



ANÁLISE DO ASSINCRONISMO ENTRE REMADORES ATRAVÉS DE
SINAIS BIOMECÂNICOS E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO EM TREINOS
TÉCNICOS DE REMO OLÍMPICO

Henrique Lelis Clemente de Oliveira

Dissertação do Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Biomédica, COPPE, da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia Biomédica.

Orientadores: Alexandre Visintainer Pino

Marcio Nogueira de Souza

Rio de Janeiro
Março de 2017

ANÁLISE DO ASSINCRONISMO ENTRE REMADORES ATRAVÉS DE SINAIS
BIOMECÂNICOS E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO EM TREINOS TÉCNICOS
DE REMO OLÍMPICO

Henrique Lelis Clemente de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

Examinada por:

Prof. Alexandre Visintainer Pino, D.Sc.

Prof^a. Liliam Fernandes de Oliveira, D.Sc.

Prof. Pedro Paulo da Silva Soares, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2017

Oliveira, Henrique Lelis Clemente

Análise do Assincronismo Entre Remadores Através de Sinais Biomecânicos e sua Influência no Desempenho em Treinos Técnicos de Remo Olímpico/ Henrique Lelis Clemente de Oliveira. - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

VII, 54 p.: Il.; 29,7 cm.

Orientadores: Alexandre Visintainer Pino

Marcio Nogueira de Souza

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/ Programa de Engenharia Biomédica, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 52-54.

1. Remo. 2. Biomecânica. 3. Desempenho. 4. Assincronismo.

I. Pino, Alexandre Visintainer et al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Biomédica. III. Título.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que permitiu e me deu forças para sempre seguir em frente e não desistir a frente das adversidades que surgem em nossos caminhos.

Agradeço aos meus pais, que foram meus maiores professores na vida, e me ensinaram todos os valores que uma pessoa deve ter. Além de todo amor, carinho, investimento e incentivo em minha formação, desde os primeiros anos de escola até a pós-graduação, como profissional e homem.

Agradeço ao meu irmão Eduardo Lelis por todos ensinamentos em matemática, em física e de vida, que sempre são importantes para mim, e me incentivam a continuar seguindo em frente.

Aos meus familiares que sempre possuem uma palavra que me inspiram a continuar a minha jornada, e pela compreensão de minha ausência nesses anos morando no Rio de Janeiro.

Ao meu amor, Ana Elisa Lemos Silva, agradecer é pouco. Por todo apoio que ela fez questão de me dar, por estar presente do meu lado em todos os momentos nessa caminhada, em me alegrar, em me levantar nos momentos mais difíceis e por ser minha companheira.

Aos meus amigos de Juiz de Fora, que são fundamentais em minha vida e que sem eles nada faz sentido.

Aos meus orientadores, professores Alexandre Pino e Marcio Souza, que foram de fundamental importância no meu crescimento acadêmico, que disponibilizaram seu tempo para me ensinar e me orientar nesses anos de estudos em minha formação em mestre em ciências.

Ao professor Pedro Paulo, que nos cedeu os equipamentos para as coletas deste estudo e por passar os conhecimentos sobre este esporte que é o remo olímpico.

Aos professores da graduação e pós-graduação, sempre importantes para minha formação e que estão sempre a disposição para uma conversa ou resolução de dúvidas.

Ao programa de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Agradeço também a CAPES, FAPERJ e ao CNPq que são os financiadores deste projeto.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DO ASSINCRONISMO ENTRE REMADORES ATRAVÉS DE SINAIS BIOMECÂNICOS E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO EM TREINOS TÉCNICOS DE REMO OLÍMPICO

Henrique Lelis Clemente de Oliveira

Março/2017

Orientadores: Alexandre Visintainer Pino

Marcio Nogueira de Souza

Programa: Engenharia Biomédica

O remo olímpico é um esporte que demanda técnica, força, resistência, coordenação e sincronismo. Apesar de haver muitos estudos sobre a eficiência das remadas levando sempre em consideração a capacidade fisiológica dos atletas e as aplicações das forças, existem poucas pesquisas sobre as falhas de assincronismo e sua interferência sobre o desempenho, força e voga. Neste trabalho foram coletados sinais biomecânicos de 5 guarnições diferentes, com 15 atletas revezando suas posições no mesmo barco para 8 atletas, mais o timoneiro. Os resultados mostraram que é possível determinar se uma guarnição foi efetiva ou não durante o treinamento e quais são os momentos que ocorrem os erros de cada uma. Além disso, o assincronismo pode influenciar a velocidade, voga e força melhorando ou diminuindo o desempenho da guarnição. Com o *feedback* destas informações, é possível promover treinos específicos para cada guarnição.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ANALYSIS OF ASYNCHRONY BETWEEN ROWERS THROUGH SIGNS
BIOMECHANICAL AND ITS INFLUENCE ON PERFORMANCE TRAINING
TECHNICAL OLYMPIC ROWING

Henrique Lelis Clemente de Oliveira

March/2017

Advisors: Alexandre Visintainer Pino

Marcio Nogueira de Souza

Department: Biomedical Engineering

Rowing is a sport that demands technical, strength, endurance, coordination and synchronism. Although there are many studies on the effectiveness of strokes always taking into account the physiological capacity of the athletes and the applications of forces, there is little research on the asynchrony failures and interference on the performance, strength and stroke. In this work we were collected biomechanical signals from 5 different crew, with 15 athletes taking turns their positions in the same boat for 8 athletes, plus the helmsman. The results showed that it is possible to determine if a crew was effective or not during the training and what are the moments that occur the errors of each one. In addition, asynchronism can influence speed, stroke rate, and strength by improving or decreasing crew performance. With feedback of information, it is possible to promote specific training for each crew.

Sumário

Capítulo 1	1
Introdução	1
Objetivo	4
Capítulo 2.....	6
Fundamentos	6
Capítulo 3.....	16
Revisão da Literatura	16
Capítulo 4.....	22
Materiais e Métodos.....	22
Sensores de Força	23
Sensores de Ângulos	24
Montagem do barco	25
Coleta dos Sinais	25
Análise dos Sinais	26
Análise Estatística	29
Capítulo 5.....	30
Resultados	30
Capítulo 6.....	45
Discussão.....	45
Conclusão	51
Referências Bibliográficas.....	52

Capítulo 1

Introdução

O remo olímpico é um esporte de curta duração e alto desempenho. A prática do remo sempre é realizada em lagos, lagoas ou rios de águas calmas. Geralmente seis barcos disputam uma prova, cada um dentro de uma raia, que é traçada em linha reta. A média de tempo em uma competição é de 6 minutos e a distância de uma prova oficial é igual a 2000 m. Além dos fatores humanos este é um esporte que sofre interferências das condições climáticas. O vento, a chuva, a temperatura, a umidade do ar e a profundidade da água são fatores que também podem alterar o desempenho dos atletas, o ritmo e a velocidade do barco (MELLO, 2008).

Remar consiste em repetir ciclicamente movimentos básicos divididos em fases de propulsão e de recuperação. A fase de propulsão ou *drive* ocorre após os remos serem colocados na água (*catch*). Instantes após a entrada dos remos na água, os atletas aplicam força sobre os remos para mover o barco. Idealmente os remos não devem atingir grandes profundidades.

Em seguida ocorre a extração dos remos da água (*finish*), que é o momento que se retira os remos da água girando-os em 90º para que a pá não toque na água durante a fase de recuperação, em que os atletas estão voltando à posição inicial.

Na recuperação ou *recovery*, o atleta estará retomando sua posição inicial, fletindo os membros inferiores e tronco e estendendo os membros superiores. Nesse momento, os remos são novamente colocados na direção da proa do barco, para se iniciar um novo ciclo de remada.

Para que o remador consiga concluir um circuito de 2000 m no menor tempo possível, é necessário que este atleta seja bem treinado, ou seja, saiba os pontos fracos e fortes durante a remada e treine especificamente as fases que estão causando déficits no desempenho.

