

FÍSICA DA CORRIDA – BIOMECÂNICA E ARRASTO

BARROS, Alyson Fernando
3116254

STIER, Paulo Henrique

RESUMO

A física que descreve matematicamente o comportamento da natureza pode ser aplicada em situações do esporte, onde para o deslocamento de um corredor observamos diversas variáveis físicas que interferem no desempenho do atleta, o trabalho tem como objetivo não só abordar qualitativamente essas variáveis, mas também quantitativamente, por isso optou-se por uma abordagem mista entre pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo, onde na etapa inicial foi estudado a aplicação da física nas técnicas de corrida, com destaque para duas áreas, a aerodinâmica e a biomecânica onde na primeira foi avaliado alguns fatores que alteram a resistência do ar, e na segunda área, fatores corporais que podem tanto auxiliar quanto atrapalhar no desempenho do corredor, como objeto imerso em um fluido era esperado que a interação com o ar tivesse impacto na trajetória, e parte desse impacto pode ser amenizado com a utilização dos braços, na pesquisa obtivemos que a utilização dos braços reduziu cerca de 5,67% do arrasto, fatores como superfície de contato e estabilização do centro de massa também foram avaliados.

Palavras-chave: Sprint. Arrasto. Física do esporte. Física da corrida. Biomecânica.

1. Introdução

O mundo apesar de ser regido pelas leis da física, no cotidiano não é comum utilizar a física para entender melhor o esporte, as melhorias no desempenho esportivo são chamadas de técnicas, que embora normalmente não seja de conhecimento dos atletas elas são exclusivamente baseadas no uso da física e biomecânica para melhorar os resultados, tendo isso em mente o objetivo desse trabalho é analisar as técnicas utilizadas na corrida, em especial nos sprints (corridas curtas de velocidade) e apontar a física por trás de cada ação, o trabalho foi dividido possui uma abordagem mista, iniciando com uma pesquisa qualitativa e concluindo com uma pesquisa quantitativa, assim mensurando a relevância de fatores físicos por meio de experiências de corrida, alterando técnicas e cronometrando o tempo de cara sprint, assim podendo estimar o impacto dos seguintes fatores, atrito com o ar e com o solo, equilíbrio, área de contato tanto com o ar quanto com o solo, todos os itens acima estão ligados a física do movimento, mas existe também fatores antropométricos,

como altura, comprimento dos braços e pernas, largura dos ombros e circunferência da perna sendo esse último atrelado a força que um indivíduo pode gerar, o atletismo é considerado o esporte mais nobre das olimpíadas, pois envolve boa parte dos músculos do corpo humano durante a corrida, e na física também envolve boa parte dos conceitos da mecânica clássica e alguns tópicos mecânica dos fluidos, para quantificar a relevância de cada termo, será realizado uma pesquisa de campo com 15 voluntários onde irão correr 5 sprints com diferentes modalidades sendo o primeiro disparo como controle e os outros 4 terão o intuito de separar as variáveis e destacar a relevância de cada termo mencionado acima.

2. Metodologia

A pesquisa é constituída por uma abordagem mista, que visa analisar a relevância de fatores como, arrasto, atrito, direção do vetor de força e posição do centro de massa, para isso o artigo inicia com uma pesquisa qualitativa que tem como alvo as técnicas de corrida, assim analisando a importância da física no esporte, técnicas que visam tanto reduzir o efeito das forças dissipativas como o arrasto e o atrito com o solo, quanto melhorar a biomecânica e vetorização da força de impulsão, a última parte do trabalho teve uma abordagem quantitativa buscando mensurar o impacto que a utilização do braço, a diminuição do atrito com o solo e a posição do centro de massa possuem no tempo final de execução do sprint, mais especificamente na fase de aceleração da corrida (30 m).

A fase de pesquisa bibliográfica foi dividida em duas etapas, sendo a primeira a busca pelas técnicas de corrida, por se tratar de um tema amplamente divulgado ao público geral a primeira etapa pode ser pesquisada em plataformas convencionais como o youtube, a segunda etapa da pesquisa bibliográfica consistiu na busca por artigos de biomecânica da corrida, onde a principal plataforma foi o Google Acadêmico, para o tema “Biomecânica da corrida” foram encontrados 9700 trabalhos relacionados e para “Biomecânica do atletismo” 3560, sendo selecionados alguns trabalhos para uma análise mais aprofundada, sendo eles Biomecânica do Esporte e do Exercício (2015), análise e comparação das alterações biomecânicas associadas a corrida com arrasto (2008), A biomecânica e a Educação Física (2007) e Dynamic contribution analysis on the propulsion mechanism of sprinter

during initial acceleration phase (2016), com o estudo dos artigos acima e com o conhecimento das técnicas de corrida foi possível evidenciar a aplicação da física em cada etapa do movimento, servindo de base para a elaboração desse trabalho.

A parte quantitativa da pesquisa foi realizada por meio de 15 voluntários realizando 5 sprints de 30 m correspondente a fase de aceleração da corrida, com algumas variações entre cada disparo com o objetivo de evidenciar o efeito da variável analisada no tempo final da prova, sendo o primeiro sprint a corrida livre, para efeito de controle e comparação, o segundo sprint foi a corrida com os braços cruzados, que aumentava o arrasto e diminuía o tempo final da prova, o terceiro sprint foi a corrida na ponta dos pés (região da falange) que reduziu o atrito com o solo, apresentando um melhor desempenho, o quarto sprint foi a corrida sincronizando braços e pernas, por exemplo, braço direito se movimentando em conjunto com a perna direita, causando um desvio do centro de massa, aumentando o percurso realizado, logo diminuindo o tempo e eficiência da corrida, o último sprint não teve como objetivo avaliar técnicas de corrida, mas uma brincadeira e estilo de corrida chamada corrida Naruto, oriunda do anime de mesmo nome, essa corrida tem como objetivo reduzir a superfície de contato com o ar, no entanto, ignora a aerodinâmica e o equilíbrio.

