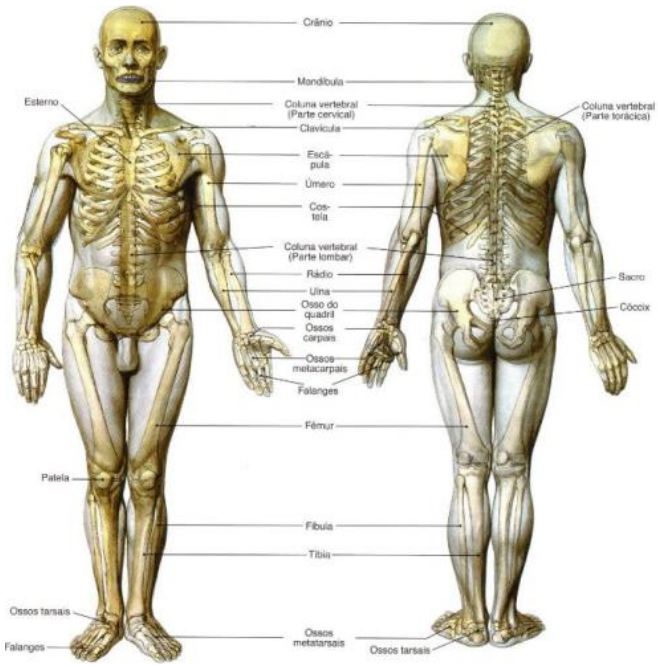


Figura 4. Esqueleto humano

Fonte: SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 1 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

Funções do esqueleto humano

As funções do esqueleto humano não se limitam somente à locomoção. Podemos citar, as principais funções desempenhadas pelo esqueleto:

1. Suporte do organismo;
2. Proteção dos órgãos internos e dos tecidos moles;
3. Em conjunto com os músculos, garante a nossa movimentação;
4. Apoio aos músculos esqueléticos;
5. Depósito de sais minerais, principalmente fósforo e cálcio;
6. Relação com a produção das células do sangue, uma vez que a medula óssea é encontrada nos ossos.

Divisão do esqueleto humano

O esqueleto humano é dividido em duas partes: esqueleto axial e esqueleto apendicular.

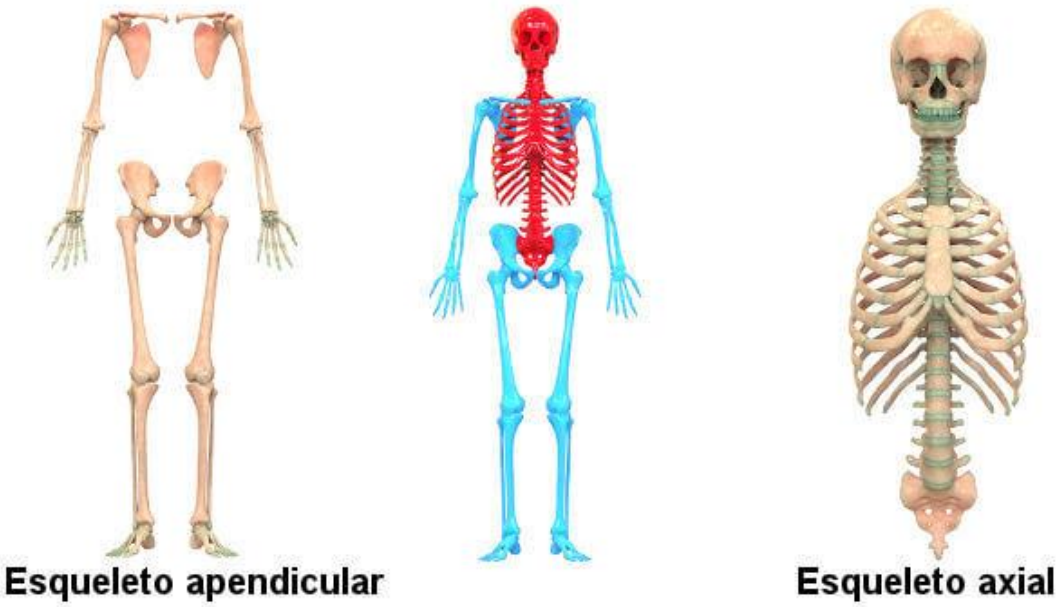


Figura 5. Esqueleto apendicular e axial.
Fonte: <https://s1.static.brasilescola.uol.com.br/img/2019/01/esqueleto-axial-apendicular.jpg>. Acesso em: 03 de dezembro 2021.

Esqueleto axial

O esqueleto axial possui 80 ossos. São eles os ossos do:

Crânio: é formado pelos ossos faciais e cranianos. Esses ossos possuem a função de proteger o encéfalo e uma pequena parte do sistema nervoso central.

Osso hioide: encontra-se entre a mandíbula e a laringe, na região do pescoço e não possui articulação.

Vértebras: compõem a coluna vertebral protegendo assim a medula espinhal.

Costelas: possuem a anatomia de arco, é encontrado no número de 12 pares.

Esterno: conhecido também como osso do peito, encontra-se na parte anterior do tórax.

Esqueleto apendicular

O esqueleto apendicular é formado por 126 ossos, constituindo assim nossos membros. Os ossos que compõe o esqueleto apendiculam são:

Membros superiores: são constituídos pelos ossos do braço (úmero), ossos do antebraço (ulna e rádio), ossos do punho (carpos), ossos da palma da mão (metacarpos) e os ossos dos dedos (falange).

Cintura escapular: é formada pelos ossos da clavícula e pela escápula.

Membros inferiores: é composto pelo osso da coxa (fêmur), osso da perna (tíbia e fíbula), osso do joelho (patela), e os ossos do pé (tarsos, metatarsos e falange).

Cintura pélvica: é constituída pelos ossos do quadril, também conhecido por ossos pélvicos.