Os países com os melhores desempenhos em competições possuem maiores investimentos em pesquisas e em equipamentos de avaliações dos atletas. Acompanhamentos fisiológicos, biomecânicos, nutricionais e psicológicos são realizados por essas seleções, dando suporte ao treinador durante os treinos. Essa dinâmica de avaliações favorece toda a equipe, fornecendo informações de fatores que precisam ser corrigidos e ajustados, permitindo que seus atletas alcancem as

primeiras posições. Nesses casos, equipes multiprofissionais são montadas para avaliar os atletas.

Com o aumento do número de avaliações específicas durante os treinamentos e com o conhecimento dos fatores que devem ser corrigidos, os treinadores passaram a organizar treinamentos mais efetivos, conseguindo trabalhar exatamente nos problemas que determinada guarnição (GNC) apresenta. Prova disso, foi a melhora do desempenho ao longo dos anos, como mostra KLESHNEV (2012), que identificou um crescimento da velocidade em 0,79% ao ano, da década de 1990 até os dias atuais. Segundo o autor, esse aumento do desempenho se deve ao aumento da tecnologia que auxilia as equipes de remo durante o treinamento.

Além disso, no campeonato mundial de 2014, realizado em Amsterdam, 14 recordes foram quebrados, sendo 8 deles tempos olímpicos (KLESHNEV, 2014a).

No Brasil, entretanto, a prática de acompanhar o comportamento dos atletas durante os treinos não é comum no remo e, quando ocorre, não tem continuidade. É necessário o incentivo para que as equipes nacionais invistam nessa prática. Ainda assim, existem equipamentos para essas avaliações que são encontrados comercialmente, tornando, mais uma vez, importante a participação de uma equipe especializada para realizar as análises.

A partir dos equipamentos usados para avaliar os atletas, BAUDOUIN; HAWKINS, (2002) observaram que há uma forte correlação da força aplicada pelos remos e da amplitude angular durante os ciclos de remada, com a velocidade média do barco. Além disso, os padrões de forças aplicadas, diferentes para cada remador, estão relacionados ao desempenho do barco (HILL, HOLGER, 2002).

A velocidade média do barco está diretamente ligada ao esforço do atleta em gerar propulsão, vencendo o somatório de forças que agem contra o barco. São elas, força de propulsão na forqueta, força de propulsão no finca-pé e resistências da água e do ar. Entender como é gerada a velocidade no sistema remador-remo-barco é de fundamental importância para melhorar o desempenho dos atletas (BAUDOUIN; HAWKINS, 2002, SMITH; LOSCHNER, 2002).

Considerando a voga (remadas/minuto) uma variável independente e que tem grande relação com a velocidade média, é de se supor que sua variação gere variação da velocidade. Porém, quando a voga é constante, outros fatores são determinantes nas mudanças que ocorrem na velocidade como, forças externas que agem sobre o barco, coordenação, sincronismo entre os atletas, aplicação da técnica no gesto esportivo sem erros e estratégias de remada (MARTIN; BERNFIELD, 1979; SOPER; HUME, 2004). Logo, para que o treino seja focado para melhoria da execução da

remada e assim melhorar o sincronismo, os atletas não devem aplicar força máxima para remar, tentando mantê-la constante durante o treinamento. Da mesma forma, a voga deve ser mantida constante. Mantendo essas duas variáveis aproximadamente constantes é possível treinar especificamente o movimento do corpo no barco juntamente com os movimentos do remo.

A angulação dos remos em relação ao barco também afeta a força gerada pelo remador. Dependendo da angulação, a alavanca criada entre o remo e a forqueta pode aumentar ou diminuir a quantidade de força que o atleta precisará fazer para gerar impulso do barco sobre a água (BAUDOUIN; HAWKINS, 2002b). Mais uma vez a análise da dinâmica da remada deve ser feita. As pequenas variações de amplitude de movimento podem não ser percebidas pelos técnicos e remadores. Nesse caso, entra a importância de sensores que captam as pequenas variações dos atletas, tornando possível sua correção.

Portanto, as análises biomecânicas dos remadores fornecem variáveis importantes que devem ser observadas e corrigidas para que o treinamento seja eficiente, levando a um bom desempenho durante uma competição.

Uma variável pouco abordada e de extrema importância é o sincronismo, que mede a diferença de tempo, geralmente em milissegundos, entre os remadores nas diferentes fases de remada. Essa análise pode ser realizada individualmente, observando os dois remos do mesmo atleta, ou em grupo, analisando a execução do movimento de um atleta em relação aos outros. O assincronismo, que é justamente a diferença de tempo na execução das fases da remada, interfere diretamente na velocidade do barco (HILL, HOLGER, 2002; KLESHNEV, VALERY, 2014b, 2015; WING; WOODBURN, 1995).

Existem momentos que são considerados mais adequados e são mais abordadas ao se medir o assincronismo. Como exemplo, temos os instantes de entrada e saída – *catch* e *finish* – dos remos da água e o momento em que ocorre o pico de força máxima de cada atleta. Esses instantes são medidos no domínio do tempo, e o remador voga que possui a função de estabelecer o ritmo à guarnição seguido pelos outros remadores, será o remador referência para calcular a diferença de tempo em que cada atleta chega a estes instantes. Alguns autores sugerem que para os atletas chegarem a uma coordenação e sincronismo eficientes, eles devem treinar na mesma posição no barco em que foi escalado e sempre com a mesma equipe. Dessa forma, após alguns meses esses atletas irão possuir um perfil de remada semelhante uns aos outros, diminuindo o assincronismo e melhorando a

coordenação (CUIJPERS; ZAAL; DE POEL, 2015; HILL, HOLGER, 2002; WING; WOODBURN, 1995).

Em um estudo sobre o sincronismo KLESHNEV (2015) divide um ciclo de remada em doze microfases e analisa a diferença de tempo que cada remador leva para chegar a cada microfase com relação ao remador voga. Os desvios padrão dessas diferenças de tempo demonstram o quanto uma guarnição está assíncrona em relação à outra, fatores importantes para determinar quais os atletas participarão de determinada guarnição e quais os pontos que devem ser focados nos treinamentos.

Pelo exposto fica claro que o desempenho biomecânico do atleta está diretamente relacionado à sua capacidade fisiológica. Os atletas conseguem aumentar seu condicionamento físico e força muscular com os treinos, porém os remadores têm diferenças entre si. Alguns são melhores na largada, mas perdem o ritmo das remadas variando a velocidade durante o percurso, e outros melhores na manutenção da velocidade, porém não tem boa propulsão na largada (BAPTISTA, 2008). Desta forma, fica evidente a necessidade de que os atletas de uma guarnição precisam treinar juntos por um período de tempo prolongado, para que suas características biomecânicas e fisiológicas fiquem as mais próximas possíveis e, quando isso não for possível, é imprescindível compor uma guarnição com atletas que tenham mais semelhanças na forma de remar e que apresentem movimentos mais sincronizados.

Objetivo

Portanto, o objetivo geral deste estudo foi coletar e interpretar os sinais biomecânicos de remadores e, assim, identificar características que devem ser melhoradas em treinamentos específicos. O assincronismo entre os remadores foi analisado a partir dos sinais biomecânicos coletados e, em seguida, comparado com o desempenho – velocidade média (m/s), pico de força (N) e voga (remadas/minuto) - procurando entender como estas variáveis podem interferir na efetividade de uma guarnição.

Para cumprir os objetivos gerais, os objetivos específicos traçados foram:

- Criar um padrão de análises que podem ser usados em qualquer guarnição, através das rotinas em Matlab criadas para análise de sinais e para a estatística usada;
- Definir previamente em qual tipo de treinamento a guarnição será analisada e o comportamento das variáveis nos diferentes tipos de treinos que a guarnição realizará;

- Determinar *clusters* para guarnições com características e desempenho semelhantes, para futuras tomadas de decisões.