3. Física e biomecânica

Ao observarmos um corredor mais atentamente notamos alguns fatores que agem tanto para o desempenho do atleta quanto para a frenagem do mesmo, e a somatória desses fatores levam a composição da velocidade final, segundo Passos. P& Outros (2017) a velocidade final é o produto do comprimento da passada pela frequência de passos ($V = \lambda \cdot f$), onde o comprimento da passada está atrelado a fatores antropométricos e a frequência a fatores físicos, logo, na prática há diversos fatores a serem avaliados, como a interação do corpo com o fluido, no caso o ar, o atrito com o solo, onde a biomecânica da corrida influencia, a força muscular do atleta.

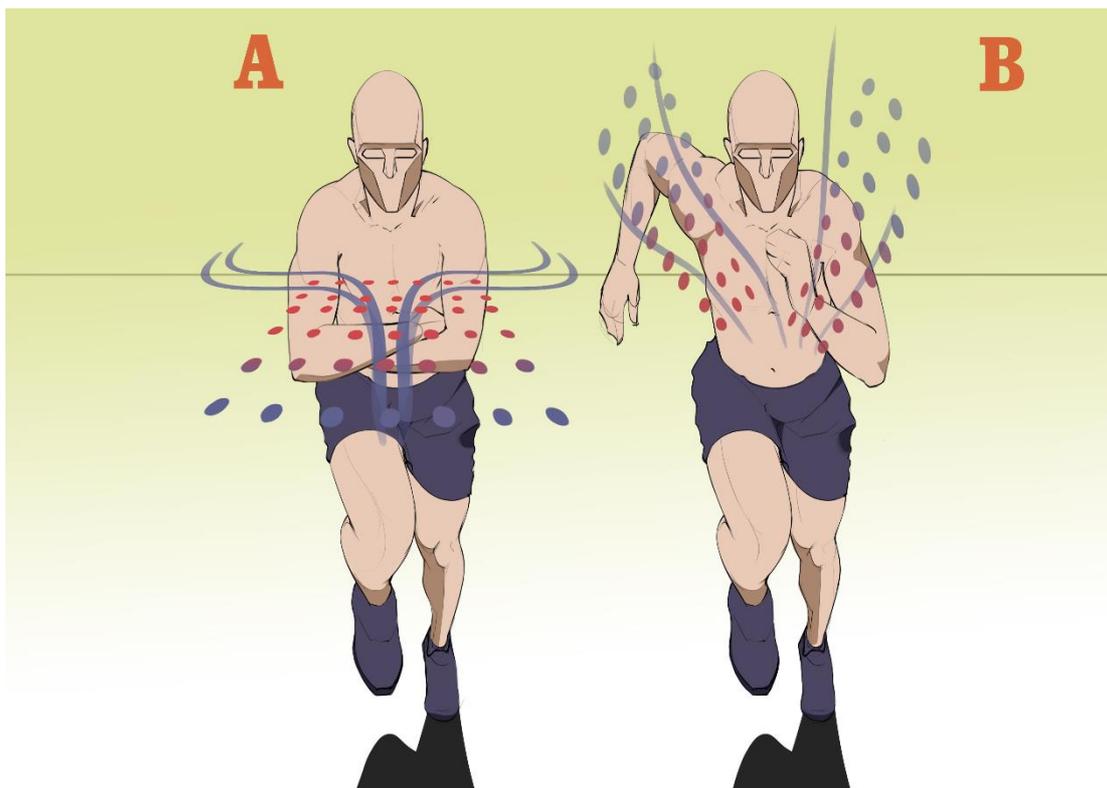
3.1 ARRASTO

É intuitivo que qualquer superfície aerodinâmica possui um perfil fino (streamlined body), observado a corrida humana, fica fácil de compreender a importância da movimentação dos braços, onde a movimentação correta dele é uma

das técnicas de corrida que impacta diretamente a velocidade do atleta, no experimento realizado foi observado que o uso do braço interfere em média 5,67% no tempo final de um sprints de 30 m, considerando que a força de arrasto é proporcional ao quadrado da velocidade, em corridas mais longas o impacto da será mais significativo, a não utilização dos braços implica em que o ar estará se chocando diretamente com o corpo do atleta que não tem perfil aerodinâmico (blunt body), analisando a diferença entre os corpos vemos que no blunt body há uma forte troca de momento linear entre o corpo do atleta e as partículas presentes no ar e o corpo, sabendo que o momento linear é dado por $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$, e que 1 m^3 de ar pesa aproximadamente $1,3 \text{ Kg}$, é visível que o momento linear fica dependente da velocidade, também nota-se que o atrito com o ar não é desprezível, em streamlined body o ar que passa rente ao corpo adere à superfície da pele por força de adesão criando uma camada limite ou camada de Prandtl, e a viscosidade do ar dessa camada permite que o corpo deslize com maior facilidade, na aerodinâmica o arrasto é dividido entre arrasto de pressão, provocado pela colisão direta entre ar e superfície e arrasto de fricção, as vezes chamado de arrasto parasita, que é o arrasto gerado pela aderência do fluido ao corpo, logo a principal utilidade das técnicas de braços é a diminuição do arrasto de pressão provocada pela melhor aerodinâmica das mãos e braços, considerando a força de arrasto como $f_a = \frac{1}{2} C_a \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$ ¹(O fator velocidade na equação diz respeito a quantidade de colisões por tempo), podemos perceber que a utilização otimizada dos braços afeta diretamente o coeficiente de atrito (C_a), que para humanos em pé varia entre 1.0 e 1.3, podemos extrapolar o C_a da mão humana para um formato que tende à um aerofólio, sendo o coeficiente de arrasto desse 0,04, muito inferior ao coeficiente produzido por uma pessoa em pé, e o braço humano pode ser aproximado para um cilindro sendo que o coeficiente de arrasto dele é cerca de 0,6 podemos estimar um coeficiente de arrasto médio muito inferior se utilizarmos os braços a frente do corpo. Após o ar colidir com o braço parte será deslocado para trás do corpo e parte será deslocada para a parte frontal do corpo, porém essa segunda parcela irá colidir com o corpo com uma velocidade relativa menor, diminuindo também o arrasto.