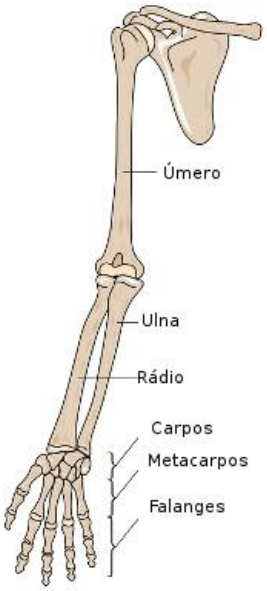


Figura 6. Ossos dos membros superiores.

Fonte:< https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/membro-superior(1).jpg>. Acesso em: 03 de dezembro 2021.

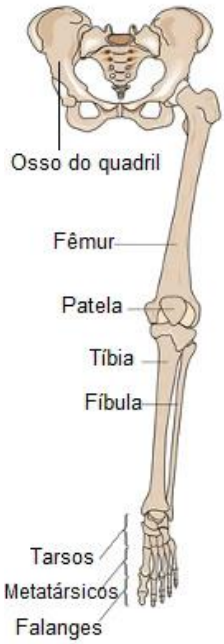


Figura 7. Ossos dos membros inferiores.

Fonte: <https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/membro-inferior.jpg>. Acesso em: 03 de dezembro 2021.

Sistema articular

Esta seção foi baseada na seguinte referência:
<https://www.biologianet.com/anatomia-fisiologia-animal/sistema-articular.htm>

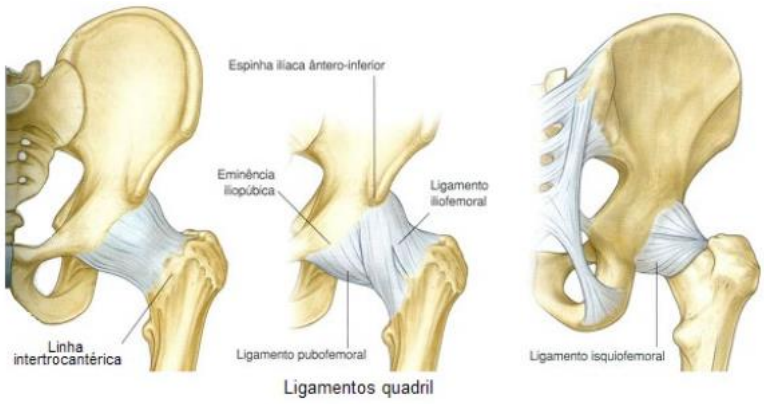
São as articulações que garantem a locomoção e a união dos ossos.

- A **articulação móvel** proporciona a realização de vários movimentos, por exemplo: o movimento do ombro com o braço.
- A **articulação imóvel ou fixa**, são exemplos os ossos do crânio, que são firmemente encaixados entre si
- A **articulação semimóvel** são as articulações encontradas na coluna vertebral, que possui movimentos limitados.

As articulações podem ser divididas em fibrosas, cartilaginosas e sinoviais.

- As **articulações fibrosas** (sinartroses) são unidas por tecido fibroso, e possuem pouco movimento.
- As **articulações cartilagíneas** são compostas pela cartilagem ou por uma combinação de cartilagem e tecido fibroso.
- As **articulações sinoviais** ou diartroses compõe a maioria das articulações do corpo humano.

Os **ligamentos** são formados por tecidos conjuntivos, são estruturas resistente, maleáveis e pouco elásticas. Possui a função de unir os dois ou mais osso, estabilizando e protegendo as articulações, permitindo uma boa liberdade de movimento.



LIGAMENTOS

Quadro 1. Ligamentos.

Fonte: Gray´s Anatomia clínica para estudantes /Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell; ilustrações Richard Tibbitts e Paul Richardson. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

Os conteúdos a seguir, sistema muscular e nervoso são baseados nas seguintes referências:

ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde. Projeto de Profissionalização dos Trabalhadores da Área de Enfermagem. 2. ed. rev.,1.a reimpr. - Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

CAMARA, M. ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANA. Instituto Formação. Cursos Técnicos Profissionalizantes, 2014.

CORRÊA, M.C.S.M. Anatomia e Fisiologia. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia - Paraná - Educação a Distância, e- Tec. 2011.

LACERDA, R.A.M.V. Apostila de anatomia e fisiologia humanas. Faculdade e Escola Técnica Egídio José da Silva - FATEGÍDIO, 2009.

SISTEMA MUSCULAR

Os músculos são estruturas anatômicas que possuem características variáveis, se interligam aos ossos através de tendões e possuem a função de contração, que é a capacidade de diminuir o comprimento e relaxamento, no qual estas ações movimentam partes do corpo, inclusive os órgãos internos. Os músculos representam cerca de 40% a 50% do peso corporal total e são capazes de transformar energia química em energia mecânica.

Figura 8. Sistema Muscular

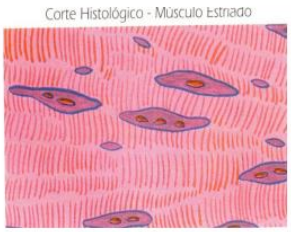
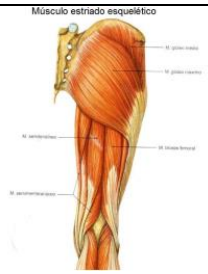
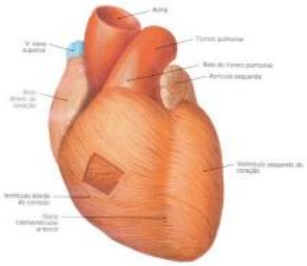
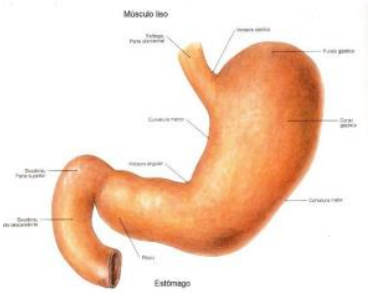
Fonte: TOMITA, Rúbia Yuri. Atlas visual compacto do corpo humano. 3. ed. São Paulo: Rideel, 2012.

