



B1

ISSN: 2595-1661

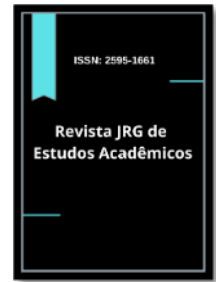
ARTIGO ORIGINAL

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](#)

# Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



## Investigação de conceitos básicos de física na prática esportiva de futevôlei: um estudo de caso

Investigation of basic physics concepts in the sports practice of footvolley: a case study

DOI: 10.55892/jrg.v8i18.1996

ARK: 57118/JRG.v8i18.1996

Recebido: 15/03/2024 | Aceito: 08/04/2025 | Publicado *on-line*: 09/04/2025

### Emilly Suellen Amorim Silva<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0009-0007-2099-1541>

<http://lattes.cnpq.br/1828633963029143>

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), MA, Brasil

E-mail: emillysuellen@gmail.com

### Wellington Cantanhede dos Santos<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-7526-5407>

<http://lattes.cnpq.br/2061164311295342>

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), MA, Brasil

E-mail: wellingtonc.santos@hotmail.com

### Dadson Luis Ferreira Leite<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-1029-6071>

<http://lattes.cnpq.br/6906685450223970>

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), MA, Brasil

E-mail: dadsonleite@professor.uema.br

### Ubiraci Silva Nascimento<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-4069-601X>

<http://lattes.cnpq.br/4862030029119964>

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), MA, Brasil

E-mail: ubiracisn@gmail.com

### Edvan Moreira<sup>5</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-5610-2757>

<http://lattes.cnpq.br/9406912742121871>

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), MA, Brasil

E-mail: edvan.moreira@fisica.uema.br



## Resumo

A aplicação de atividades experimentais que correlacionam a atividade esportiva e as ciências presentes na natureza permite aos estudantes verificar as ocorrências científicas de forma prática. Assim, o presente artigo tem como objetivo explorar a relação entre conteúdos de cinemática e dinâmica, ensinados em Física, e sua aplicação na prática cotidiana do futevôlei. Busca-se, dessa forma, expor e analisar os conceitos básicos com o propósito de observar sua manifestação prática, promovendo uma conexão entre o que é estudado de forma teórica e o que ocorre

<sup>1</sup> Graduanda em Física Licenciatura pela UEMA.

<sup>2</sup> Graduado em Física. Mestre em Física. Doutorando em Ensino (UEMA/RENOEN).

<sup>3</sup> Graduado em Física; Mestre em Ensino de Física; Doutorando em Ensino (UEMA/RENOEN).

<sup>4</sup> Graduado em Física e Engenharia Civil; Mestre em Educação e Eng. Mecânica; Doutor em Engenharia Mecânica.

<sup>5</sup> Graduado em Física; Mestre em Física; Doutor em Física.

na prática esportiva. Para minimizar a lacuna existente entre o conhecimento científico abordado no ambiente acadêmico e sua aplicação no contexto esportivo, este estudo propõe esclarecer como alguns princípios físicos se manifestam nos gestos técnicos característicos do futevôlei. Este trabalho está estruturado de maneira a contextualizar o esporte associando as duas áreas de estudo, demonstrando a interdependência entre os conceitos teóricos e sua aplicabilidade prática no esporte.

**Palavras-chave:** Física, Futevôlei, Cinemática, Dinâmica e Aprendizagem experimental.

### **Abstract**

*The application of experimental activities that correlate sporting activity and the sciences present in nature allows students to verify scientific occurrences in a practical way. The aim of this article is therefore to explore the relationship between the kinematics and dynamics content taught in Physics and its application in the everyday practice of footvolley. The aim is to expose and analyze the basic concepts with the aim of observing their practical manifestation, promoting a connection between what is studied theoretically and what happens in sports practice. In order to minimize the gap between the scientific knowledge approached in the academic environment and its application in the sporting context, this study proposes to clarify how some physical principles are manifested in the technical gestures characteristic of footvolley. This work is structured in such a way as to contextualize sport by associating the two areas of study, demonstrating the interdependence between theoretical concepts and their practical applicability in sport.*

**Keywords:** Physics, Footvolley, Kinematics, Dynamics, Experimental Learning.

## **1. Introdução**

Os conceitos da Física, quando colocados em diálogo com outras áreas do conhecimento, propiciam maior visibilidade às áreas abordadas no estudo. Essa interdisciplinaridade permite uma compreensão mais ampla de características naturais e científicas, facilitando a integração do saber científico com questões cotidianas e de interesse social. Assim, a Física, quando relacionada com outras temáticas, reforça a importância da ciência como ferramenta fundamental para a compreensão de funcionamento de algumas atividades cotidianas (MOZENA; OSTERMANN, 2014).

Ao associar noções da Física às situações práticas do esporte espera-se demonstrar a presença e a importância das ciências físicas como ferramenta essencial para a compreensão detalhada dos fenômenos envolvidos na prática do futevôlei, proporcionando, assim, uma visão mais aprofundada sobre o papel da Física nas atividades esportivas.