¹ Um fator que não foi abordado no trabalho, mas interessante é o uso de camisetas específicas para corrida, elas são rente ao corpo, pois dessa forma diminuem a área de contato entre o fluido e o sistema corpo + roupa, consequentemente diminuindo a força de arrasto.

Figura 1: fluxo de ar



Fonte: Michel Machado do Couto, 2021.

Também faz parte das técnicas de corrida a mãe aberta, que altera o C_d de 1,05 (cubo) para algo ligeiramente superior a 0,04 (aerofólio), os benefícios da movimentação dos braços são acumulativo ao longo da corrida, logo o atleta que não utiliza corretamente o braço, acabará por desperdiçar muita energia ao longo do trajeto tendo que realizar uma força maior para compensar o arrasto, além do fato de que em um ambiente competitivo qualquer vantagem é aproveitada, diminuindo a quantidade de partículas se chocando diretamente contra nós na prática estamos utilizando a força muscular dos braços que não são tão exigidos durante a corrida para otimizar o desempenho tornando a corrida um esporte que exige esforço do corpo como um todo.

3.2 Atrito com o Solo e Biomêcanica

A postura inicial² de um corredor de velocidade (sprint) na fase de aceleração (de 0 até 20 ou 30 m), consiste em 3 fatores, primeiro, estar com o tronco inclinado de forma em que o centro de massa (CM) esteja a frente do apoio do pé facilitando a

² A corrida da velocidade é dividida em 5 etapas, sendo a primeira o tempo de reação entre a largada e o estímulo muscular e a segunda a fase de aceleração.

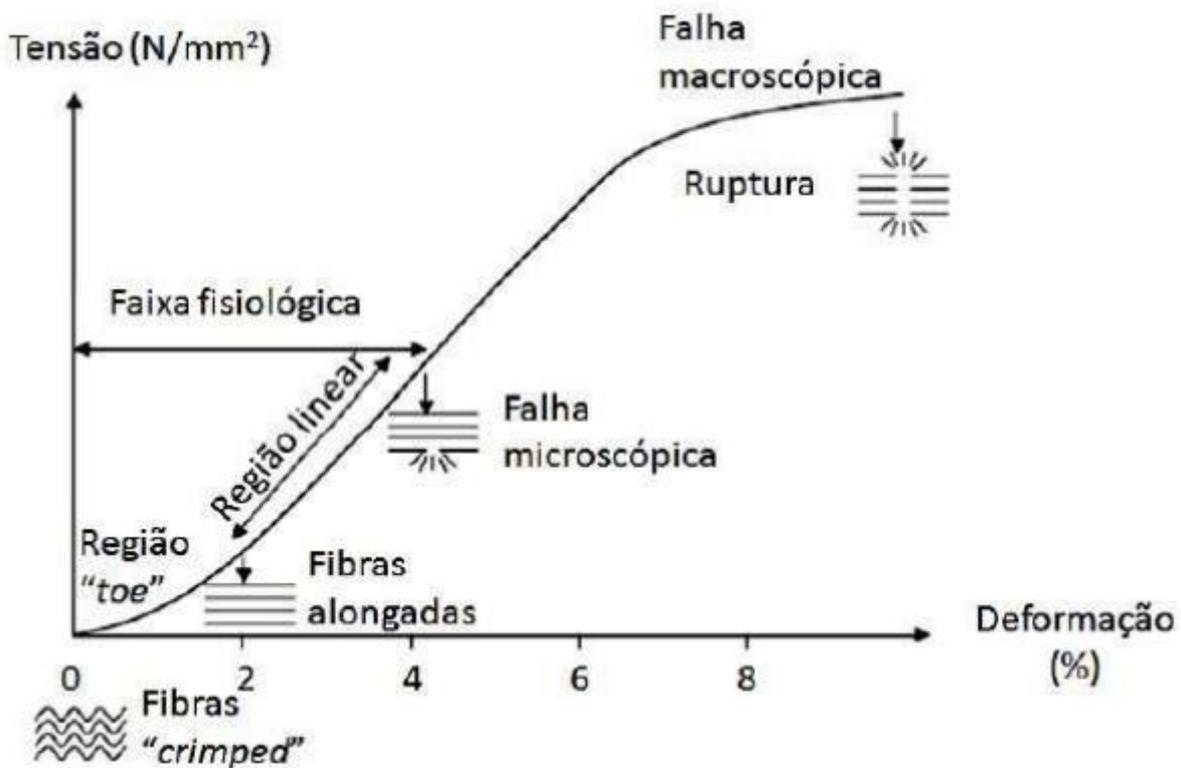
biomecânica do corpo, segundo, estar apoiado sempre sobre os dedos do pé e com o calcanhar levantado, diminuindo o atrito com o solo, embora normalmente consideramos na física o atrito sendo independente da área, pois mesmo que uma área maior provoque mais interações entre as microfissuras do material e o solo, também há uma diminuição da pressão exercida pela força peso, no entanto essa regra é válida apenas para corpos rígidos, se tratando de materiais elásticos (Modulo de Young baixo) como a borracha e a pele humana a relação entre pressão e coeficiente de atrito não é linear, pois a elasticidade do corpo faz com que o mesmo possa penetrar nas microfissuras do solo³ com maior facilidade, logo a diminuição da área de contato é de fundamental importância para a redução do coeficiente de atrito como bem explicado no texto “THE ABSOLUTE GUIDE TO THE RACING TYRES – PART 1: LATERAL FORCE” de Rodrigo Oliveira Santos de 2014. O terceiro fator, é deixar a perna predominante à frente, pois o coeficiente de atrito estático é sempre superior ao cinético ($\mu_e > \mu_c$), portanto é sensato utilizar a perna mais forte para dar a propulsão inicial sabendo que o atrito com o solo será maior, a somatória desses 3 fatores auxiliam a biomecânica permitindo que o corpo entre na fase de propulsão⁴ rapidamente, permitindo que a fase de entrada e propulsão sejam as mesmas, ideal para acelerações rápidas, mas cansativo demais para ser mantido por longos períodos, na aceleração elevamos bastante o joelho utilizando o corpo como uma mola onde o sistema tendões-ligamentos-músculos está guardando energia da mola para “explodir” convertendo em energia cinética ($E_{i_m} = E_{f_c} \rightarrow \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2}$), onde k é a constante de elasticidade do tendão e x o comprimento em que ele é deformado, portanto a amplitude do movimento impacta diretamente na energia elástica que será armazenada e transformada em cinética, por esse motivo quando queremos saltar mais alto aumentamos a amplitude dos movimentos assim aumentando a deformação do tendão consequentemente a energia da mola, no entanto essa lógica não se aplica integralmente na corrida, pois ao aumentarmos a amplitude da perna (ângulo entre o glúteo e o quadríceps), estamos também aumentando o tempo para realizar uma propulsão e outra, e considerando a fórmula $V = \lambda \cdot f$, se demormos muito entre as passadas