O corpo humano é composto por três tipos de músculos: músculo não estriado ou músculo liso, músculo estriado esquelético e músculo estriado cardíaco.

No **músculo liso ou músculo não estriado** possuem células que não apresentam estriações. É um músculo involuntário, pois suas contrações comandam o deslocamento de materiais através dos sistemas de órgãos do corpo humano. Podemos encontra-lo na pele, órgãos internos, aparelho reprodutor, grandes vasos sanguíneos e aparelho excretor.

O **sistema muscular estriado esquelético** compõe a maior parte da musculatura do corpo, formando o que se chama popularmente de carne. Vale ressaltar que os músculos estriados esqueléticos são os únicos músculos voluntários do corpo.

O **sistema muscular cardíaco** é um tipo de tecido muscular que constitui a maior parte do coração. Também conhecido como miocárdio, é responsável pela função dos batimentos cardíacos e contrai-se vigorosa e involuntariamente, apesar de composto por fibras estriadas.

 
MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO

MÚSCULO ESTRIADO CARDÍACO

MÚSCULO NÃO ESTRIADO (MÚSCULO LISO)

Quadro 2. Músculos estriado esquelético, estriado cardíaco e não estriado.
Fonte: SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 2 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

SISTEMA NERVOSO

O **sistema nervoso** age sobre a maioria das funções do nosso corpo através do controle das contrações dos músculos esqueléticos, músculos lisos dos órgãos internos. O sistema nervoso anatomicamente se ramifica em **sistema nervoso central e sistema nervoso periférico**.

O sistema nervoso central é composto pelo encéfalo e pela medula espinhal, estruturas protegidas respectivamente pelo crânio e pela coluna vertebral, que compõe o **esqueleto axial**. O cérebro divide-se em duas partes simétricas (**hemisférios direito e esquerdo**) e quase todos os impulsos tanto sensitivos como motores, respondem do lado oposto (contralateral) de onde partiu o impulso.

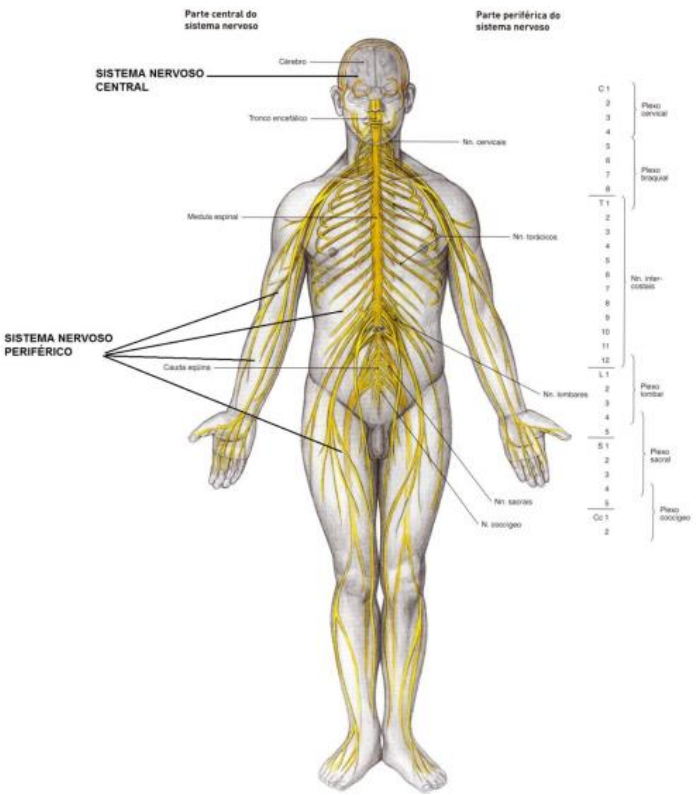


Figura 9. Sistema Nervoso
Fonte: SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 1 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

O encéfalo humano possui cerca de 35 bilhões de neurônios e pesa aproximadamente 1,4 quilogramas. O encéfalo corresponde ao cérebro (hemisférios cerebrais), diencéfalo que se divide em: tálamo e hipotálamo, cerebelo e tronco cefálico, que se divide em: bulbo, mesencéfalo e ponte. Nessas regiões, situam-se as sedes da memória e dos nervos sensitivos e motores.

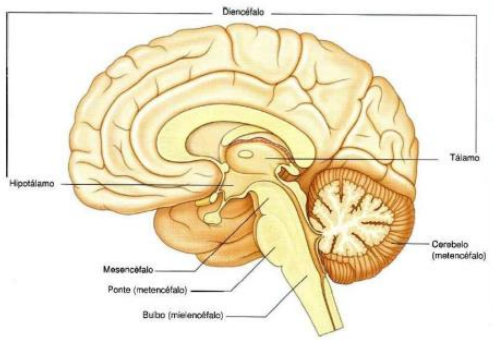


Figura 10. Encéfalo humano.
Fonte: Gray´s Anatomia clínica para estudantes /Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell; ilustrações Richard Tibbitts e Paul Richardson. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

A superfície do **cérebro** apresenta várias depressões chamadas sulcos cerebrais, que delimitam várias circunvoluções córtex cerebral. A palavra córtex vem do latim e significa “casca”, isto porque o córtex é a camada mais externa do cérebro e sua espessura varia de 2 a 6 mm.

A palavra **cerebelo** vem do latim para "pequeno cérebro”. O cerebelo fica localizado ao lado do tronco encefálico. É ele quem controla os movimentos, a tonicidade muscular e participa da manutenção do equilíbrio do corpo.

O **tronco encefálico** liga todas as partes do encéfalo à medula espinhal. Podemos destacar três funções gerais do tronco encefálico: **primeiro**, ele recebe informações sensitivas de estruturas cranianas e controla os músculos da cabeça; **segundo**, contém circuitos nervosos que transmitem informações da medula espinhal até outras regiões encefálicas e, em direção contrária, do encéfalo para a medula espinhal (lado esquerdo do cérebro controla os movimentos do lado direito do corpo; lado direito de cérebro controla os movimentos do lado esquerdo do corpo); e por fim o **terceiro**, regula a atenção.