Dentre as práticas esportivas que mais crescem ao ar livre nos últimos anos, em especial na areia, encontra-se o futevôlei (NETO; COSTA, 2006). Nascido no Rio de Janeiro, o futevôlei teve seus primeiros passos na década de 60, onde o país estava passando por um período de ditadura militar. As práticas esportivas estavam com seus horários restritos e algumas chegaram a ser até proibidas nas praias da cidade, o futebol de areia foi uma delas (TARNOPOLSKY; SOIBELMAN, 2002).

Não se conhece ao certo quem inventou a modalidade, sabe-se apenas que um grupo de amigos cariocas liderados pelo arquiteto e ex-jogador Otávio Moraes,

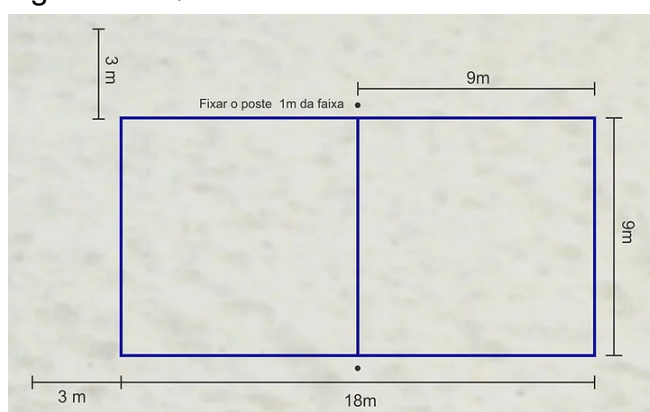
também conhecido como Tatá, decidiram unir os dois esportes mais populares do país, vôlei e futebol, em conjunto com as adaptações e ajustes de regras para que a modalidade não escapasse tanto da realidade dos seus esportes iniciais (FPFv, 2009). As equipes eram formadas por seis ou cinco atletas que poderiam dar três toques na bola sendo eles apenas com os pés ou a cabeça. A bola não poderia tocar a areia dentro da área demarcada (Figura 1), caso isso ocorresse era ponto para o time adversário (SOUZA; GALATTI, 2008).

À medida que os atletas foram evoluindo em desempenho, assim como o vôlei, o futevôlei passou a ser jogado em duplas (SOUZA; GALATTI, 2008). As regras eram como as regras do vôlei de praia. Saque com as mãos, já que ficaria mais fácil para o time adversário recepcionar, três toques na bola, com saque após a linha de fundo da quadra. Ao passo que o esporte foi evoluindo, começou-se a estabelecer algumas mudanças, por exemplo, o saque continuou sendo efetuado atrás da linha de fundo, mas passou a ser realizado com os pés, com a bola ao chão e apoiada sobre o um morro pequeno de areia (FPFv, 2009).

Nos anos 90 o esporte foi ganhando visibilidade e mais adeptos, o que resultou na criação da Confederação Brasileira de Futevôlei (CBFv) na cidade de Goiânia e assim deram início ao ciclo de competições por todo país. Anos depois, foi criada a Federação Internacional de Futevôlei (FIFV) no intuito de oficializar o esporte e promover competições internacionais (MOREIRA, 2020).

Apesar da influência do vôlei de praia, o futevôlei possui elementos estruturais próprios. As dimensões de quadra, por exemplo, foi um dos componentes alterados. Uma quadra regular de futevôlei mede 18 metros de comprimento por 9 metros de largura, sendo dividida ao meio por uma rede. Em competições, há uma área livre de 3 metros além das marcações, e reduzida para 8 metros em eventos nacionais e internacionais. As delimitações são feitas com fitas coloridas que se destacam na areia (TARNOPOLSKY; SOIBELMAN, 2002). A quadra é marcada com fitas, geralmente com cores que se destacam na areia, nas laterais e no fundo para delimitar a quadra de jogo (Figura 1).

Figura 1 – Quadra de futevôlei e suas dimensões.



Fonte: (Futevôlei Cazu, 2020).

A rede, localizada na parte central da quadra, precisa medir 9,5 metros de comprimento por 1 metro de largura. A bola geralmente é mensurada entre 68 e 70 centímetros de circunferência e com uma calibragem de 0,56 a 0,63 kg/cm (PEIXOTO, 2022). O objetivo do futevôlei é fazer a bola tocar o solo na quadra

adversária, com no máximo três toques por jogada, sendo proibido o uso dos braços e das mãos para tocar na bola.

As partidas são divididas em sets de até 18 pontos, sendo que a equipe que atingir esse valor primeiro vence, desde que tenha pelo menos 2 pontos de vantagem. Cada *set* permite um pedido de pausa, sendo a quantidade de *sets* e paralisações definida pela organização do evento (PEIXOTO, 2022).

Os movimentos fundamentais são divididos em saque, recepção, levantamento e ataque (SOUZA; GALATTI, 2008).