³ Por esse motivo é importante a calibração adequada dos pneus, pois uma pressão maior do que o indicado tornaria o pneu mais rígido, diminuindo o atrito com o solo e uma menor pressão aumentaria o atrito aumentando também a gasolina necessária para move-lo.

⁴ Fase onde os músculos do quadril e da coxa se contraem impulsionando o corpo para frente.

perdemos rendimento, logo há um limite onde essa puxada é eficiente, olhando para a figura 2, vemos que conforme o tendão se aproxima da deformação máxima, a taxa de crescimento da curva (crescimento da energia elástica) reduz, logo deixa de ser útil alcançarmos a maior quantidade de energia elástica possível, nós naturalmente buscamos o melhor ponto de equilíbrio entre deformação do tendão e tempo da passada.

Figura 2: Curva tensão-deformação



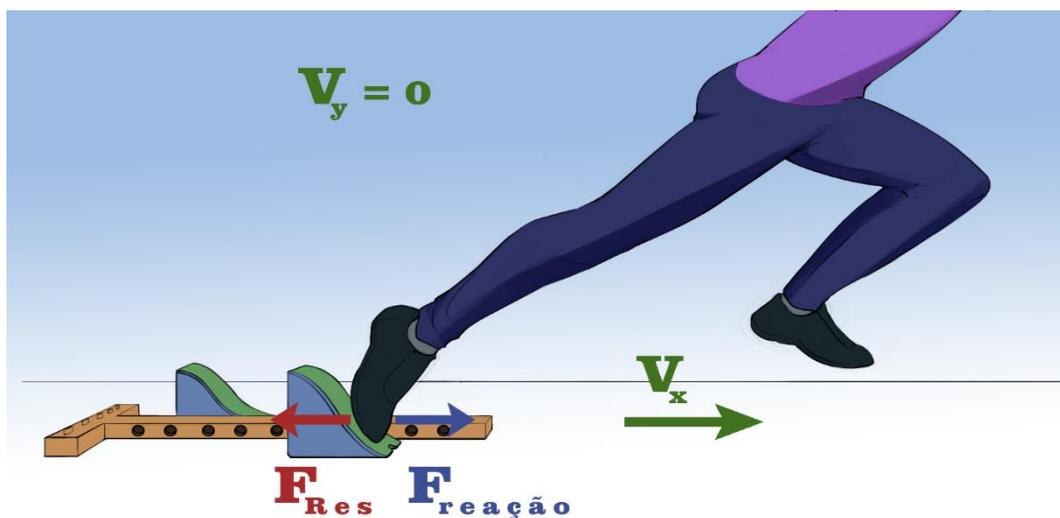
Fonte: Oliveira A., (2016)

3.3 Inclinação do Corpo

É comum atletas inclinarem o corpo no momento de uma arrancada e há dois bons motivos para isso, o primeiro é que inclinando o corpo estamos diminuindo a superfície de contato com o ar ($f_a = \frac{1}{2} C_a \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$), assim diminuindo a força de arrasto e o segundo é que na posição onde inclinamos o corpo a biomecânica do movimento faz com que o vetor força resultante esteja direcionado para trás logo o

corpo será impulsionado para frente maximizando o desempenho, a diferença entre saltar e correr está na direção da propulsão, onde no salto estamos fazendo um ângulo de aproximadamente 90° com a horizontal logo temos que $v_y = v \cdot \cos(0) = v \therefore v_x = v \cos(90) = 0$, então toda a velocidade está sendo direcionada na direção desejada, porém ao correremos o vetor velocidade não aponta exatamente para frente e estamos constantemente decompondo a velocidade entre as componentes x e y, para uma melhor eficiência da propulsão na corrida precisamos que o ângulo entre a força exercida pelo corpo e o solo seja o mais próximo de 0° , para corridas profissionais a forma de contornar esse problema na arrancada é utilizando sprints blocks ou blocos de arranque, conforme mostrado na figura 3, aproximando o ângulo entre o pé e o solo de 0° o atleta consegue aproveitar toda a velocidade gerada para se impulsionar horizontalmente, em corridas sem o sprint block, a inclinação do corpo no momento de arranque auxilia a direcionar o vetor força muscular para trás.

Figura 3: Arrancada



Fonte: Miche Machado do Couto, 2021.