A **medula espinhal** é composta por uma massa cilíndrica de tecido nervoso, envolvida pela coluna vertebral. Dela emergem trinta e um par de nervos espinhais,

à direita e à esquerda, que inervam o pescoço, tronco e membros, ligando o encéfalo ao resto do corpo e vice-versa. Por meio dessa rede de nervos, a medula se conecta com as várias partes do corpo, recebendo e enviando mensagens do e para o cérebro, transmitindo-as para as várias partes do corpo. Nossa medula espinhal possui a forma de um cordão com aproximadamente 40 cm de comprimento, e age como centro nervoso de atos involuntários e também como veículo condutor de impulsos nervosos.

Os **neurônios** são a unidade funcional básica do sistema nervoso. São as células responsáveis pela recepção e transmissão dos estímulos do meio (interno e externo), que possibilitam ao organismo a execução de respostas adequadas para a relação com o meio ambiente, como para a manutenção da estabilidade corporal.Essas células apresentam duas regiões principais: os dendritos e o axônio.

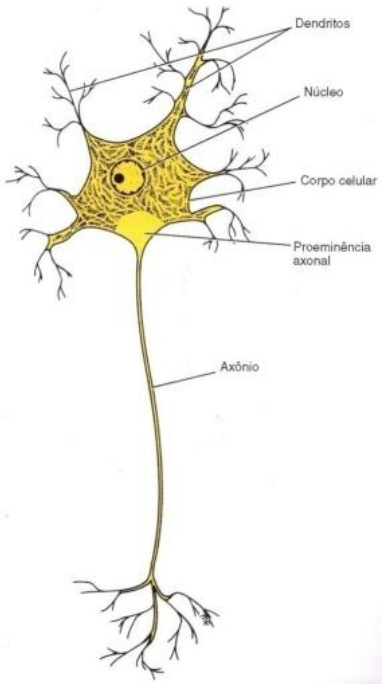


Figura 11. Estrutura de um neurônio.

Fonte: SNELL, Richard S. Neuroanatomia clínica. 7ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2011.

Do **sistema nervoso central** partem os prolongamentos dos neurônios, formando feixes chamados nervos, que constituem o **Sistema Nervoso Periférico**.

Chamamos de **nervo**, a reunião de várias fibras nervosas. Em nosso corpo existe um número muito grande de nervos, distribuídos de forma de rede nervosa.

BIOMECÂNICA

A biomecânica é derivada das ciências naturais, que utilizam análises físicas dos diferentes sistemas biológicos, incluindo o movimento do corpo humano. O seu objetivo é analisar o movimento em diferentes aspectos.

Princípios mecânicos para análise biomecânica

Cinemática: Cinemática é o ramo da mecânica que descreve o movimento de um corpo sem se preocupar com as forças ou os torques que podem produzi-lo. De modo geral, existem dois tipos de movimento: translação e rotação.

FORMAS DE MOVIMENTOS: TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO

A **translação** descreve um **movimento linear**, sendo que todas as partes de um corpo se movem paralelamente a todas as outras e na mesma direção. Pode ocorrer em linha reta (retilínea) ou em curva (curvilínea).

A **rotação** é definida como movimento em que um corpo rígido se move de forma circular ao redor de um pivô central, o qual é tido como eixo de rotação para o movimento angular. Para a maioria das articulações, o **eixo de rotação** está situado no interior das **articulações.**

Figura 12. Representação dos movimentos de rotação articular e deslocamento linear.

Fonte: Adaptado de HAMILL, et al., 1999.

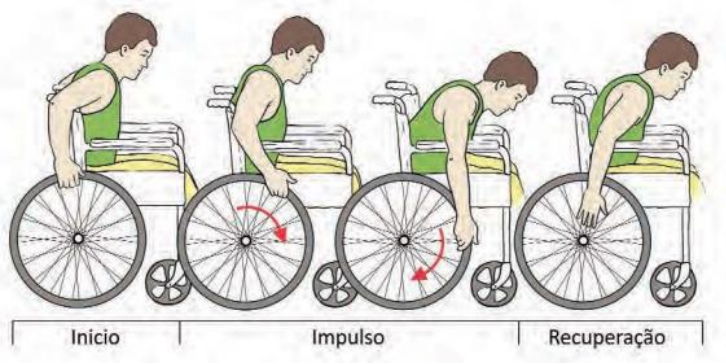


Figura 13. Representação do movimento geral em um cadeirante (rotação e translação).
Fonte: Adaptado de HAMILL, et al., 1999.

Planos e eixos de movimento

O movimento dos segmentos corporais ocorre em três planos anatômicos, também conhecidos como planos cardinais, a saber: plano sagital, plano frontal e plano transversal.

- **Plano sagital**: divide o corpo em direito e esquerdo;
- **Plano frontal (ou coronal)**: divide o corpo em anterior e posterior;
- **Plano transversal (ou horizontal):** divide o corpo nas porções superior e inferior.

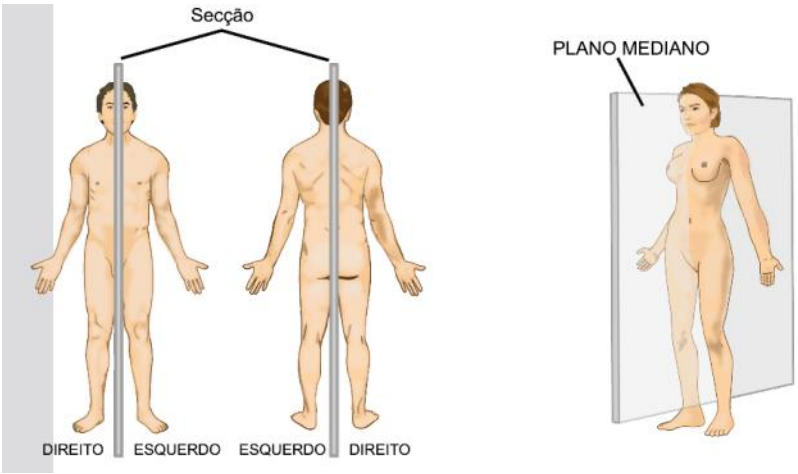


Figura 14. Representação do plano sagital, que divide o corpo humano em esquerdo e direito.