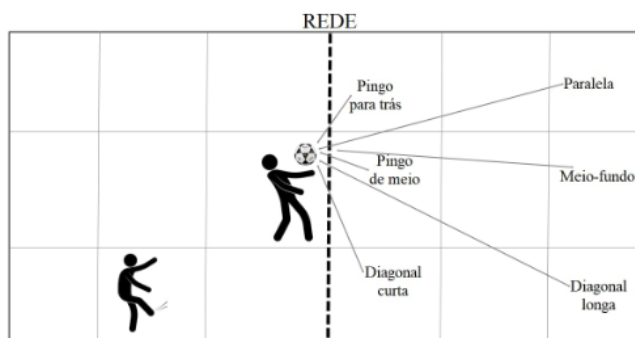
O saque inicia a partida, sendo o momento em que o atleta lança a bola com os pés, em forma de parábola, para a quadra adversária. Geralmente, é feito de trás da linha de fundo em direção à quadra adversária (REIS, 2021). A recepção é feita por um atleta da dupla oponente usando técnicas como peito, ombro, cabeça, coxa ou chapa para controlar a bola e coloca-la a uma “altura ideal” para a execução do próximo movimento. O peito é a melhor opção por ter maior superfície de contato. Movimentos errados podem alterar a trajetória e afetar a jogada (CECCONI, 2021).

O levantamento é a etapa que prepara o ataque e está diretamente ligado à qualidade da recepção. Quanto melhor a bola for recebida, mais preciso será o levantamento. Além disso, esse movimento pode corrigir erros da recepção, garantindo que a bola fique em uma altura ideal para a execução do gesto técnico, seja com o peito, ombro ou cabeça. O objetivo é manter a bola em jogo e posicioná-la próxima à fita superior da rede, facilitando a finalização do ataque pelo companheiro de equipe (BORGES, 2021).

O ataque é a etapa final dos movimentos fundamentais e tem o objetivo de devolver a bola para a quadra adversária com alto grau de dificuldade, seja para conquistar o ponto ou desorganizar a defesa do oponente (CECCONI, 2021). Existem diferentes formas de ataque. O mais comum é a finalização na terceira bola, que ocorre após um levantamento preciso, permitindo ao atleta atacar com melhor posicionamento e força. Outra variação é o ataque de segunda, onde o jogador finaliza o jogo logo após a recepção, pegando a defesa adversária de surpresa (BORGES, 2021).

Os gestos técnicos mais utilizados no ataque envolvendo o cabeceio, exigindo força do pescoço e do abdômen para direcionar a bola de forma estratégica. A finalização pode ocorrer em diferentes áreas da quadra, como paralela, diagonal longa, meio-fundo ou com toques sutis em jogadas de menor intensidade, como pingo para trás e diagonal curta (RETT; CLARO, 2021), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Possíveis ataques utilizando o gesto técnico do cabeceio.



Fonte: Adaptado de (CECCONI, 2021).

Outra opção de execução do ataque é o *Shark Attack* (Figura 3), um movimento exclusivo do futevôlei, criado pelo ex-atleta Léo Tubarão (CALDAS, 2023). Inspirado na cortada do vôlei e na bicicleta do futebol, consistindo em um salto em direção à rede para atacar a bola com o solado dos pés, empurrando-a para o chão. É amplamente utilizado por atletas profissionais por sua eficiência no ataque (PEPE, 2023).

Figura 3 – Atleta realizando o gesto técnico de *Shark Attack*.



Fonte: (ZAKZAK, 2024).

Após um ataque, inicia-se uma nova etapa da partida, que exige uma defesa ou devolução para manter a bola em jogo. Esse fundamento busca evitar que a bola toque a areia, garantindo a continuidade do jogo e mantendo sua trajetória e velocidade ideais (CECCONI, 2021).

Observando por esta ótica, a presente pesquisa propõe-se estudar a aplicação de certos conceitos físicos no contexto da prática esportiva do futevôlei com foco específico nos princípios de cinemática e dinâmica que predominam nessa modalidade. A partir dessa análise, onde se pretende identificar e descrever os conceitos fundamentais da Física como momento linear, impulso linear e colisões, que estão intrinsecamente relacionadas aos movimentos e ações dos atletas durante o jogo.

Foram analisados, relacionados e discutidos os conteúdos presentes nas imagens em consonância com as temáticas acadêmicas propostas nesta pesquisa. A análise abrangeu de forma detalhada e associativa os tópicos de momento linear, impulso e colisões, buscando-se compreender a correlação entre esses conceitos físicos e a prática esportiva. Dessa maneira, procura-se estabelecer uma ponte entre o conhecimento acadêmico e os gestos técnicos presentes no esporte para assim entender a relação entre a prática esportiva e os conhecimentos acadêmicos.

## 2. Metodologia

Este estudo tem como objetivo analisar e relacionar alguns conceitos de cinemática e dinâmica no contexto da Mecânica, explorando suas aplicações no Futevôlei, por meio de um método de pesquisa com caráter experimental, pois se baseia nas observações de campo, análise de imagens e descrições teóricas, utilizando fontes primárias e secundárias para compreender a presença desses princípios físicos na modalidade esportiva.