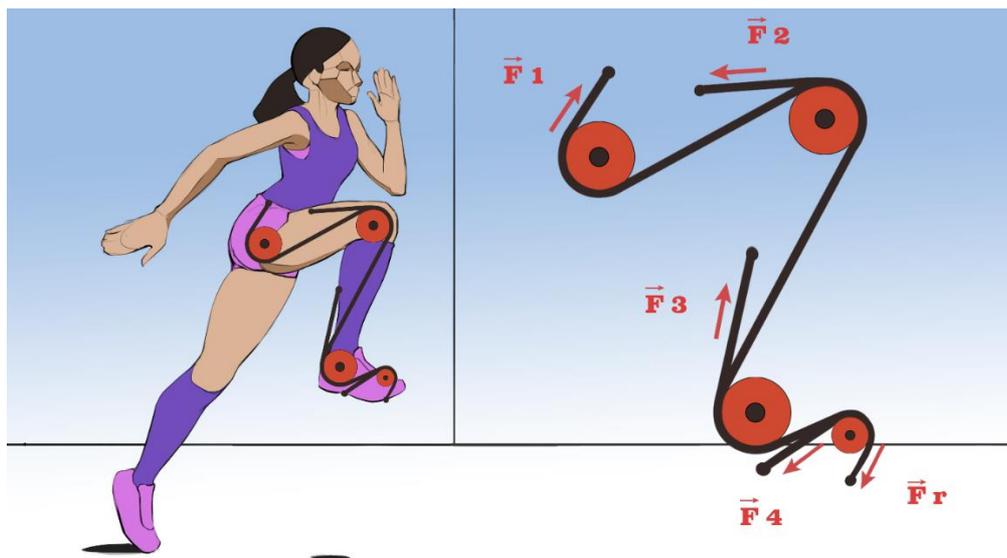
Podemos decompor a aceleração em aceleração centrípeta e tangencial ($\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t$), sendo uma responsável pela rotação do corpo e outra pelo movimento em linha reta, no caso de um corredor, a primeira seria causada pelo peso, enquanto a segunda pela força muscular do atleta, para mantermos o corpo em pé é necessário que $\vec{a}_t > \vec{a}_c$, nesse caso a força centrípeta atuante no atleta seria a força gravitacional e a aceleração seria g , portanto a condição para não cairmos é $\vec{a}_t > g$, e o único

momento em que conseguimos manter essa condição é imediatamente após a largada, depois dos primeiros instantes o atleta é obrigado a se levantar de tal forma que a força normal se equilibre com a força peso, perdendo os benefícios da diminuição do arrasto e do ângulo de propulsão mas evitando quedas.

3.4 Força muscular e impulsão

A força de impulsão é gerada basicamente por 4 agrupamentos musculares sendo eles, isquiotibiais, panturrilha, quadríceps e glúteo, o estudo de Nagai & Outros de 2015 aponta a relevância da flexão plantar (é o movimento de apontar dos dedos para baixo) e que maiores torques na flexão plantar são cruciais na aceleração, na prática é o movimento de correr tocando a ponta do pé no chão, que além de reduzir drasticamente o atrito com o solo como visto anteriormente, faz com que o corpo utilize também a musculatura da panturrilha na corrida, pode-se considerar o corpo como um sistema de polias, como visto na figura 4, onde cada agrupamento muscular gera uma tensão no sistema ossos-tendões gerando uma força resultante no solo, impulsionando o corredor para frente.

Figura 4: Força muscular e sistema de polias



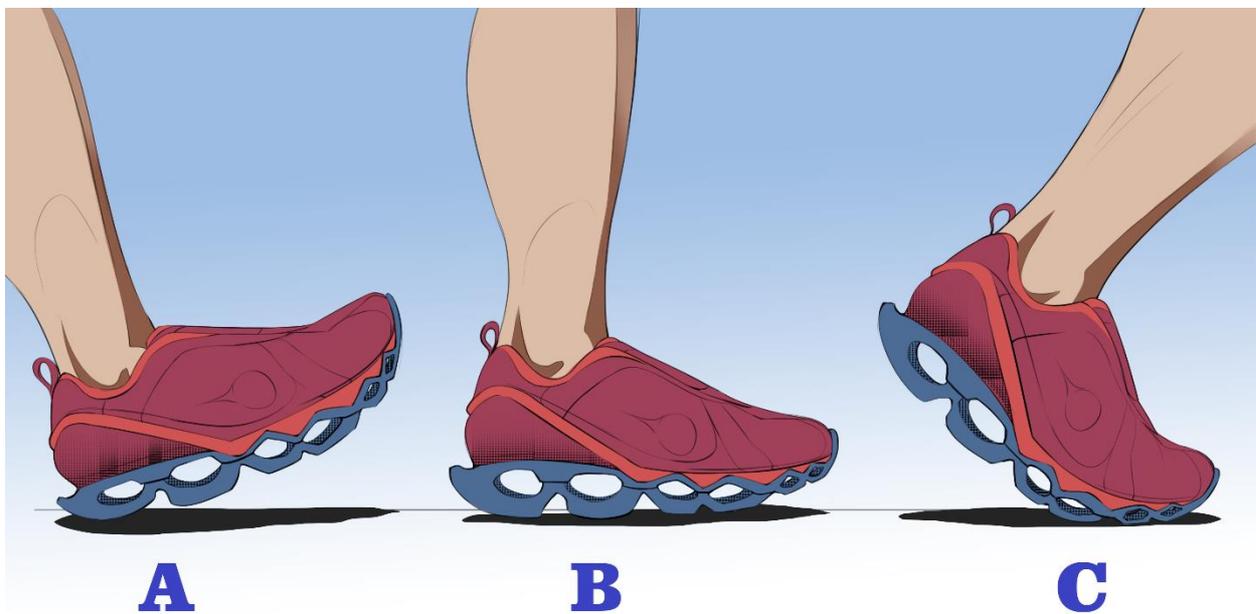
Fonte: Michel Machado do Couto, 2021.

Utilizando a 2ª lei de Newton no sistema de impulsão temos, $F_r = m \cdot a = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$, e a força resultante efetiva, aquela que propulsiona o corpo para direção do deslocamento, considerando $v_0 = t_0 = 0$ é dada por $F_{re} = F_{glúteo} + F_{quadriceps} + F_{panturrilha} = \frac{mv}{t} \cdot \cos(\theta)$, onde θ é ângulo entre a direção do movimento e a força exercida, um fator de análise biomecânica é averiguar se o corredor possui uma oscilação de altura durante as passadas, pois caso aconteça significa que está desperdiçando energia se impulsionando para cima, oque também aumenta o impacto nas articulações.