Fonte: ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

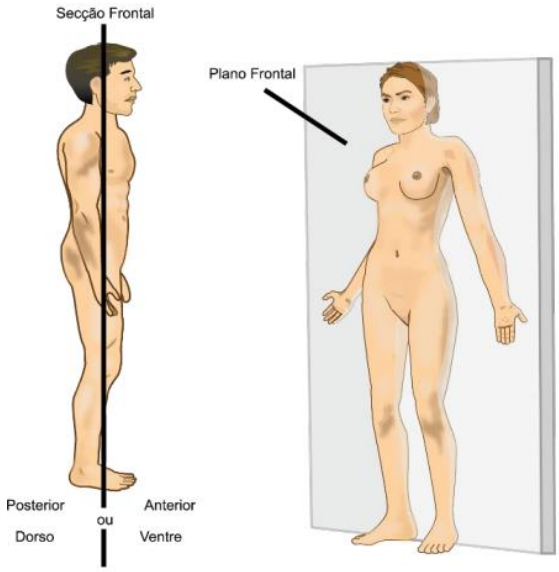


Figura 15. Representação do plano frontal em ventral (anterior) e dorsal (posterior).
Fonte: ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

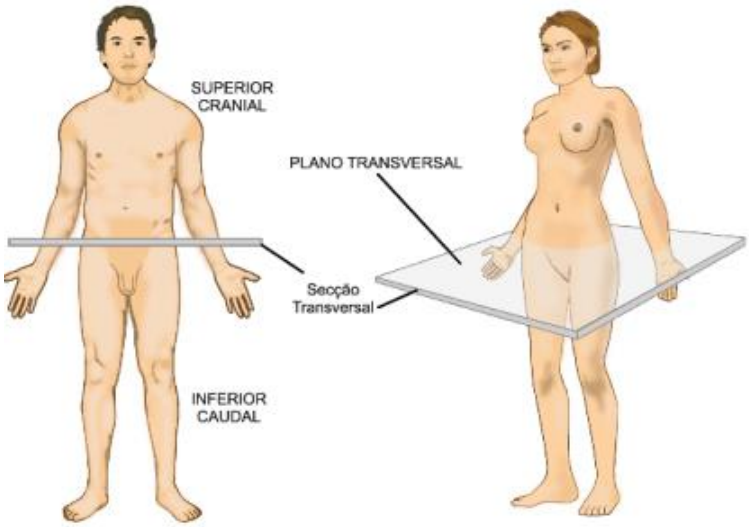


Figura 16. Representação do plano transversal, esse corte divide o corpo humano horizontalmente ao meio.
Fonte: ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

Os conteúdos de física a serem trabalhados nas próximas seções são baseados nas seguintes referências:

BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 1, 8. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

FORÇA

Quando ocorre uma interação entre corpos, pode acontecer uma mudança na velocidade, deformações ou ambos os fenômenos. Os efeitos dessas variações ou deformações são chamados de **forças** (Figura 19). Sempre que tentamos empurrar, levantar, amassar, puxar ou atirar algum objeto, o conceito de força se manifesta pela sensação do esforço muscular desenvolvido nestes atos.

Figura 17. Exemplos de manifestação de força.

Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT6gZQ3TJm1uUjsn4yawiQ_D7ulFBE6E8yiS46lvweb3BAtUu1n&s>. Acesso em: 22 de maio 2021.

Força é uma grandeza vetorial, ou seja, além da sua intensidade (valor numérico, módulo) devemos identificar a sua orientação (direção e sentido). Logo, ela é representada por um vetor. Sua unidade no Sistema Internacional é o newton ($N = kg/ms^2$), em homenagem ao físico inglês Sir Isaac Newton.

Força resultante

Seja um objeto na qual estão atuando várias forças. Esse sistema de forças pode ser mudado por uma única força, a **força resultante**, que é capaz de produzir no objeto o mesmo resultado que todas as forças aplicadas.

Segundo Hewitt (2002) "Por exemplo, se você e seu amigo puxam um objeto na mesma direção com forças iguais, as forças dos dois se combinam para realizar uma força resultante duas vezes maior do que uma única força. Se cada um de vocês puxar com forças iguais em sentido opostos, a força resultante é nula. As forças iguais, mas orientadas em sentidos opostos, cancelam-se mutuamente. Uma delas pode ser a negativa da outra, e elas se somam algebricamente para dar um resultado que é zero – uma força resultante nula".

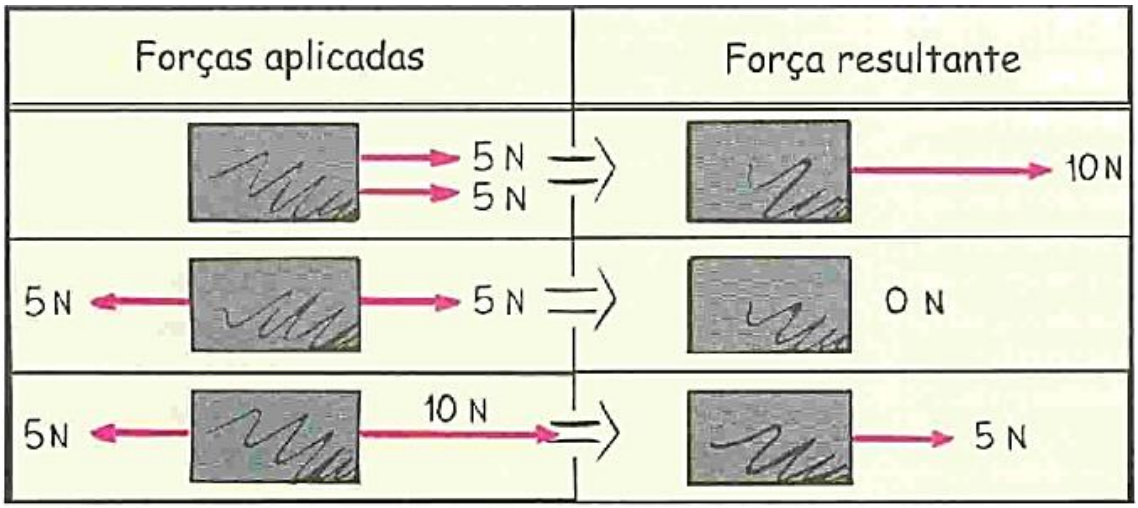


Figura 18. Forças aplicadas e forças resultantes.