Capítulo 2

Fundamentos

O remo é um dos esportes mais antigos da humanidade, havendo relatos de aproximadamente 5000 anos. Em 1829, havia um número elevado de atletas que praticavam “corrida de barco”, termo empregado pelas universidades de Oxford e Cambridge, que tinham essa modalidade esportiva como disciplina. Nessa época o remo teve um aumento expressivo em popularidade, se igualando aos esportes modernos, como boxe, Fórmula 1 e ao tênis. Em 1892 foi fundada a Federação Internacional de Remo que recebe a sigla de FISA, do francês, *Fédération Internationale des Sociétés d'Aviron* (KLESHNEV, 2006, FISA, 2014).

Em 2001 a FISA entrou com um pedido ao comitê paralímpico internacional para que, nas olimpíadas de Pequim, em 2008, fosse introduzido o remo adaptado para deficientes físicos e visuais. Após ser aceito, em 2006, houve uma conferência em São Paulo, organizada pelo Comitê Brasileiro de Remo, para divulgar, estabelecer os regulamentos e informar como seria a qualificação para participar das paralímpíadas em Pequim (CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE REMO, 2014, NAKATU; TSUKAMOTO, 2007).

A competição de barcos a remo ou regata é um esporte que sofre interferências das condições climáticas. O vento; a chuva; a temperatura ambiente e da água; a umidade do ar e a profundidade da água são fatores que podem alterar o desempenho dos atletas, o ritmo e a velocidade do barco (MELLO, 2008). A prática do remo sempre é realizada em lagos, lagoas ou rios de águas calmas e a distância olímpica de uma prova é de 2000 metros. Geralmente seis barcos disputam uma prova, cada um dentro de uma raia, que é traçada em linha reta.

O remo pode ser praticado individualmente ou em grupo (barcos de guarnições) e o atleta deve ter sincronia e realizar movimentos coordenados para conduzir o barco a uma distância pré-determinada. Os tipos de barco se dividem quanto ao número de remos por atletas, ou seja, um remo por remador (palamenta simples) ou dois remos por remador (palamenta dupla).

Os barcos de palamenta simples (sweep), podem ter 2, 4 ou 8 remadores. Neste tipo de embarcação um timoneiro pode estar presente ou não. O timoneiro não possui remo e é responsável por comandar o leme e incentivar os remadores. Sua posição é na parte de trás da embarcação, de frente para os remadores. Geralmente

usa-se a seguinte denominação: 2+, 4+ e 8+, quando o timoneiro está presente; e 2-, 4- e 8-, quando o timoneiro não está presente.

Na palamenta dupla (*sculling*) os atletas podem estar sozinhos (*Single Skiff ou 1x*), em dupla (*Double Skiff ou 2x*) ou em quarteto (*Four Skiff ou 4x*).

Existem algumas categorias para selecionar as guarnições que participarão das regatas. Sexo, idade e peso definem essas categorias. Com relação a idade as guarnições são separadas em Junior, até 18 anos; Sub-23, até 23 anos e Sênior, sem limite de idade. Nas duas últimas há uma divisão por peso, entre leve e livre. No peso leve o máximo vai a 59 kg no feminino e 72,5 kg no masculino. Quando a guarnição possui mais de um remador, é feita a média dos pesos dos remadores. A média deve estar dentro do limite determinado. No peso livre, não há limite de peso.

No barco de remo podemos usar os mesmos termos empregados a outras embarcações, como é visto na Figura 1. A parte da frente é chamada de proa. Na proa dos barcos de competição existe uma bola branca com 4 cm de diâmetro (bola da proa), colocada por segurança, para minimizar efeitos de choques. A parte de trás é chamada de popa. Olhando o barco de trás para frente, da popa para a proa, temos o lado esquerdo, denominado Bombordo e o lado direito, chamado de Boreste ou Estibordo.

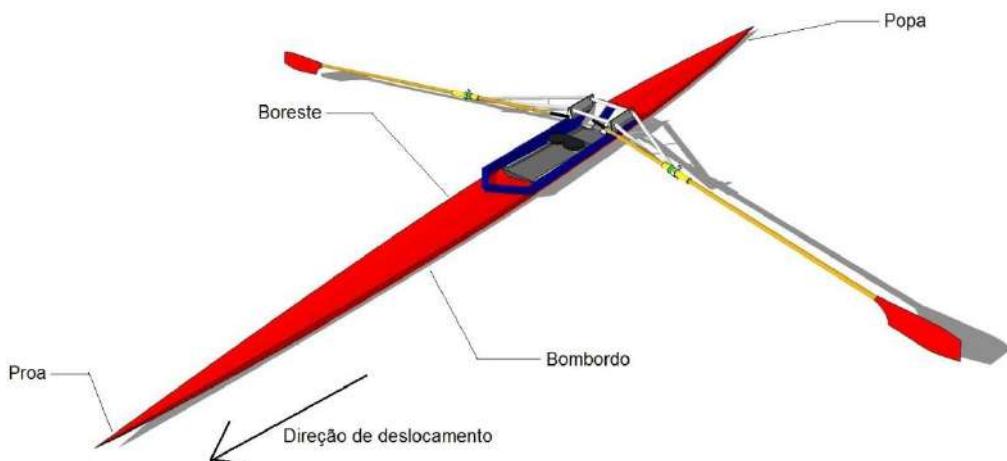


Figura 1: Termos usados para regiões do barco.

Nos barcos de guarnição, o remador que fica na parte mais próxima da popa é chamado de remador voga e é ele quem vai determinar o ritmo das remadas. O termo voga, na marinha, também representa a frequência de remadas (remadas por minuto) (DICIONARIO ON-LINE DE PORTUGUÊS, 2014).

Para a realização do movimento da remada os remadores ficam com os pés fixados em uma estrutura chamada de finca-pé e para se movimentar durante a remada eles ficam sentados sobre um acento que desliza sobre trilhos. Este assento é

chamado de carrinho. De acordo com a Figura 2 podemos observar o finca-pé e o carrinho dentro do barco.

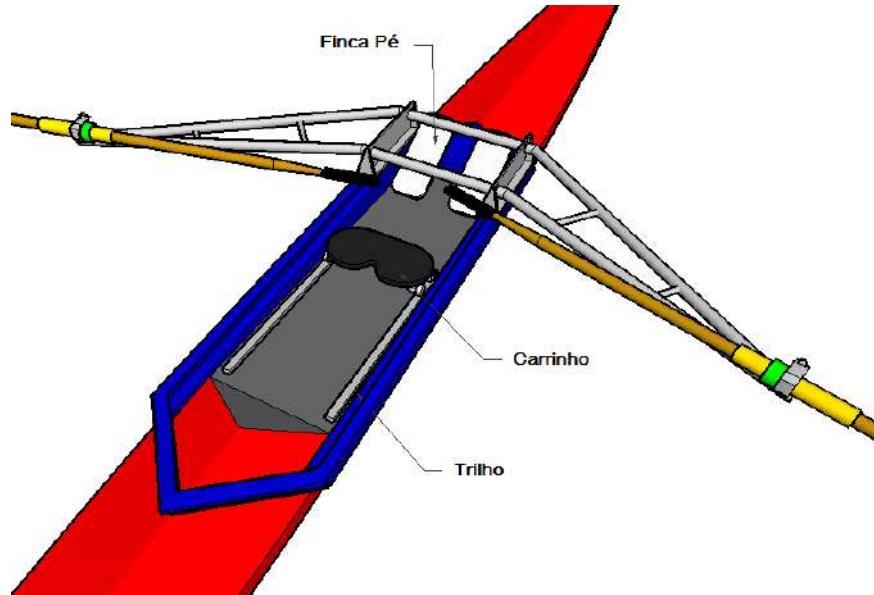


Figura 2: Detalhes de posicionamento do carrinho e finca pé.

O remo é o equipamento usado para dar propulsão ao barco. Deve ser leve e resistente e, por isso, normalmente usa-se fibra de carbono em sua composição.

O tamanho do remo, de acordo com a Confederação Brasileira de Remo, tem em média 2,98 m para o *sculling* e 3,81 m para o *sweep*.