3.5 Entrada do pé

Existem três tipos de passada, como ilustra a figura abaixo, onde cada uma deve ser utilizada no momento correto, e faz parte das técnicas de corridas saber o uso adequado de cada passada, saber o momento certo de usa-las é essencial para uma economia de energia e um bom desempenho no esporte, é comum corredores iniciantes não dominarem essa técnica.

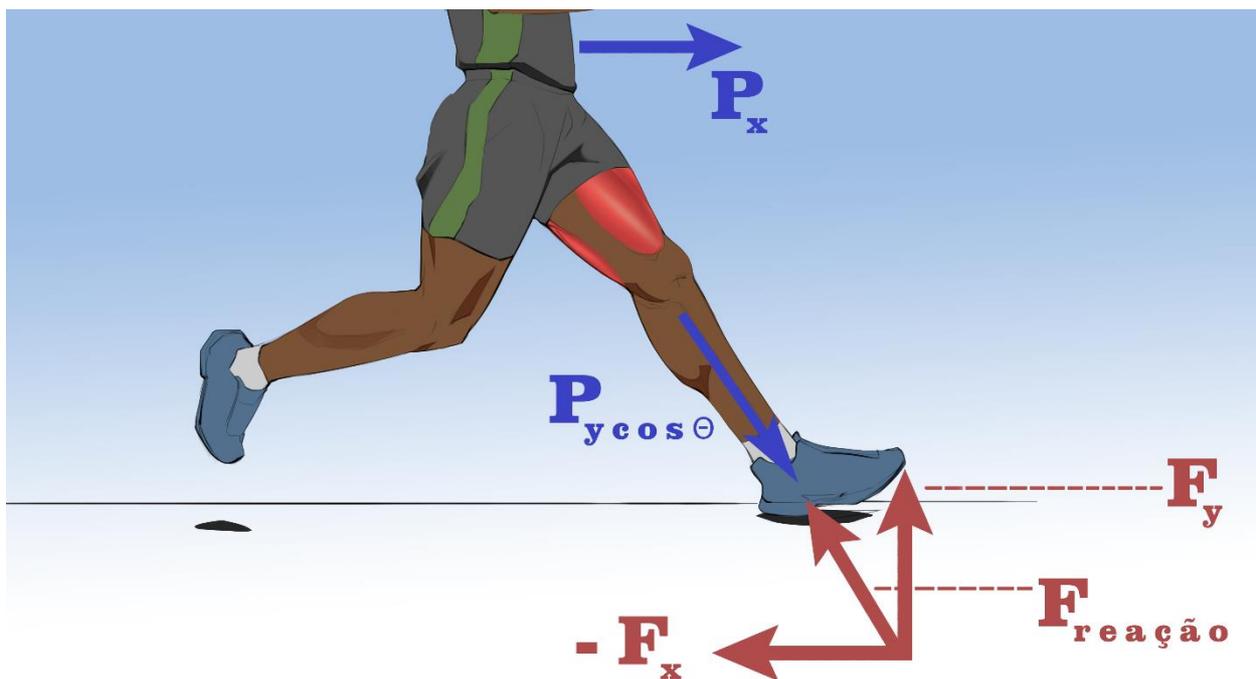
Figura 5: Tipos de pisada.



Fonte: Michel Machado do Couto, 2021.

A primeira passada é ideal para a fase de desaceleração por dois motivos, a primeira é a força normal de reação ao momento (causado pelo deslocamento), quando tocamos com o calcanhar no solo a força normal tem componentes apontando para trás, diminuindo a nossa velocidade como mostrado na figura 6, o segundo motivo é o fator biomecânico, ao tocar o solo com o calcanhar por inercia o peso do corpo é lançado sobre as articulações do joelho, que age como amortecedores, e ao enrijecermos os músculos da perna estamos dificultando a rotação dele, dissipando gradualmente a energia cinética no impacto com o solo, se um corredor não desejar frear, a utilização dessa passada é um empecilho constante ao movimento, que além dos fatores acima ainda haveria um atraso entre a fase de entrada e a de propulsão, pois haveria um tempo entre o calcanhar tocar o solo e a inercia do corpo jogá-lo para frente onde vamos empurrar o chão para continuar o movimento, na equação $V = \lambda \cdot f$, esse atraso diminuiria a frequência da passada consequentemente a velocidade da corrida.

Figura 6: Vetores de momento e força de reação



Fonte: Michel Machado do Couto, 2021.

Na segunda passada o pé toca o chão como um todo, e a força normal aponta para cima, compensando o peso, pela inercia o corpo tende a continuar seu deslocamento para frente, mas dessa vez com um amortecimento menor se comparado à primeira passada, ao não contrairmos as musculaturas do pé e tornozelo