Fonte: HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Torque

O torque ou momento de uma força ocorre quando há uma variação na velocidade de rotação de um corpo, consequentemente acarretando uma variação na velocidade angular. É uma força encarregada pela alteração da velocidade de rotação. Quando um corpo precisa ser girado é utilizado sobre ele um momento de força, um torque.

O torque, cuja palavra deriva do latim, que significa “torcer”, pode ser representada como a ação girar ou torcer de uma força $\vec{F}$. Quando inserimos uma força sobre um objeto com o auxílio de uma chave de fenda ou uma chave de grifa, tendo como objetivo fazê-lo girar, estamos aplicando um torque. A unidade de torque no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o newton-metro (N.m).

Figura 19. Torque.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

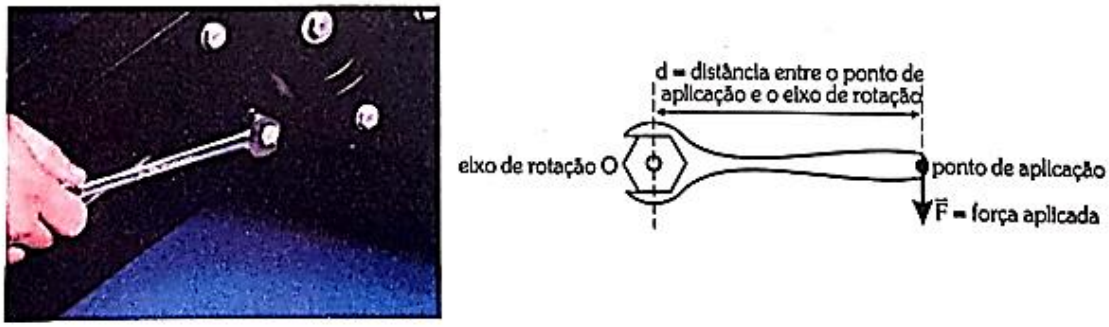


Figura 20. Força aplicada em uma chave.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

Primeira Lei de Newton ou Lei da Inércia

Vamos pensar em um corpo que não está submetido a nenhuma força, nesta situação esse corpo não irá sofrer nenhuma variação de velocidade, ou seja, que se ele está parado, continuará parado e, se estiver em movimento, continuará em movimento e sua velocidade ficará constante.

De acordo com Bonjorno; et al, (2001) “todos os corpos são “preguiçosos” e não desejam modificar seu estado de movimento: se estão em movimento, querem continuar em movimento; se estão parados, não querem se mover. Essa “preguiça” é chamada pelos físicos de inércia e é características de todos os corpos dotados de massa”.

O princípio da inércia pode ser observado no movimento de um ônibus (Figura 21). Quando o ônibus “arranca” a partir do repouso, os passageiros tendem a se deslocar para trás, resistindo ao movimento. Da mesma forma, quando o ônibus já em movimento freia, os passageiros deslocam-se para a frente, pois tendem a continuar com a velocidade que possuíam.

Figura 21. Inércia.

Fonte:<https://lh3.googleusercontent.com/proxy/L5i9HPpfeuo3WCSYCxH8P8Igi2ccMYMDhGtGymBhow4El0z-Qt8h3waKSqlluS9Aush0J84a_uO-AMGvMdqsnvr5mnRazl7QaPK1TTL1I7PDfkDeWro2xpguwyiILQVB1pc5i3cO>. Acesso em: 22 de maio 2021.

Peso e massa

Para determinar uma porção de matéria que um corpo possui, usamos o termo **massa**. Quanto maior for a massa do objeto, maior vai ser sua inércia. A massa é uma medida da inércia de um objeto material, já o **peso** está relacionado com a força que age sobre o objeto devido à gravidade.

A massa e o peso são diretamente proporcionais entre si. Se a massa de um objeto aumenta, seu peso também aumenta; se a massa torna-se duas vezes menor, o mesmo acontece para o peso do objeto.

No Sistema Internacional de unidades a massa tem como unidade padrão o quilograma (Kg).

Na superfície da terra, utilizamos o valor aproximado de 9,8 m/s^2 para o módulo da aceleração da gravidade $\overrightarrow{(g)}$, sendo que essa aceleração diminui à medida que nos afastemos da superfície do planeta.

Sendo m a massa do corpo e $\vec{g}$ a gravidade, podemos obter o peso ($\vec{P}$) do corpo:

$$\vec{P} = m.\vec{g}$$

O peso do corpo é uma grandeza vetorial que possui direção vertical apontado para o centro da Terra e cuja intensidade varia com o valor local da aceleração da gravidade.