Inicialmente, foram realizadas revisões bibliográficas sobre cinemática, dinâmica e futebol, fundamentadas em artigos científicos, livros e outras fontes. A pesquisa explora os princípios físicos do movimento, como trajetórias, forças e

interações mecânicas. Enquanto no futevôlei as pesquisas buscaram compreender a dinâmica do jogo e os gestos técnicos presentes na modalidade. Essa abordagem teórica é essencial para conectar teoria e prática, permitindo uma análise fundamentada e aprofundando o conhecimento científico na área.

Em seguida, foi desenvolvida uma pesquisa de ação, na qual a primeira autora participou ativamente, executando os movimentos estudados e relacionando-os com a temática acadêmica. Posteriormente, realizou-se uma pesquisa qualitativa, envolvendo a análise detalhada de imagens, com um processo interpretativo que considerou elementos visuais, suas conexões com os conceitos teóricos e suas implicações na prática esportiva.

A pesquisa exploratória foi essencial neste estudo, investigando a aplicação dos conceitos físicos no contexto esportivo. Esse aprofundamento permitiu ampliar o conhecimento em áreas com lacunas teóricas ou práticas, possibilitando a formulação de novas hipóteses para estudo. A abordagem sistemática buscou descrever, de forma clara e objetiva, questões específicas da modalidade, como os princípios físicos que regem o movimento e a dinâmica envolvida na prática esportiva. Dessa forma, a pesquisa também assumiu um caráter descritivo, detalhando e explicando conceitos diretamente relacionados à prática do futevôlei.

Para a pesquisa de campo, de caráter experimental, utilizou-se um *smartphone* para capturar imagens de um treino no CT Lúcio Futevôlei, localizado na praia da Ponta D'Areia na cidade de São Luís – MA. Observaram-se gestos técnicos e movimentos fundamentais da modalidade, registrando-se momentos relevantes, como a execução de fundamentos como chapa e peito. Além disso, simulou-se uma partida para capturar a dinâmica do jogo em condições realistas. Essa abordagem possibilitou identificar padrões, analisar movimentos e compreender como os atletas ajustam suas técnicas durante o treino.

Para a análise relacional e observacional dos conteúdos abordados e a prática esportiva, foram realizadas capturas de imagens pela pesquisadora Emilly Suellen Amorim Silva, tendo como objeto de estudo o atleta Leonardo Serra, praticante amador de futevôlei. As capturas ocorreram durante um treino na manhã de 15 de agosto de 2024, no Centro de Treinamento Lúcio Futevôlei. Utilizou-se uma bola de futevôlei da marca Mikasa, além de uma rede e uma fita de marcação de quadra, cujas marcas não foram identificadas.

As imagens capturadas durante o estudo foram manipuladas digitalmente utilizando o aplicativo *Photorom*, com o intuito de incluir componentes adicionais, como imagens vetoriais, trajetórias e demonstrações de colisões. Por ser um aplicativo de livre acesso, possibilitou a explicação da correlação entre os conhecimentos acadêmicos e os movimentos observados no esporte. As manipulações visaram aprimorar a visualização dos elementos de interesse e proporcionar uma análise mais detalhada dos fenômenos investigados ao longo do trabalho.

### 3. Resultados e Discussão

Alguns conceitos são analisados de maneira a destacar sua relevância para a compreensão e otimização dos gestos técnicos e das dinâmicas do esporte, relacionando as noções físicas com os aspectos práticos da atividade. Essa análise fornecerá uma base que contribuirá para o aprofundamento do entendimento sobre como alguns princípios físicos se aplicam e influenciam o desempenho no futevôlei.

### 3.1. Momento linear

Quando uma força externa age sobre um objeto, ela altera seu momento linear, modificando sua velocidade e, conseqüentemente, seu estado de movimento. Essa relação envolve grandezas físicas como massa, velocidade, tempo, impulso, força e aceleração, todas conectadas pelos princípios da mecânica (TIPLER, 2009), ou seja, para estudar esses conceitos, é fundamental compreender que há uma dependência direta entre a massa e a velocidade do corpo em questão, conforme a Eq. (1):

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (1)$$

Por ser uma grandeza vetorial, a direção e o sentido do momento linear serão os mesmos da velocidade, e sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) é Kg.m/s.

A Eq. (1) indica que a bola carrega uma quantidade de movimento proporcional à sua massa ( $m$ ) e velocidade ( $\vec{v}$ ). Quando o jogador aplica a “chapa” (Fig. 5), ele impõe uma nova força na bola, alterando o movimento.