Para sustentação e apoio dos remos, existe uma estrutura formada por tubos com diferentes arrumações que são fixadas ao barco, chamadas de braços ou braçadeiras vistos na Figura 3. Na extremidade das braçadeiras existe a forqueta e um eixo chamado de pino, fixando o remo. A forqueta garante um giro de mais de 180º do remo e funciona como uma alavanca.

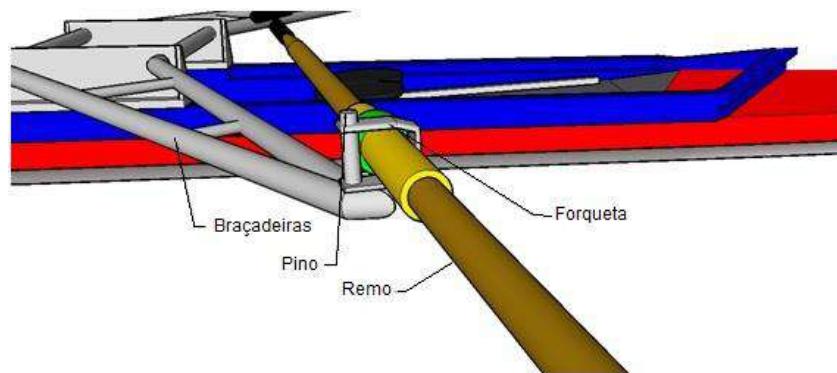


Figura 3: Arranjo dos braços e forqueta.

A parte do remo que fica dentro do barco é chamada de braço interno e seu comprimento varia de acordo com o número de remadores no barco. Esse comprimento em média é de 0,88 m para *sculling* e 1,14 m para *sweep* (KLESHNEV, VALERY, 2006). Da mesma maneira existe o braço externo, que para o *sculling* mede em torno de 2,10 metros e para o *sweep* em torno de 2,60 m.

Na extremidade do braço externo, onde haverá contato com a água, existe a pá, que no caso dos remos longos deverão ter exatamente 5 mm de espessura e nos remos curtos exatos 3 mm de espessura. Cada equipe terá as pás pintadas com as cores do clube ou do país, dependendo da competição que esteja disputando, para melhor identificação à distância.

Existem alguns tipos de pás (Figura 4), dentre elas a *Macon* que tem um formato simétrico e era a mais utilizada até os anos de 1960. Com a evolução da tecnologia foram criadas pás assimétricas que garantem melhor desempenho aos atletas. Em 1991 foi criado o modelo *Bigblade* ou *Cleaver*, que é feito de fibra de carbono e é assimétrico (CONCEPT2, 2014).

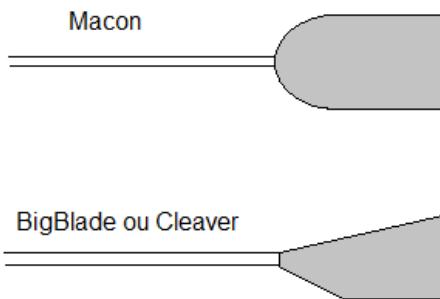


Figura 4: Tipos de pás.

Os barcos de remos, apesar de terem diversos tipos, possuem características semelhantes, sendo longos, estreitos e com o casco em formato semicircular para diminuir o atrito com a água.

De acordo com os regulamentos da FISA, lançados em 2014, os barcos de remo devem ter um comprimento mínimo de 7,2 metros e um máximo de 11,9 metros. Caso o barco ultrapasse essas medidas, a guarnição será excluída da competição (FISA, 2014).

As embarcações são pesadas com todos seus equipamentos necessários para a competição. Esses equipamentos são bola de proa; banco do timoneiro, quando presente; sapatilhas; finca-pé; trilhos e assento dos remadores (carrinho); leme e

braçadeira. Na Tabela 1, são indicados os tipos de barcos e seus respectivos pesos mínimos aceitáveis.

Tabela 1 – Peso mínimo dos barcos.

Tipos de barcos	Peso em kg
1x	14
2x	27
4x	52
2+	32
4+	51
8+	96
2-	27
4-	50

Cada tipo de embarcação, no remo olímpico, possui suas características, quanto ao tempo de prova, voga ótima em uma competição, força aplicada, dentre outras medida, como regulagens dos barcos. Um exemplo dessas medidas é exposta na Figura 5, que representa uma tabela adaptada e traduzida de Kleshnev, 2009. Os valores importantes a serem observados são os do barco M8+ (oito remadores com timoneiro), pois é nesse tipo de barco que este trabalho foi embasado.

Barco	Tempo	Peso (kg)	Voga (remadas/minuto)	Potencia (W)	Ângulo (Graus)	Fmáx (Kgf)
F1x	7:11.5	85	34.1	399	107	72.8
F2x	6:39.5	80	35.9	387	107	67.2
F4x	6:08.5	80	37.4	399	110	66.6
F2-	6:52.9	85	37.4	396	87	66.0
F8+	5:53.1	80	39.1	405	89	64.6
M1x	6:32.5	95	36.3	556	112	90.4
M2x	6:02.1	90	38.2	546	113	84.5
M4x	5:33.2	90	39.3	567	113	85.3
M2-	6:16.5	95	38.8	548	92	83.3
M4-	5:41.0	95	40.5	554	93	80.8
M8+	5:18.6	95	40.0	593	94	87.6
LF2x	6:47.0	60	36.1	330	99	62.0
LM2x	6:07.2	70	38.8	474	104	78.3
LM4-	5:46.2	70	40.6	469	86	74.0

Figura 5: Tabela adaptada de Rowing Biomechanics Newsletter, Kleshnev, 2009. F (feminino), M (masculino), Fmáx (Força Máxima medida em Kgf). Ângulo referente ao ângulo horizontal.

No movimento de remada, o remador realiza flexão e extensão de membros inferiores, tronco e membros superiores, coordenadamente. No momento da largada, o remador encontra-se com os membros inferiores fletidos, tronco inclinado para frente e os membros superiores estendidos, com as pás dos remos em direção à proa do barco e fora da água.

Após a largada o movimento que caracteriza a remada é dividido em duas fases, *drive* ou aceleração – que corresponde a fase ativa – e *recovery* ou recuperação – correspondente à fase passiva. O início das duas fases é marcado respectivamente pelo *catch* ou ataque – entrada dos remos na água – e *finish* ou extração – retirada dos remos da água.

O primeiro movimento é o *catch* (Figura 6-A), momento em que o atleta entra com as pás na água e aplica força sobre o remo. Ao aplicar força sobre os braços internos do remo, a pá aplicará força contra a água, acelerando o barco.

A fase de aceleração (Figura 6-B) ocorre após a entrada dos remos na água. O atleta gera força, principalmente, ao estender os membros inferiores contra o finca-pé ao mesmo tempo em que flete os membros superiores, seguido do movimento de extensão do tronco. O movimento do atleta dentro do barco ocorre graças ao carrinho que se move sobre os trilhos, enquanto seus pés estão presos nas sapatilhas, apoiadas no finca-pé (KLESHNEV, 2006).

Em seguida os remadores retiram os remos da água - *finish* - (Figura 6-C), e fazem uma rotação de 90º na pá, para que ela não toque na água durante a fase passiva.

Na fase de *recovery* (Figura 6-D), movimento de recuperação para iniciar um novo ciclo, o atleta estará retornando a sua posição inicial, fletindo membros inferiores e tronco e estendendo os membros superiores. Nesse momento, as pás dos remos são novamente colocadas na direção da proa, para se iniciar um novo ciclo de remada.

Através do sinal de ângulo horizontal de um barco, coletado durante um treino, é possível determinar o início e o final de cada ciclo, a partir dos pontos mínimos e máximos, deste sinal. O ponto mínimo é o momento em que os remos entram na água e o ponto máximo é o momento em que os remos saem da água. No Figura 7 é apresentado o sinal de ângulo horizontal do remador voga, referente a um ciclo de remada em um barco com oito remadores mais o timoneiro. As mudanças de direções dos remos ocorrem no inicio e final de cada ciclo e, a entrada dos remos na água (*catch*, Figura 6-A) e a saída dos remos da água (*finish*, Figura 6-C) determinam o início e o final de um ciclo de remada, como exposto anteriormente. Logo, os picos negativos e positivos representam os momentos que ocorrem o *catch* e o *finish*, respectivamente. O sinal crescente entre os círculos representa a fase de *drive*, de maior aceleração do barco e, após o pico positivo do ângulo horizontal, ocorre a fase de *recovery*, até o início de um novo ciclo.