Segunda Lei de Newton

Este princípio determina um equilíbrio entre a força e aceleração. Um ponto material de massa m é submetido a uma força resultante $\vec{F}_{res}$ e obtém uma aceleração $\vec{a}$ na mesma direção e sentido da força. Dessa forma obtemos:

$$\vec{F}_{res} = m\,\vec{a}$$

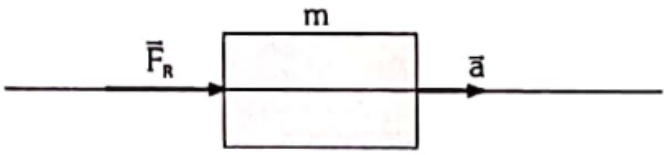


Figura 22. Segunda lei de Newton.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

A segunda lei de Newton nos diz que a resultante das forças que atuam em um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida. E a unidade da força se dá em newton (N), de acordo com o Sistema Internacional de unidades (SI).

$$1\,N = 1\,Kg\,.\,1\,\frac{m}{s^2}$$

Terceira Lei de Newton

A terceira lei de newton estabelece que toda ação corresponde a uma reação, com a mesma intensidade, porém em sentidos opostos.

Pensamos em dois patinadores, A e B. Se A exerce uma força $\vec{F}_A$ em B, este simultaneamente, reage e exerce uma força $\vec{F}_B$ em A.

Figura 23. Ação e reação.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

Segundo a terceira lei de Newton, as forças de ação e reação retratam primeiramente que a forças $\vec{F}_A = \vec{F}_B$, possuem a mesma intensidade e também a mesma direção (horizontal). E, por fim, essas forças possuem sentidos contrário, $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$, (o sinal negativo indica que são forças de sentidos opostos). Apesar que as forças de ação e reação terem o mesmo módulo, os resultados produzidos por elas dependerão da massa e das propriedades de cada corpo.

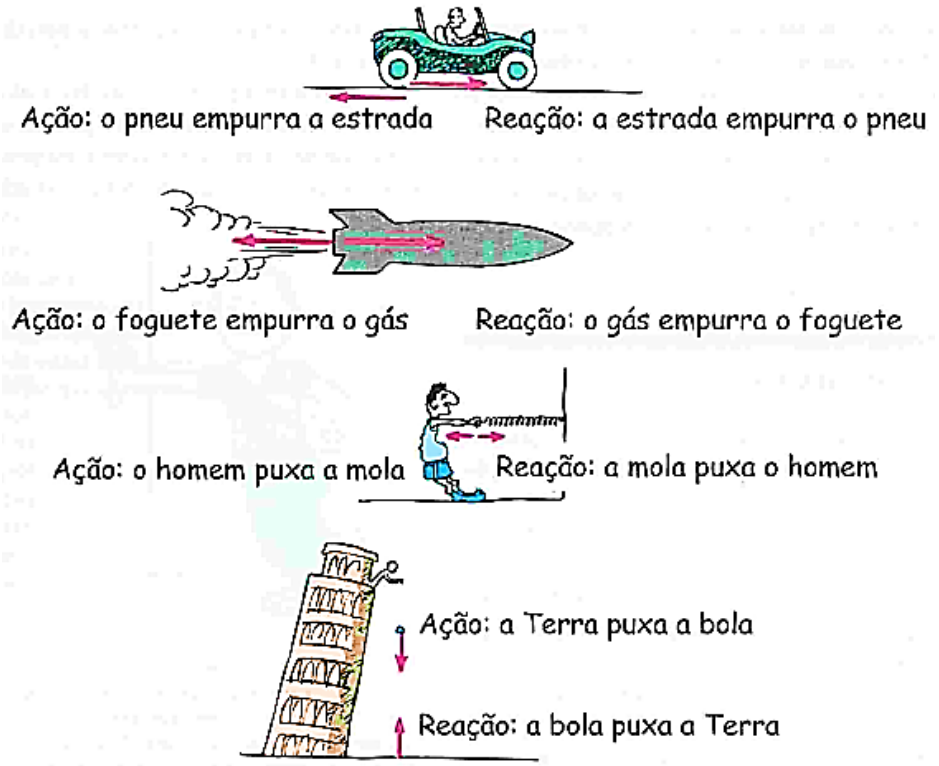


Figura 24. Exemplos de ação e reação.

Fonte: HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Máquinas simples

Para levantar e mover grandes pesos acima de sua capacidade muscular, o homem criou instrumentos que facilitam sua ação, ampliando a força aplicada. Esses instrumentos são denominados de máquinas simples. A máquina simples mais comum é a alavanca.

Sistema de alavancas

No corpo, as **forças internas e externas** produzem torques por meio de um sistema de **alavancas ósseas**. Uma alavanca é uma máquina simples, composta por um bastão rígido suspenso por um ponto de pivô. A alavanca tem por função converter uma força linear em torque rotatório. O torque muscular é o produto entre a força muscular e o comprimento do braço de momento.

As forças mais importantes envolvidas nas alavancas musculoesqueléticas são aquelas geradas por músculos, pela gravidade e pelo contato físico com o ambiente.

As alavancas são classificadas em três categorias, cada uma possuindo características próprias e vantagens em relação a equilíbrio, força e velocidade: a alavanca de primeira classe ou interfixas (alavanca de equilíbrio), alavanca de segunda classe ou inter-resistentes (alavanca de força) e alavanca de terceira classe ou interpotente (alavanca de velocidade) (LIBERALI; VIEIRA, 2016).

Figura 25. Alavanca interfixa, inter-resistente e interpotente.

Fonte: <https://2.bp.blogspot.com/-MpwWZ5pztLM/WAi4diDohgI/AAAAAAAAFPI/P-cl1ukNyfEQAP9VzV_J9ruTqNJI3Wv9ACLcB/s640/Q42%2BF03.png>. Acesso em: 22 de maio 2021.

Interfixa – o apoio encontra-se entre a força e a resistência. Podemos encontrar essa alavanca no corpo humano, no movimento do músculo tríceps. Esse modelo de alavanca é o mais apropriado para transmitir velocidade e pouca força;

Interpotente – a força atua entre o ponto de apoio e a resistência. É o caso do músculo bíceps. Essa alavanca é um dos tipos mais comuns no corpo humano.

Os músculos se encontram próximos à articulação e permitem a execução de movimentos rápidos e amplos, embora com sacrifício da força;

Inter-resistente – a resistência encontra-se entre o ponto de apoio e a força. É o caso dos músculos da face posterior da perna, que se unem ao calcanhar e proporcionam a suspensão do corpo na ponta dos pés. Esse exemplo de alavanca sacrifica a velocidade para ganhar força.