### 3.2. Impulso linear

O momento linear de um corpo se conserva em sistemas isolados, a menos que forças externas atuem sobre ele. Quando forças externas significativas são aplicadas, elas alteram o momento linear de maneira abrupta em um curto intervalo de tempo, e essa variação está relacionada à segunda lei de Newton (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008), onde pode ser descrita como:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (2)$$

executando manipulações matemáticas tem-se que:

$$d\vec{p} = \vec{F}(t)dt, \quad (3)$$

integrando os dois lados em relação ao tempo, têm-se que:

$$\int_{p_i}^{p_f} d\vec{p} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)dt. \quad (4)$$

A variação do momento causada pela aplicação de uma força sobre um objeto em um curto intervalo de tempo é chamada de impulso. O impulso é utilizado para mensurar tanto a intensidade quanto o tempo de aplicação da força sobre o corpo (TIPLER, 2009), conforme Eq. (5):

$$\hat{I} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt. \quad (5)$$

A variação do momento linear de um objeto é igual ao impulso exercido sobre ele, considerando que o vetor intensidade e o vetor força estão orientados na mesma direção. O impulso não apenas altera a magnitude da velocidade, mas também pode modificar sua direção, influenciando diretamente o movimento do corpo.

Conclui-se que há uma relação direta entre impulso e variação do momento linear, sendo fundamental para compreender como forças externas afetam o comportamento dinâmico dos objetos em movimento em um sistema isolado (TIPLER, 2009). Quando uma força constante é aplicada por um intervalo de tempo, o impulso é igual à variação da quantidade de momento. Como mostra a expressão matemática a seguir:

$$\Delta\vec{p} = \hat{I}. \quad (6)$$

A relação entre impulso e momento linear pode variar conforme a situação. Em alguns casos, o impulso depende da variação do momento linear do objeto, enquanto em outras, a quantidade de momento linear depende do impulso aplicado. Isso ocorre, por exemplo, quando uma força é aplicada sobre um corpo em repouso,

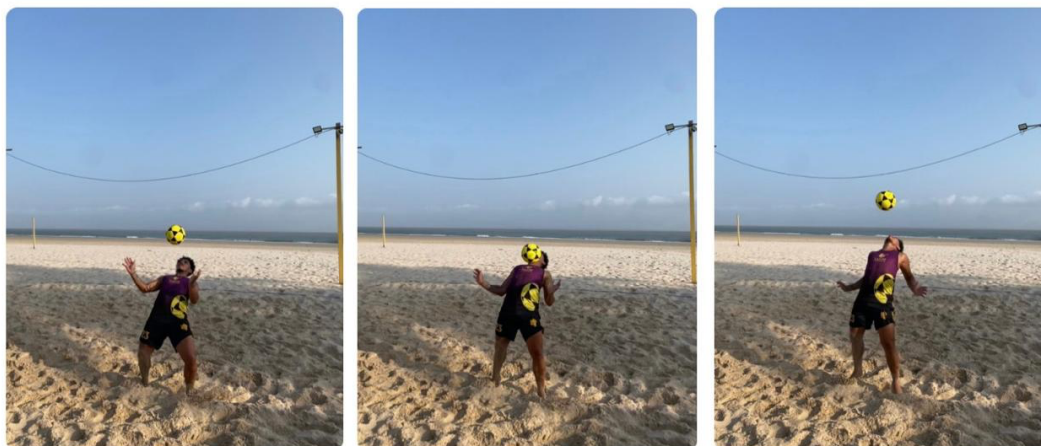
criando um momento linear. Em ambos os cenários, a interação entre impulso e momento é essencial para descrever e prever o comportamento dos sistemas em movimento (TIPLER, 2009).

Em termos práticos no futevôlei, as Eqs. (5) e (6) nos mostram que quanto maior a força aplicada ou maior o tempo de contato, maior será a mudança na velocidade da bola. Por exemplo, no gesto técnico da chapa (Figura 5), o jogador posiciona o pé de forma que maximize a precisão do impacto e direcione melhor o impulso.

### 3.3. Momento linear na execução do gesto técnico de peito

Ao analisar a Figura 4, verificou-se que o conceito de momento linear é evidente quando a bola colide com o peito do atleta, redirecionando e diminuindo sua velocidade. O impacto depende da distribuição da força na região do peito, e a velocidade final da bola é influenciada pelo ângulo de impacto e pela força aplicada pelo atleta.

Figura 4– Momento linear e Impulso linear no gesto técnico de peito.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Inicialmente, a bola possui um momento linear devido à sua massa e velocidade. Ao entrar em contato com o peito do atleta, o momento linear da bola é alterado pela força aplicada pelo atleta. Embora o momento linear seja conservado no sistema, sua direção e magnitude são ajustadas pelo atleta, redirecionando a bola.

Quando a bola é lançada para cima, ela sofre a influência da gravidade, que altera sua velocidade ao longo do trajeto. Inicialmente, a velocidade aumenta rapidamente devido à força aplicada, o que faz com que seu momento linear também aumente. No entanto, à medida que a bola sobe, a gravidade age contra o movimento, desacelerando-a gradualmente. Isso resulta na diminuição da velocidade e, conseqüentemente, na redução do momento linear da bola.