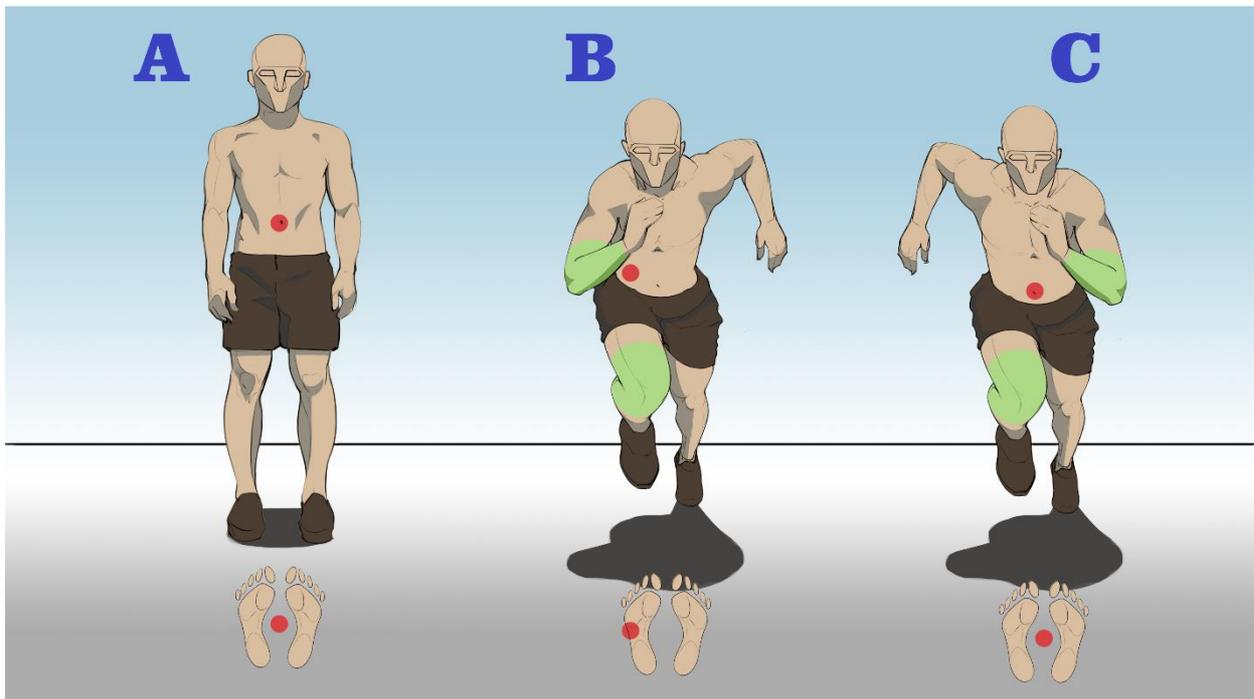
permitimos que a inércia gire o tornozelo suficientemente para nos deixar novamente na fase de propulsão onde contraímos o quadríceps esticando a perna e nos impulsionando, a vantagem dessa passada é a diminuição da exigência muscular, tornando a corrida viável em percursos maiores, há um aumento no coeficiente de atrito se comparado com a entrada do com o ultimo tipo de passada e um aumento no tempo entre as fases de entrada e propulsão.

Na figura 5 imagem C não há amortecimento do impacto e as fases de entrada e propulsão são as mesmas, pois quando o pé toca o chão haverá a explosão dos músculos do quadríceps e panturrilha impulsionando o corpo para frente, além de reduzir significativamente o atrito com o solo, portanto é ideal para acelerações rápidas, logo esse método aumenta a frequência de passadas, diminui a energia dissipada pelas articulações e diminui o atrito com o solo, no entanto há um alto custo energético, e o impacto nas articulações é brusco, por isso sendo ideal apenas para acelerações curtas.

3.6 Equilíbrio e Centro de massa

Como bípedes o ser humano possui naturalmente uma maior dificuldade em garantir o seu equilíbrio, para termos estabilidade no movimento e melhor desempenho é necessário que o centro de massa (C.M) fique estável tanto no eixo lateral quanto no eixo sagital, a estabilidade do C.M além de garantir que nenhuma parte do corpo será sobrecarregar de forma assimétrica, garante que o centro de massa estará se locomovendo em linha reta, uma falta de equilíbrio ou uma técnica inadequada de corrida pode levar o centro de massa a desempenhar leves trajetórias de zig-zag, diminuindo a eficiência e o tempo final de uma corrida.

Figura 7: Centro de massa



Fonte: Michel Machado do Couto (2021)

O correto durante a corrida é movimentar os membros superiores e inferiores de forma sincronizada e oposta, isto é, braço direito com a perna esquerda e perna esquerda com o braço direito, vendo a figura 7 notamos que o C.M quando se corre na postura B não está centralizado, isso significa que o corpo irá oscilar, descrevendo uma trajetória de zig zag ligeiramente maior do que seria uma linha reta, sabendo da importância que o arrasto exerce sobre o corpo há outro fator que contribui para o desempenho do corredor, quando o braço a frente do corpo está no mesmo lado da perna de apoio a parcela de ar que não foi jogada para trás do corredor colidirá com o mesmo gerando uma tendência de rotação do tronco, diminuindo o equilíbrio, e alterando o C.M, na análise biomecânica o equilíbrio além do desempenho evita lesões, o C.M de um humano em pé fica aproximadamente no meio do retângulo formado pelos seus pés, quando há um deslocamento do C.M haverá uma distribuição de força assimétrica que será sustentada por algum membro do corpo, podendo causar lesões.

3. Experimento de Corrida

Vimos até então que uma corrida otimizada conta com o uso adequado dos braços, direção correta da impulsão, uso da posição adequada do pé, estabilidade do *C.M* e a redução da superfície de contato na arrancada, para avaliar a relevância desses fatores a experiência foi dividida em 5 sprints de 30 *m* com diferentes posturas de corrida para a comparação do desempenho entre as modalidades, foram elas:

- corrida livre, para efeito de controle o primeiro sprint foi feito de forma que o voluntário corresse sem instrução para ser comparado com os outros resultados posteriormente.
- Braços cruzados, o voluntário foi orientado a correr a cruzar os braços, tornando o corpo muito menos aerodinâmico fazendo com que as moléculas presentes no ar se chocassem diretamente com o corpo, transferindo momento ao invés de escoar para as costas do atleta, conseqüentemente impactando negativamente o desempenho.
- Superfície de contato, no terceiro sprint a corrida foi realizada correndo utilizando a ponta do pé, região da falange, diminuindo assim o atrito com o solo.
- Sincronizada, no quarto sprint o intuito era aferir a relevância da posição do centro de massa durante a corrida, portanto os voluntários foram orientados a correrem sincronizando as passadas com o movimento dos braços, ao contrário do movimento natural onde braço direito se movimenta sincronizado com a perna esquerda por exemplo, os voluntários foram orientados a movimentarem braço e perna direita em conjunto.
- Naruto, supostamente ao inclinar o corpo estaríamos reduzindo a área de contato entre o ar e o corpo, reduzindo o arrasto, no entanto além do equilíbrio estaríamos perdendo aerodinâmica, tendo em vista que o rosto é menos aerodinâmico que os braços.