Figura 6: Fases do remo.

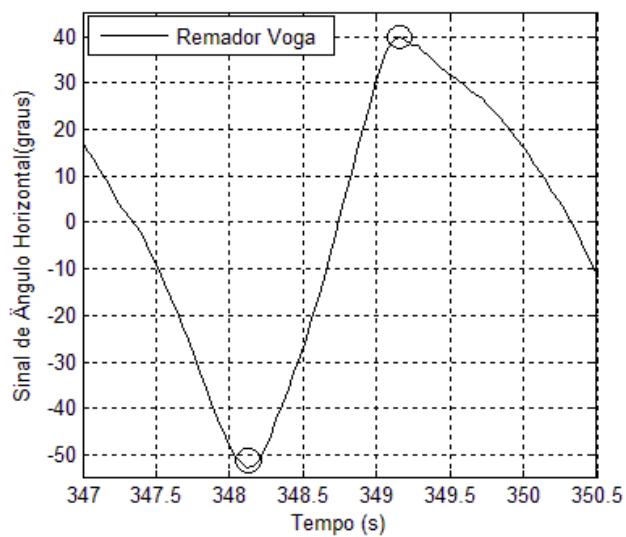


Figura 7: Sinal de ângulo horizontal do remador voga.

Para que a guarnição consiga realizar todas as fases da remada, repetidamente, do inicio ao final de um percurso de 2000 m no menor tempo possível,

é necessário que os atletas estejam bem treinados e que haja entrosamento entre a equipe, ou seja, saibam realizar o gesto esportivo próprio do remo, garantindo o melhor desempenho possível.

O treinamento físico pode ser caracterizado por aumentar qualitativamente e quantitativamente o desempenho físico de um indivíduo. O treinamento irá gerar modificação no rendimento físico, durante um exercício, refletindo no desempenho geral. Desse modo, o objetivo principal do treinamento é gerar o aumento das capacidades motoras, que são divididas em condicionais e coordenativas, para obter o melhor rendimento em uma tarefa (CARAZZATO; AMATUZZI; GREVE, 2004). Estes autores, afirmam que a capacidade de desempenho físico depende de algumas variáveis, como, capacidade coordenativa, determinada pelo domínio em realizar um movimento; capacidades táticas e cognitivas, referentes a tomadas de decisão durante uma disputa; sociabilidade, com a equipe e treinador; e condições físicas, as quais os autores dividem em força e velocidade ao realizar um movimento, resistência física e flexibilidade corporal. O atleta tem um bom desempenho quando estas variáveis têm uma boa relação. Portanto, é importante acompanhar o rendimento dos atletas durante seu treinamento, tendo como objetivo descobrir se o treinamento está sendo efetivo e quais os momentos que o atleta tende a errar mais.

O remo se caracteriza por ser um esporte de alto rendimento e de curta duração, sendo que uma prova é realizada em 6 minutos, em média. Esportes de alto rendimento têm como objetivo obter o melhor desempenho possível, a fim de ultrapassar os próprios limites, buscando a vitória e a quebra de recordes (CARAZZATO; AMATUZZI; GREVE, 2004).

O remo, portanto, é um esporte que exige que o atleta tenha um nível elevado de condicionamento físico, força muscular e coordenação motora. Para isso, o treinamento físico é preparado com escolha de exercícios físicos que desenvolvam a capacidade física e os gestos que serão realizados no barco, durante as fases de remada.

Para garantir que o treinamento físico dos atletas seja eficaz e que dê possibilidades para que disputem os primeiros lugares, é necessária uma avaliação mais apurada de suas variáveis físicas e dos componentes que agem no conjunto remo-remador. Os parâmetros que são usados para avaliar o desempenho dos atletas são a velocidade do barco; a variação da velocidade; a aceleração positiva e a aceleração negativa (MATTES; SCHAFFERT, 2010, SMITH; LOSCHNER, 2002). Além disso, as variáveis principais – voga e força – que são geradas pelos remadores,

são fatores determinantes nas variações do desempenho, principalmente na velocidade (MARTIN; BERNFIELD, 1979; SOPER; HUME, 2004).

Portanto a velocidade e a aceleração que serão geradas dependem do condicionamento físico dos atletas, ou seja, a quantidade de força que eles conseguem aplicar nos remos para colocar o barco em movimento, a manutenção da voga durante todo o percurso e pelo entrosamento de uma guarnição para manter o ritmo das remadas. Além disso, as condições climáticas, a presença de correnteza ou de marola no local de competição pode afetar o desempenho do atleta, refletindo na força e na técnica aplicada ao remo.

Além do sinal de aceleração de barco, outros sinais como, os sinais de ângulos horizontal e vertical dos remos e o sinal de força aplicada a eles também contém informações importantes sobre os momentos de remada dentro de um ciclo.

As medidas de ângulos que os remos alcançam também se tornam importantes a serem analisadas. Os remos, durante a remada, alternam em deslocamento angular horizontal e deslocamento angular vertical. O deslocamento angular horizontal está presente quando o remo se desloca da proa até a popa (fases de *drive* e *recovery*). O movimento angular vertical ocorre nos momentos de *finish* e *catch*. Segundo o manual de utilização do sistema comercial utilizado para mensuração de equipes de elite no remo mundial, *BioRowTel System®*, o ângulo horizontal é calibrado seguindo a convenção adotado para a medição angular no remo, onde a marcação de 0º para o ângulo horizontal pode ser quando o remo está posicionado perpendicularmente ao barco ou quando o remo está apontado para a proa. Já para a calibração do ângulo de 0º do ângulo vertical, os remos são colocados perpendicularmente ao barco, porém com as pás tocando a superfície da água. Convencionalmente, o *catch* ocorre em ângulo horizontal negativo e o *finish* em ângulo horizontal positivo ou ângulo de 0º, dependendo da forma que foi calibrado. O ângulo vertical, normalmente, é negativo durante a fase ativa, quando o remo está submerso na água e positivo na fase de recuperação, quando o remo está fora da água (LLOSA *et al.*, 2009, LIMEIRA *et al.*, 2013).

No trabalho de (LLOSA *et al.*, 2009) o autor considerou como ângulos ideais 55º para realizar o *catch* e -35º para realizar o *finish*. Para o ângulo vertical, Limeira, 2013 encontrou uma variação de 10º a -5º, durante o treino de um atleta.

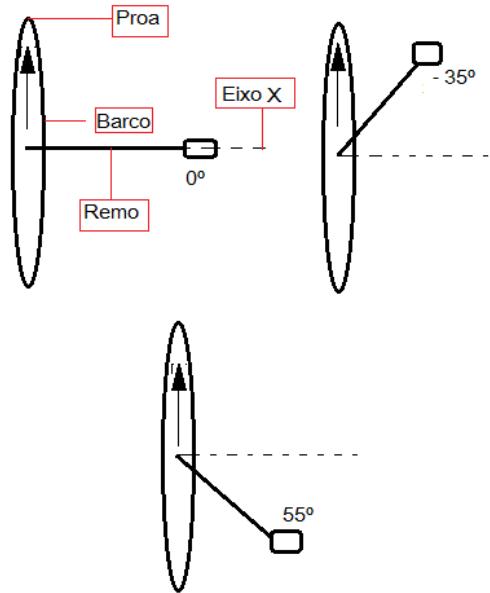


Figura 8: Referencial de ângulos horizontais do remo em relação ao barco.

Somando às medidas descritas anteriormente, é possível garantir um *feedback* com todas as informações necessárias para corrigir o treinamento e escolher os atletas com características semelhantes para montar uma guarnição, nos casos de barcos com mais de um remador (SMITH; LOSCHNER, 2002).