A força de arrasto, embora geralmente menor que a gravidade, também impacta a trajetória da bola, reduzindo sua velocidade e momento linear. Dessa forma, o momento linear da bola diminui continuamente ao longo da trajetória, até que, no ponto mais alto, a velocidade vertical se anula, resultando na anulação do momento linear nessa direção vertical (YOUNG; FREEDMAN, 2016).



No ponto mais alto da trajetória, a velocidade vertical da bola é nula, o que faz com que o momento linear vertical também seja zero. Esse é o momento de transição entre a fase ascendente e a fase descendente do movimento, onde a energia cinética vertical é completamente convertida em energia potencial gravitacional. Após esse ponto, a bola começa a ser acelerada novamente pela gravidade, aumentando sua velocidade e, conseqüentemente, seu momento linear na direção descendente (AGUIAR, 2011; AGUIAR e RUBINI, 2004).

Conforme a bola se aproxima do atleta que irá realizar o ataque, a aceleração gravitacional intensifica o movimento até o momento do impacto. Durante esse processo, a energia potencial gravitacional é convertida de volta em energia cinética, e o momento linear atinge seu valor máximo pouco antes do contato com o atleta, demonstrando a conservação do momento linear no sistema.

### **3.4. Impulso linear na execução do gesto técnico de peito**

O conceito de impulso linear se faz presente na modalidade para descrever a interação entre a bola e o atleta na execução de um movimento.

O movimento foi captado durante um "jogo-treino", simulando condições de uma partida oficial. Observou-se a chegada da bola em uma altura considerada "ideal" para o atleta executar o gesto técnico, um ponto na trajetória onde ele pode reagir rapidamente para maximizar a precisão do movimento. Essa situação ofereceu uma oportunidade valiosa para relacionar o conceito estudado com o gesto técnico presente na Figura 4.

Para uma execução eficaz do gesto técnico do peito, a bola entra em contato com a maior superfície do corpo do atleta, aplicando uma força em um curto intervalo de tempo. A força dos músculos inferiores altera a velocidade da bola e, conseqüentemente, seu momento linear. Esse efeito é explicado pelo teorema do impulso, onde a força aplicada modifica a velocidade e a trajetória da bola durante o impacto.

No caso do gesto técnico da Figura 4, o atleta aplica força com o peito para executar o ataque, sendo a intensidade e direção do impulso determinadas pela força e pelo tempo de contato com a bola. A areia, ao afetar o equilíbrio do jogador e dificultar a tração, exige uma postura mais flexível para manter o equilíbrio. Isso impacta no tempo e na precisão do impulso linear gerado no momento do contato com a bola.

### **3.5. Colisão**

Colisão, também podendo ser referenciada como choque ou impacto, analisa a interação entre corpos por meio da troca de forças em um curto intervalo de tempo. Estuda-se o comportamento dos corpos antes, durante e após o impacto, com foco nas conseqüências das forças aplicadas. As colisões podem ser classificadas como elásticas ou inelásticas (TIPLER, 2009).

Nas colisões elásticas, tanto a quantidade de movimento linear quanto a energia cinética total se mantêm conservadas. Após o impacto, os corpos retornam às suas velocidades e formas iniciais, sem perdas significativas de energia para outras formas, como calor ou som. Esse tipo de colisão ocorre em sistemas com corpos rígidos ou materiais elásticos, como bolas de bilhar, que mantêm seu comportamento elástico em determinadas situações. Na prática, colisões perfeitamente elásticas são raras, pois, mesmo em materiais rígidos, ocorre uma pequena dissipação de energia em forma de calor ou som, especialmente em impactos mais intensos.

Assim, a colisão elástica é um modelo teórico útil para compreender o comportamento idealizado dos corpos em colisões. Nas colisões elásticas, tanto a quantidade de momento linear quanto a energia cinética total do sistema são conservadas. Isso implica que, após o impacto, os corpos envolvidos retornam às suas velocidades e formas iniciais, sem perdas significativas de energia, como calor ou deformação (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

Nas colisões inelásticas, uma parte significativa da energia cinética do sistema é convertida em outras formas de energia, como energia interna dos corpos envolvidos. Isso pode se manifestar em deformações permanentes, calor ou som. Diferentemente das colisões elásticas, onde a energia cinética é conservada, nas colisões inelásticas há dissipação dessa energia (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

Apesar da dissipação de energia, a quantidade de momento linear total do sistema continua sendo conservada, conforme o princípio da conservação do momento linear. Nas colisões inelásticas, embora a energia cinética seja transformada em outras formas de energia, como calor ou deformações, a conservação do momento linear ainda se aplica, tornando a análise dessas interações mais complexas e exigindo uma consideração cuidadosa dos fatores envolvidos (TIPLER, 2009). Em adição, se a força externa durante a colisão for desprezível, ou se for considerada dentro de um intervalo de tempo bem curto, pode-se utilizar a seguinte equação que descreve a conservação do momento linear:

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}, \quad (7)$$

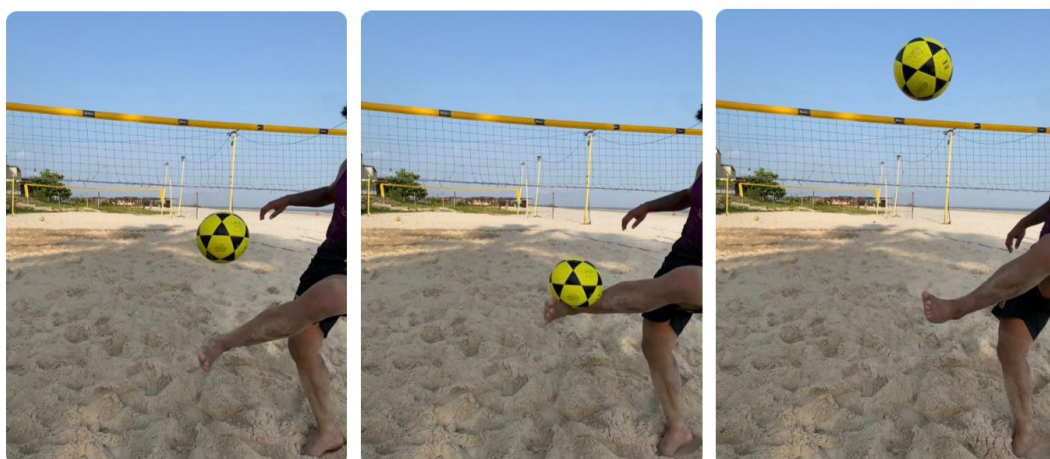
sendo que,  $m_1$  representa a massa da bola;  $\vec{v}_{1i}$  e  $\vec{v}_{1f}$  são as velocidades da bola antes e depois do impacto;  $m_2$  é a massa efetiva do pé do jogador;  $\vec{v}_{2i}$  e  $\vec{v}_{2f}$  são as velocidades do pé antes e depois do contato.

Assim, verifica-se que a Eq. (7) mostra que a interação entre pé e a bola seguirá uma troca de momento linear. Se o jogador aplicar um chute com alta velocidade, ele irá transferir mais momento para a bola, aumentando sua velocidade final.

### 3.6. Colisão e o gesto técnico de chapa

No movimento da chapa (Figura 5), o atleta visa impulsionar a bola com o máximo de altura possível, o que exige a aplicação de uma força proveniente dos músculos inferiores. Essa força provoca um impacto que resulta na deformação da bola, alterando seu movimento.

Figura 5 – Colisão presente em um gesto técnico da chapa.



Fonte: Autoria própria, 2025.

No experimento, a bola foi lançada em trajetória parabólica para otimizar a análise do impacto entre a bola e os pés do atleta, além da deformação resultante. A combinação das componentes horizontais e verticais de velocidade permitiu observar como a força aplicada pelo atleta afeta a deformação temporária da bola. A força aplicada comprime o material elástico da bola em um curto intervalo de tempo, permitindo avaliar a magnitude da força e a extensão da deformação, oferecendo uma visão detalhada do comportamento da bola.

Após a análise das imagens, observou-se uma colisão inelástica entre a bola e o corpo do atleta, caracterizada pela perda de energia mecânica, com parte da energia cinética convertida em deformação da bola e calor. Devido ao ambiente tridimensional e a presença de forças externas, como a resistência do ar, a quantidade de momento linear não se conservou integralmente.

A deformação da bola é crucial no impacto, pois parte da energia cinética é convertida temporariamente em energia potencial elástica armazenada no material da bola. Esse processo influencia a redistribuição de energia no sistema. No entanto, devido à elasticidade e capacidade de recuperação do material da bola, assim como às forças dissipativas envolvidas, nem toda a energia é recuperada após o impacto.

Para entender a natureza da colisão entre o pé e a bola, pode-se utilizar uma análise via coeficiente de restituição ( $e$ ), conforme a equação a seguir:

$$e = \frac{v_{rel,f}}{v_{rel,i}}, \quad (8)$$

onde,  $v_{rel,f}$  representa a velocidade relativa da bola em relação ao pé após a colisão e,  $v_{rel,i}$  é a velocidade relativa antes da colisão. Esse coeficiente de restituição deve variar entre 0 (colisão perfeitamente inelástica, em que a bola gruda no pé) e 1 (colisão perfeitamente elástica, em que não há perda de energia cinética). Evidencia-se no contexto do futevôlei que em um chute, se espera um coeficiente próximo de 1, pois a bola precisa ser rebatida com eficiência para manter o jogo dinâmico.

O atrito com o ar contribui para a dissipação de energia, agravando a perda no sistema e reduzindo a quantidade de movimento da bola após a colisão. Isso resulta em um movimento pós-impacto consideravelmente diminuído, evidenciando a influência combinada da deformação e do atrito no comportamento do sistema.

Em nosso estudo, houve uma transferência significativa de energia cinética para a bola devido à força muscular do atleta, permitindo que a bola alcançasse uma nova velocidade após o impacto, apesar das perdas causadas pela deformação e pelo atrito. Embora o sistema tenha sofrido alterações inelásticas, a energia gerada pela força do jogador foi essencial para o movimento.