Os voluntários foram selecionados na beira mar de São José, localidade onde tradicionalmente a população pratica corrida, o único critério de seleção foi selecionar indivíduos que já estavam praticando atividades físicas, pois já estariam com roupas adequadas para correr, foram selecionados 15 voluntários para o experimento.

4 Resultados

Os experimentos apresentaram as tendências esperadas, e em apenas 1 caso houve uma divergência entre o esperado e o obtido, sendo esse ponto fora da curva absorvido pela média das diferenças percentuais entre todos os outros voluntários.

Foi observado que em média os braços auxiliam o tempo final da corrida corrida em **5,67%**, também foi observado que indivíduos com ombros mais largos e idosos apresentaram um tempo muito maior com os braços cruzados, provavelmente no primeiro caso o indivíduo tenha sofrido uma força de arrasto maior devido a maior área de contato enquanto no segundo caso o voluntário devido a idade não tinha força muscular suficiente para compensar o arrasto. Diminuir a superfície de contato com o solo realizando o percurso de 30m sobre a ponta dos pés, diminuindo o atrito apresentou uma melhora no desempenho de **3,82%**, o experimento de redução de atrito apresentou uma baixa variância. O deslocamento do C.M por meio do deslocamento incorreto dos braços apresentou um prejuízo de **4,61%** no tempo final. A corrida Naruto onde se pretendia reduzir a área de contato com o ar consequentemente o arrasto apresentou um prejuízo de **2,96%**, resultado muito similar ao obtido pelo canal de youtube Because Science que encontrou um déficit no tempo de aproximadamente 3%, essa queda no rendimento mesmo reduzindo a área de contato pode ser explicada pela falta de equilíbrio do corredor além de alterarmos o coeficiente de atrito, que leva em consideração a geometria do objeto, pois o rosto humano pode ser considerado um bluff body, um objeto não aerodinâmico, ao contrário das mãos e braços.

Embora com exceção de 1 caso todos os experimentos tenham acompanhado a tendência esperada, para uma melhor precisão nos dados seria ideal um maior número amostral, além da utilização de sensores, evitando o erro do tempo de reação do experimentador ao apertar o cronometro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa foi desenvolvida com a intenção de avaliar os fatores físicos que interferem na corrida, a utilização de técnicas de corrida se baseiam no melhor uso da física para aumentar o desempenho, as técnicas de corrida foram o alvo da investigação, foi utilizado de uma abordagem mista entre pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo, alguns fatores como a força de arrasto, atrito com o solo, desvio do C.M e uma combinação entre superfície de contato e aumento do coeficiente de arrasto puderam ser constatados experimentalmente, foram selecionados 15 voluntários que correram 5 sprints diferentes com o objetivo de avaliar melhor o desempenho de cada variável separadamente, onde se constatou que a utilização dos braços reduz o arrasto do ar em 5,67% como o arrasto é proporcional a velocidade e foi analisado o período de aceleração partindo do 0 é presumível que durante uma sprint completo 100m essa porcentagem seja superior, a diminuição da superfície de contato aumentou o desempenho em 3,82%, a movimentação adequada dos braços, evitando o deslocamento lateral do centro de massa contribuiu com 4,61% do resultado final e a corrida Naruto que visa diminuir a área de contato com o ar, prejudicou o desempenho dos corredores em 2,96%, para possuir um resultado mais preciso seria adequado utilizar um numero amostral maior, no entanto como com exceção da corrida com os braços cruzados todas as outras modalidades apresentaram uma baixa variância não é esperado um resultado muito diferente, no âmbito da qualidade dos resultados seria adequado a utilização de sensores mitigando erros manuais, há outros fatores que contemplam a física da corrida que não foram abordados neste estudo, como a prática influência da direção do vetor de força e e um estudo sobre influência da temperatura no arrasto, trabalhos que complementariam o estudo sobre a física e biomecânica da corrida.

REFERÊNCIAS

- FRANTIN, L., OKUNO, E. . **Desvendando a Física do corpo humano Biomecânica**. Manole. 2017.
- LOSS, J. F. ; CANTERGI, D. ; TOLEDO, J. M. ; GOMES, L. E. ; MELO, O.M. . **Biomecânica do Esporte e do Exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2015
- BUCK, K.H. ; CASAGRANDE, R.M.; CAMARGO, L.B.; MARTINS, G.C.; NOVELLI, C.; OLIVEIRA, H.F.R.; PASSOS, R.P.; VILELA J, G.B. . **Análise Biomecânica Da Largada Nos 100 Metros da Largada No Atletismo**. REVISTA CPAQV, v. 9, p. 1, 2020.
- NOGUEIRA, M.M.S. **Análise e comparação das alterações biomecânicas associadas a corrida com arrasto**. Universidade do Porto, Faculdade de Desporto, 2008.
- ROBERT G.L; ARON J. M.; CHRISTOPHER D. S. . **Effects of Resisted Sled Towing on Sprint Kinematics in Field-Sport Athletes**. Journal of Strength and Conditioning Research, 17(4), 760–767, 2003.
- MOTA, Carlos Bolli; TEIXEIRA, Clarissa Stefani . **A biomecânica e a Educação Física**. Lecturas Educación Física y Deportes, v. 12, p. 29, 2007.
- ARANDA, N.A.S. **A influência do ar nas atividades de corrida**. Revista de Educação Física, Vol 51, 1982.
- KOIKE, S.; NAGAI, Y. . **Dynamic contribution analysis on the propulsion mechanism of sprinter during initial acceleration phase**. 33 International Conference of Biomechanics in Sports, 2016.
- OLIVEIRA, A. J. S. . **ENSAIOS BIOMECÂNICOS DO TENDÃO CALCÂNEO DE RATOS POR MEIO DE MÁQUINA MULTIAXIAL**. TCC(Bacharel em fisioterapia) -UnB, Brasília, 2016.
- AGUIAR, C. E. **Aerodinâmica da bola de futebol: da Copa de 70 à Jabulani**. Instituto de Física. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.