Capítulo 3

Revisão da Literatura

Para a medição dos sinais dos atletas durante os treinos ou competições foram necessários diversos estudos para conseguir reproduzir um sistema de aquisições portátil, que pudesse ser colocado nos barcos de remo, sem atrapalhar a performance dos atletas, devido ao peso, e que fossem resistentes à água (ISHIKO, 1971, (DUCHESNES *et al.*, 1989). No estudo de DUCHESNES *et al.*, (1989), foi utilizado um acelerômetro monoaxial, que foi parafusado ao barco; um sensor strain gages e um potenciômetro que foram posicionados nos remos, ambos para medir a força aplicada pelo remador e a posição dos remos, respectivamente. Todo o sistema de aquisição desse estudo pesava aproximadamente 1,3 kg. Seus resultados mostraram sinais com variações semelhantes aos sinais obtidos na literatura atual, com amplitude de ângulos em 90º para os remos, picos de aceleração e força nas mesmas fases da remada. Porém, o tempo para atingir cada pico se difere, mesmo os remadores estando na mesma categoria. Isso se explica pelas estratégias e táticas adotadas.

Trabalhos recentes usam sistemas de aquisições com dimensões reduzidas. No trabalho de BORGES, 2013 foi utilizado um sistema de aquisições com medidas de 15,0 x 10,0 x 10,0 cm³ e massa máxima de 0,5 kg.

Com a utilização desses sensores leves e pequenos se tornou mais fácil medir os sinais dos atletas nos treinos e até mesmo em competições, sem atrapalhar seu rendimento.

SMITH; LOSCHNER, (2002) usaram células de carga, colocadas na forqueta para medir a força da remada em um barco de palamenta simples com dois remadores. Foi observado, que havia uma diferença na aplicação de força entre cada remador. Essa diferença tirava o barco de seu curso em 2º. Essas informações são importantes como *feedback* para o remador e seu técnico, que vão investir no treinamento para corrigir as falhas e melhorar o desempenho dos atletas.

BAUDOUIN; HAWKINS, (2002), descrevem as diversas forças que atuam contra o sistema barco-remo-atleta. Essas forças normalmente são causadas pelo arrasto da água e do vento contra o movimento do barco, além de outras variáveis que interferem diretamente na aplicação de força pelos remadores, como a densidade e profundidade da água no local onde remam, a estratégia utilizada para remar, o tamanho dos remos e o condicionamento dos atletas, concluindo que a força aplicada

pelo remador e a amplitude angular dos movimentos dos remos interferem diretamente na velocidade do barco. Os autores ainda discutem que, para que as forças de arrasto sejam as menores possíveis, a coordenação dos movimentos do atleta e o sincronismo ao aplicar as forças sobre o remo, entre remadores, devem ser realizadas da melhor forma possível, pois também afetam a velocidade. Essas afirmações mostram a necessidade de analisar detalhadamente o sincronismo entre os atletas de uma guarnição.

Para estudar o desempenho dos atletas, é necessário levar em consideração a estabilidade do meio para a execução das habilidades motoras. Segundo MAGILL (2011), as habilidades motoras em relação ao meio ambiente em que são executadas se dividem em habilidade motora fechada, que são realizadas em um espaço onde a superfície, objetos e outros indivíduos estão estáticos e, nesse caso, o indivíduo controla o momento de inicio de sua ação; e habilidade motora aberta, a qual exige que o indivíduo adapte seu movimento às variações do ambiente, como exemplo o remo, onde a superfície, objetos ou indivíduos estão em movimento em relação ao executante da ação, necessitando que se inicie o movimento em sincronismo com outros sujeitos presentes no ambiente e com a superfície em questão.

Para que os atletas sejam coordenados e síncronos, é necessário vencer alguns fatores que afetam diretamente os remos e a dinâmica dos barcos. Duas forças principais são definidas pela literatura, sendo a primeira, as forças de reação que as pás dos remos sofrem pela água, ou seja, a força que os atletas aplicam para entrar, remar e sair da água. A segunda força é o atrito que o barco sofre contra a água. Além das forças externas, as forças internas dos punhos sobre os remos, dos remos sobre as forquetas, e as forças dos remadores sobre o finca-pé e sobre o carrinho tem grande influencia no desempenho do barco e são variáveis que podem ser controladas pelos remadores, diferente das forças externas (SANDERSON; MARTINDALE, 1986).

Portanto, na mecânica de execução da remada existem fatores de fundamental importância para melhorar o desempenho da guarnição. Estes fatores são listados como, consistência nos ciclos de remada, para que as remadas sejam sempre iguais a anterior e diminuam as forças de arrasto contra o barco; sincronismo entre os remadores na aplicação da força para impulsionar o barco, entrar e sair com os remos na água no mesmo instante, buscando sempre minimizar os fatores que afetam negativamente o movimento do barco (WING; WOODBURN, 1995).

Desse modo, para uma guarnição ter um bom entrosamento, ser síncrona e coordenada em seus movimentos, os remadores devem treinar em grupo por um período de tempo considerável. Os atletas de elite conseguem manter seus

movimentos mais coordenados e síncronos quando treinam juntos, porém a aplicação de força ainda é uma variável difícil de controlar, pois cada atleta tem sua característica de aplicação de força.

WING; WOODBURN, 1995; LIPPENS, 1997, em seus estudos, observaram que cada remador possui um padrão de aplicação de força, observado pelos gráficos de força-tempo. Nesse contexto, mais uma vez a aprendizagem motora entra em destaque, pois, de acordo com os autores, os remadores que treinam juntos por um longo período de tempo aproximam seus padrões de aplicação de força, sendo benéfico para o desempenho do barco. Por outro lado, caso estes mesmos atletas mudem suas posições no barco, por exemplo, de remo a bombordo para remo a boste, os padrões de aplicação de força, que haviam se tornado próximos, voltam a ficar com uma diferença considerável. Isto é exposto pelo aumento da variação entre as autocorrelações usadas para identificar as mudanças ocorridas quando os atletas são alternados dentro da guarnição.

Dentre os efeitos adversos causados pela falta de sincronismo e coordenação dos remadores, destacam-se a redução da potência e aumento do esforço, devido às forças de arrasto, gerando um aumento nas forças de atrito da água contra o barco (HILL, HOLGER, 2002).

Todos esses fatores podem ser responsáveis pelo aumento da variação da velocidade e assim, aumento do tempo de percurso. A variação da velocidade pode estar relacionada com outros fatores importantes como, tipo de barco, peso dos remadores, técnica de remada, e principalmente pela potência gerada pelos remadores e pela voga (HILL; FAHRIG, 2009).

Considerando a voga uma variável independente e que tem grande relação com a velocidade média, é de se supor que a variação da voga gere variação da velocidade. Porém, quando a voga é constante outros fatores são determinantes nas mudanças ocorridas pela velocidade, como forças externas, coordenação, sincronismo, aplicação da técnica e estratégias de remada (MARTIN; BERNFIELD, 1979; SOPER; HUME, 2004).

Uma maneira eficaz de mostrar aos remadores e ao técnico o que precisa ser melhorado durante as fases do remo, é através de filmagens do remador realizando o ato esportivo ou em forma de gráficos. O comportamento de variáveis como os movimentos do atleta no barco, velocidade do barco, aceleração, tempo total do percurso, voga e força aplicada pelo atleta geram sinais que devem ser analisados. Mostrar o resultado das análises feitas por instrumentos de medidas dessas variáveis, ou seja, dar *feedback* aos técnicos e remadores garantem melhora no desempenho no

esporte, ou o que precisa ser melhorado para se aproximar do desempenho ideal (SMITH; LOSCHNER, 2002).

A análise biomecânica dos remadores fornece variáveis como sincronia ao remar individualmente ou em grupo, e força de membros superiores e inferiores durante o ciclo da remada, que interferem diretamente na velocidade do barco. As forças aplicadas no barco e sua velocidade alcançada são combinadas gerando potência. A potência que o remador produz é inversamente proporcional ao seu tempo de prova, de maneira que, com maiores potências, menor será o tempo para percorrer os 2000 m. (SMITH; LOSCHNER, 2002, BARTH et al., 2005).