#### 4. Considerações Finais

Na prática esportiva, muitas vezes há uma separação entre os conceitos acadêmicos que fundamentam suas bases. No entanto, ao relacionar teoria e prática, é possível explorar e compreender uma variedade de conceitos essenciais para o esporte. Esta pesquisa teve como objetivo analisar e discutir os conceitos de momento linear, impulso linear e colisões aplicando-os a situações específicas observadas durante uma partida de futevôlei. Esse enfoque permitiu uma análise mais detalhada, promovendo uma compreensão mais abrangente das dinâmicas envolvidas no contexto esportivo. Identificou-se claramente a interação entre alguns

conceitos teóricos da mecânica e os gestos técnicos característicos do Futevôlei. A análise detalhada dos movimentos dos praticantes evidenciou a importância dos princípios físicos, que desempenharam um papel fundamental na estruturação da pesquisa, obtendo resultados consistentes e permitindo a identificação dos fenômenos analisados. Conceitos presentes nos tópicos de cinemática e dinâmica foram aplicados para entender a execução dos movimentos, considerando fatores como força e velocidade dos atletas e dos componentes envolvidos na modalidade. A aplicação desses conceitos proporcionou uma compreensão mais profunda dos movimentos que regem o esporte, evidenciando como os princípios da Física são essenciais para o desempenho e a execução técnica no contexto esportivo. Isso permitiu uma integração mais eficaz entre teoria e prática no estudo da mecânica aplicada ao Futevôlei.

## Referências

- AGUIAR, C. E. Aerodinâmica da bola de futebol: da Copa de 70 à Jabulani. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.
- AGUIAR, C. E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, p. 297–306, 2004.
- BORGES, L. C. Validação de um instrumento observacional de padrões táticos no futevôlei. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Educação Física.
- CALDAS, M. D. F. N. Prevalências de lesões musculoesqueléticas em atletas de futevôlei na cidade de patos-pb. *Repositório Institucional do Unifip*, v. 8, n. 1, 2023.
- CECCONI, E. Futevôlei: compreender para jogar (melhor). [S.I.]: Editora Appris, 2021.
- FPFv. História do Futevôlei. 2009. Disponível em: <<https://futevoleisp.com.br/historia-do-futevolei/>>. Acessado em: 23 jul. 2024.
- Futevôlei Cazu. Futevôlei Cazu. 2020. <<https://www.pequita.com/futevolei-cazu>>. Acesso em: 2024-07-24.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física, Volume 1. 8. ed. [S.I.]: LTC, 2008.
- MOREIRA, G. S. Liderança no esporte: perfis de liderança de treinadores de futevôlei. Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, 2020.
- MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, SciELO Brasil, v. 16, p. 185–206, 2014.
- NETO, J. V. da C.; COSTA, V. L. de M. Memória do futevôlei: Discursos dos pioneiros. Congresso Brasileiro de História do Esporte, Lazer, Educação Física e Dança, 2006.

PEIXOTO, J. P. B. O futevôlei como conteúdo de educação física: uma reflexão sobre possibilidades de inclusão nas aulas práticas no âmbito escolar. Universidade Estadual de Goiás, 2022.

PEPE, P. Futevôlei: Matemática. 2023. Acesso em: 26 de agosto de 2024. Disponível em: <<https://see-saw.com.br/wp-content/uploads/2023/11/Futevolei.pdf>>.

REIS, R. R. Análise sobre o processo de desenvolvimento das modalidades esportivas e suas organizações nacionais e internacionais: Um estudo sobre o futevôlei. Faculdade de Educação Física-Unicamp, 2021.

RETT, J. P. S.; CLARO, R. F. T. Futevôlei: uma proposta para iniciação esportiva. Revistas Publicadas FIJ-até 2022, v. 3, n. 1, 2021.

SOUZA, G. H. V. de; GALATTI, L. R. Pedagogia do esporte e iniciação ao futevôlei: uma proposta didática a partir da expansão das superfícies de prática do jogo. 2008. <<https://www.efdeportes.com/efd127/pedagogia-do-esporte-e-iniciacao-ao-futevolei.htm>>. Acesso em: 2024-07-23.

TARNOPOLSKY, S.; SOIBELMAN, F. Futevôlei.com.br. 2002. <<http://www.futevolei.com.br/index.html>>. Accessed: 2023-10-09.

TIPLER, Paul A; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações, ondas e termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.1, 759p.

SEARS, Francis; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; ZEMANSKY, Mark Waldo. Física I: MECÂNICA. 14. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2015. 448p.

ZAKZAK, S. Futevôlei: 4ª Etapa do Circuito Ipê acontece neste fim de semana. 2024. <<https://portalcontexto.com/futevolei-4a-etapa-do-circuito-ipe-acontece-neste-fim-de-semana/>>. Acesso em: 24 dez. 2024.