As alavancas mais existentes no corpo humano são as alavancas interfixas, que se encontram nas articulações posturais do organismo, e as interpotentes, essenciais nos movimentos do esqueleto humano.

Figura 26. Alavancas no corpo humano.

Fonte: <https://files.passeidireto.com/bcb23d55-9a8b-4010-9b9b-cba1abde5848/bg3.png>. Acesso em: 22 de maio 2021.

Produção dos modelos de próteses para membros inferiores em bonecas.

A produção dos modelos de próteses para bonecas foi o problema proposto aos alunos na aplicação do projeto. Os materiais utilizados e sua confecção partiram de estudos e criação dos próprios alunos.

Materiais utilizados

Quatro bonecas com quatro graus de amputação diferentes.

- Amputação transfemoral (amputação da coxa);
- Desarticulação do joelho;
- Amputação transtibial (amputação da panturrilha);
- Amputação de pé;

Figura 27. Foto das quatros bonecas com os quatros diferentes tipos de amputações.

Materiais para a confecção das próteses.

- Massinha de modelar;
- Massa de biscuit;
- Argila;
- Tinta (para acabamentos e personalização);

- Fio de cobre, para articulações;
- Molas de diferentes materiais, para construir a articulação do joelho;
- Papel alumínio, para colocar no coto da boneca, para depois da prótese pronta poder tirar da boneca;
- Palito de madeira.

Produção

Primeiramente, obter as quatros bonecas e submeter cada uma a um grau de amputação diferente. Após as bonecas já amputadas, se torna necessário a introdução das bonecas durante as aulas, para que os alunos já se tornem familiarizado com o problema proposto.

Quando iniciar a parte da produção dos protótipos de próteses, divida a turma em grupos, com a quantidade de bonecas disponível. Nesse projeto, a turma foi dividida em quatro grandes grupos.

Com os grupos divididos, distribua as bonecas. Cada aluno será responsável pela produção de um protótipo de cada grau de amputação. Após todos dos grupos terminarem de produzir o seu protótipo, será necessário a troca de bonecas com o outro grupo que já terminou também a sua produção.

Para que consigam retirar a prótese do coto da boneca e outro aluno possa confeccionar a sua prótese, é necessário o envelopamento do coto com papel alumínio, para que a massinha escolhida pelo aluno para a produção do seu modelo não fique colada na boneca.

As próteses para a bonecas dos graus de amputação transtibial (amputação da panturrilha) e de amputação de pé são um pouco mais rápidas de produzir, pois não há a necessidade de produção de uma articulação. Para as próteses da amputação transfemoral (amputação da coxa) e da desarticulação do joelho existe a obrigação de produzir uma articulação de joelho no protótipo. Essa articulação pode ser feita com pequenas molas coladas no copo das próteses ou como um engate com fio de cobre, fazendo a união do copo com o restante da perna da prótese.

Após todas os modelos de próteses serem fabricados, elas devem ser deixadas para secar e, após isso, começar a personalização dos modelos. Nesta

etapa, os alunos poderão desfrutar ainda mais de sua imaginação para conseguir personalizar os quatro protótipos de próteses produzidos por eles.

Produção Textual

Este trabalho é uma apresentação concisa do conteúdo, vídeos e textos, destacando-se os elementos mais importantes e a sua opinião.

Conclusão

Este material de apoio ao professor de Ciências foi confeccionado com o intuito de auxiliar a prática pedagógica, oferecendo um passo a passo para a implementação dessa proposta didática.

Neste produto, buscou-se introduzir temas de biologia e física relacionados ao Sistema Locomotor, por meios de textos e vídeos, preparando os alunos para a resolução do problema proposto no projeto, que foi a criação de protótipos de próteses de membros inferiores para bonecas. Para isso, utilizou-se a metodologia PBL - Aprendizagem Baseada em Problemas, que foca na construção de soluções para problemas a partir de conhecimentos obtidos pelos estudantes.

Esta proposta foi dividida em sete momentos, cada momento possuindo o seu próprio objetivo. Iniciou-se o primeiro momento com a apresentação do projeto e a realização do questionário de conhecimento prévio. O segundo momento se deu com a inserção dos vídeos da olimpíadas e paraolimpíadas. No terceiro momento foi utilizado texto e um vídeo relacionados a próteses. O quarto momento foi destinado aos conteúdos de biologia e física relacionados ao sistema locomotor. O quinto momento foi de estudo sobre a história e evolução das próteses de membros inferiores e a produção textual. No último momento ocorreu a produção dos modelos de próteses de membros inferiores para bonecas.

Quanto à importância desse produto, acredito que esse tema vai auxiliar bastante o professor de ciências na busca de novos artifícios a serem trabalhados na sala de aula e a autonomia do estudante.

Referências Bibliográficas

ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde. Projeto de Profissionalização dos Trabalhadores da Área de Enfermagem. 2. ed. rev.,1.a reimpr. - Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

CAMARA, M. ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANA. Instituto Formação. Cursos Técnicos Profissionalizantes, 2014.

CORRÊA, M.C.S.M. Anatomia e Fisiologia. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia - Paraná - Educação a Distância, e- Tec. 2011.

FINOCCHIARO, José et al. Manual de Prevenção das Lombalgias. São Paulo, Lex Editora, 1978.

GRAY´S Anatomia clínica para estudantes /Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell; ilustrações Richard Tibbitts e Paul Richardson. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 1, 8. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

IIDA, Itiro. Ergonomia – projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990. 465 p.

LACERDA, R.A.M.V. Apostila de anatomia e fisiologia humanas. Faculdade e Escola Técnica Egídio José da Silva - FATEGÍDIO, 2009.

LIBERALI, R.; VIEIRA, S.P. Cinesiologia e biomecânica. UNIASSELVI, 2016.

SNELL, Richard S. Neuroanatomia clínica. 7ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2011.

SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 2 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.