Segundo SMITH; LOSCHNER, (2002), o estímulo da aprendizagem motora dá uma resposta que também tem influência no desempenho do atleta. Para a aprendizagem motora o indivíduo é estimulado através de *feedback* que mostram como ele está realizando uma tarefa. Esse *feedback* pode ser dado pela filmagem do indivíduo em sua atividade ou através de relatórios ou gráficos. Para descobrir erros de técnica em atletas profissionais a análise biomecânica deve ser minuciosa.

A literatura mostra a força como uma das variáveis mais importantes na influência sobre a velocidade do barco. O pico de força de um atleta de elite durante a largada pode atingir de 1000 N a 1500 N e a força aplicada durante a prova varia de 500 N a 700 N, dependendo do tipo de barco, a categoria de idade ou peso e o condicionamento físico do atleta (BAPTISTA, 2008).

A angulação dos remos em relação ao barco também afeta a força gerada pelo remador. Dependendo da angulação a alavanca criada entre o remo e a forqueta pode aumentar ou diminuir a quantidade de força que o atleta precisará fazer para gerar impulso do barco sobre a água (BAUDOUIN; HAWKINS, 2002b). Mais uma vez a análise da dinâmica da remada deve ser feita. As pequenas variações de amplitude de movimento podem não ser percebidas pelos técnicos e remadores. Nesse caso, entra a importância de sensores que captam as pequenas variações dos atletas, tornando possível sua correção.

KLESHNEV, (2006), comenta que se aumentar a área da pá do remo, é possível aumentar a eficiência da aceleração do barco, e assim ganhar velocidade. Porém, deixa claro que o aumento da área da pá é limitado, pois um tamanho maior aumenta a dificuldade de colocar e retirar o remo da água, causando uma desaceleração não desejada.

Para um bom impulso com os remos é necessário que o remador saiba realizar o movimento de flexão e extensão de seus membros superiores, inferiores e tronco coordenadamente. Além disso, é importante que o atleta seja bem treinado

fisicamente e tenha força muscular suficiente para manter o ritmo de remada. A resistência física é importante, pois ao aplicar impulso com os membros inferiores sobre o finca-pé, realizará mais força sobre o braço interno do remo, gerando maior aceleração ao barco (BAUDOUIN; HAWKINS, 2002b).

Na largada esses atletas alcançam potências de 600 W a 700 W. Para manutenção da velocidade a potência varia de 350 W a 450 W durante o circuito. No *sprint* final, quando os remadores estão próximos da linha de chegada, eles aumentam o esforço até seu máximo, chegando a uma potência de 500 W (BARTH *et al.*, 2005).

O desempenho biomecânico do atleta está diretamente relacionado à sua capacidade fisiológica. Os atletas conseguem aumentar seu condicionamento físico e força muscular com os treinos, porém os remadores têm diferenças entre si. Alguns são melhores na largada, mas perdem o ritmo das remadas variando a velocidade durante o percurso, e outros melhores na manutenção da velocidade, porém não tem boa propulsão na largada (BAPTISTA, 2008).

O ideal é que todos os atletas tenham o mesmo desempenho, largando bem e conseguindo manter uma elevada velocidade média durante a prova. Dessa forma, diferentes dispositivos são usados para dar o *feedback*, como já dito neste trabalho.

Em 2012, KLESHNEV, estudou o comportamento da velocidade dos barcos, da década de 1990 até as olimpíadas de 2012 em Londres, e chegou à conclusão que, nos 14 barcos que estavam disputando tanto as regatas mundiais quanto as olímpicas, houve uma evolução de 0,79% da velocidade do barco, por ano. Com esses dados, o autor usou métodos estatísticos para determinar a tendência da velocidade para as olimpíadas de 2016, percebendo que houve um aumento na velocidade. Com isso, o autor questiona se a performance física dos atletas está chegando ao seu limite, ou se ainda há muito o que melhorar, visto que a tecnologia que está sendo desenvolvida para auxiliar nos treinamentos. Analisando as velocidades desenvolvidas pelos atletas nas olimpíadas de 2012, o autor conclui que, tanto para os primeiros lugares, quanto os remadores que ficaram em quarta, quinta e sexta posição possuem uma mesma tática, que é a proporcionalidade da velocidade do barco em todo o percurso de prova.

O campeonato mundial de remo de 2014 realizado em Amsterdam foi tido como o mundial de regata mais rápido da história. Este fato ocorreu devido a quebra de 14 novos recordes, sendo 8 recordes olímpicos. Esse resultado pode ser em razão da melhor organização dos treinamentos das equipes de remo e com atletas mais preparados. Além disso, as condições climáticas foram favoráveis, nos dias de competição (KLESHNEV, 2014a). Os dados dos 14 barcos recordistas foram obtidos por GPS e mostraram que os atletas tiveram uma voga média de 37,7 remadas por

minuto. Essa média foi maior do que 2010 e 2004, que tiveram uma voga média de 37,1 e 37,3 remadas por minuto, respectivamente, e menor que em 2002 que foi de 38,1 remadas por minuto. Esses dados mostram que, diferente da velocidade que aumenta anualmente, a voga não varia significativamente ao passar dos anos. Logo, conclui-se que o aumento da velocidade média ocorreu devido a melhora do condicionamento físico dos atletas ao longo dos anos, treinamentos específicos para melhorar o gesto esportivo e o uso da tecnologia, oferecendo um *feedback* à equipe técnica quanto as características de cada remados e de uma equipe.

Capítulo 4

Materiais e Métodos

Para este estudo, seguindo a linha de pesquisas vistas no Capítulo 3, os sinais dos atletas foram coletados pelo sistema comercial *BioRowTel™* (Tabela 2) . Este sistema é usado para analisar as forças aplicadas aos remos e nos finca-pés, os movimentos realizados pelo tronco e pelos membros inferiores dos atletas, além da aceleração do barco em três eixos, velocidade e posição do barco através do GPS. Dessa forma, torna-se possível analisar o desempenho, técnica e sincronismo dos remadores.

O equipamento conectado com os sensores de força e de ângulos está representado na Figura 9.

Apesar deste sistema de aquisições ser capaz de coletar todas essas informações, para o presente estudo somente foi possível usar os sensores de forças e ângulos dos remos, além do GPS e acelerômetro.

Tabela 2 – Especificações do BioRowTel V.2012.

Massa da unidade máster com a bateria	300 g
Massa do sistema	1 kg – 1x, 2-; 1,5 kg – 2x, 4-; 2,5 kg – 4x, 8+
Duração de uso	8 horas
Número de Canais	24 – 128
Frequências de Amostragem	25, 50, 100 Hz
Resolução AD	14 bit

O sistema de aquisições usado para a coleta de dados é capaz de armazenar de 24 a 128 canais de entradas, com sensores de forças, produzidas pelos remadores; ângulo horizontal e vertical dos remos durante as fases de remada; acelerômetro e giroscópio tri axiais; GPS; e sensores de posicionamento de tronco e carrinho. Os sinais gerados por esses sensores serão apresentados a seguir, neste mesmo capítulo. Este sistema é capaz de armazenar até 8 horas de gravações de dados e foi projetado para ser resistente à água salgada e à corrosão.



Figura 9: Sistema de aquisição. Sensores de força e sensores de ângulos conectados a caixa máster.

Sensores de Força

Os sensores de força (Figura 10) são formados por extensômetros que medem a deformação de corpos. Estes sensores são compostos por uma estrutura de metal com uma haste central. Esta haste possui um parafuso em sua extremidade distal, que após ser posicionado nos remos, será usado para manter contato com o braço do remo, captando sua deformação.



Figura 10: Sensor de força.

A calibração destes sensores foi feita utilizando uma célula de carga, calibrada comercialmente, conectada aos sensores e ao computador, sendo os resultados apresentados pelo software do sistema. Com a pá presa por uma estrutura fixa, a célula de carga foi tensionada em direção ao chão, perpendicularmente ao remo, três vezes seguidas, calibrando, assim, os sensores de força. Este procedimento foi realizado para cada sensor fixado em cada remo, sempre antes do inicio das coletas.

Os sensores de força foram fixados no braço interno do remo, próximo ao fulcro do remo que se encaixa na forqueta do barco como na Figura 11 a seguir.

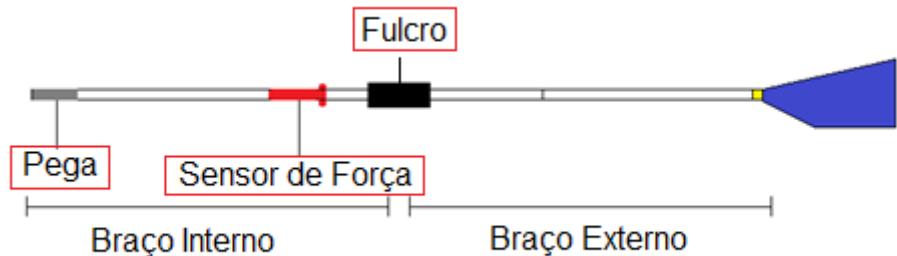


Figura 11: Posicionamento sensor de força.

Sensores de Ângulos

Os sensores de ângulos foram projetados de forma que dois potenciômetros fossem acoplados juntos, sendo um sensor perpendicular ao outro. Dessa forma, o sensor é acoplado sobre a forqueta, de modo que não interfira na sua amplitude de movimento (Figura 12). Uma haste metálica foi colocada no sensor e no remo, fazendo com que o sensor se mova junto ao remo e capte os movimentos angulares do remo.

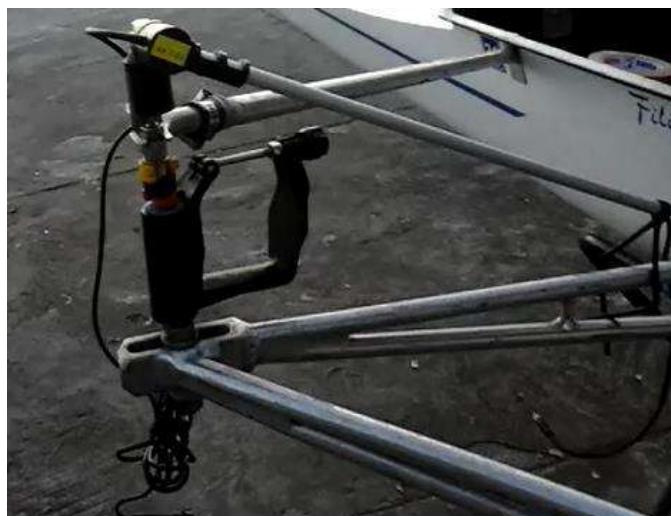


Figura 12: Sensor de ângulo.

A calibração dos sensores de ângulos foi feita com o barco já na água. A literatura especifica duas formas de posicionamento dos remos para calibração. A primeira é a colocação dos remos na posição horizontal perpendicular ao barco, gerando um ângulo de 90º. Neste formato o ângulo horizontal marcará zero grau, de modo que os movimentos na direção à proa marquem graus negativos e na direção à popa, graus positivos. Este formato será usado no presente estudo. Uma segunda forma de posicionamento para calibração consiste em colocar os remos paralelos ao barco, onde o marco zero seria na amplitude máxima, à proa.

Para a calibração dos ângulos verticais, os remos foram posicionados perpendicularmente ao barco (no eixo horizontal) e com as pás imersas na água até a metade.

Após colocar todos os remos na mesma posição, os sensores foram calibrados através do acionamento de um botão localizado na unidade máster do sistema. Tanto para o ângulo horizontal, como para o vertical há um botão de acionamento para calibração. Após o acionamento dos botões, os remos devem permanecer na mesma posição por 8 segundos. Caso algum remo saia da posição durante o processamento da unidade máster, a calibração terá que ser iniciada novamente.

Montagem do barco

A montagem do barco para as análises, ou seja, a colocação dos sensores no barco e nos remos ocorria sempre no dia anterior às coletas. O barco para oito remadores é disposto, normalmente, com quatro braçadeiras à bombordo e quatro à borestre, alternadamente. Em cada braçadeira, no local onde está a forqueta, foram fixados os sensores de ângulos. A caixa máster foi posicionada entre o remador voga e o timoneiro, em uma superfície plana interior ao barco. A fiação foi devidamente fixada ao barco para que não causasse prejuízo aos movimentos dos remadores. Unidades chamadas de *slaves*, que são extensões da caixa máster, foram fixadas nos finca-pés, para a conexão dos sensores de ângulos e forças. Os sensores de força foram colocados nos remos, de modo que ficasse bem fixados e assim medir a deformação do remo.

Coleta dos Sinais

O barco selecionado para a realização das coletas foi escolhido através das necessidades da equipe técnica do Clube de Regatas do Flamengo. Dessa forma, o barco 8+ que foi montado três meses antes da competição estadual, no qual o clube participaria e que contaria pontos importantes, foi escolhido para ser analisado.

Para a montagem do barco 8+, 15 atletas do sexo masculino e da categoria peso leve, disputaram vaga nesse período.

O tipo de treinamento escolhido foi o treinamento em que os atletas impunham ao barco uma voga de aproximadamente 20 remadas/minuto. Normalmente esse tipo de treinamento chegava a 16000 m. Para completar essa distância, os atletas remavam dentro da raia estabelecida pela lagoa, que possui uma distância de 2000 m. Os sinais escolhidos para análise foram os referentes a uma descida do ponto de largada das raias até o ponto de chegada. Os sinais foram todos referentes ao início

do treinamento, para que o desempenho dos remadores não fosse afetado pela fadiga dos atletas.

O barco, montado com o equipamento já descrito previamente, foi o mesmo para todos os dias de treinos. Os treinos foram analisados e, dentro dos três meses de preparação, 3 relatórios foram entregues aos remadores com informações das características biomecânicas de cada atleta, além do desempenho do barco, para que a equipe técnica pudesse realizar um treinamento específico e escolhesse a melhor guarnição para disputar a competição.

Análise dos Sinais

Após o treino, os sinais coletados e armazenados no cartão USB da unidade máster do equipamento de aquisição, foram transferidos para um notebook (*GATEWAY, Intel core I3*).

Ao final da coleta, os sinais gravados eram referentes a todo percurso remado no treinamento daquele dia, divididos a cada 2000 m. Essa divisão ficou evidente nos sinais, pois a cada 2000 m os atletas tinham que mudar de direção na lagoa, para iniciar mais uma descida. Logo, os trechos de 2000 m, escolhidos para as análises, foram recortados do sinal referente a todo o percurso percorrido.

Os recortes dos sinais só eram possíveis de serem feitos pelo software do equipamento *BioRowTel System*. Os recortes foram exportados deste software e importados pelo software MATLAB (*MathWorks, 2014*). Já no MATLAB, os sinais foram analisados através das rotinas criadas para estes sinais. Para as análises, os trechos referentes aos 250 metros iniciais (largada) e os 250 metros finais (chegada) foram excluídos, pois nestes trechos os atletas tendem a apresentar um padrão diferente de remada.

Os dados foram analisados a partir da série temporal das variáveis, voga (remadas/minuto); pico de força (newtons); velocidade média (metros/segundo) (Velmed); e variáveis de assincronismo – de *catch*, de *finish*, do pico de força e do ângulo vertical (AssincCatch, AssincFinish, AssincForça, AssincVertical).

As variáveis, aceleração positiva (metros/segundo²); aceleração negativa (metros/segundo²); e desvio padrão da velocidade (metros/segundo) foram calculadas, porém não serão usadas no presente estudo, pois são derivadas do sinal de velocidade e não podem ser levadas em conta na análise estatística usada devido ao erro de dependência que pode comprometer a interpretação dos dados (HAIR *et al.*, 2009).

De acordo com o exposto no capítulo 2, o ciclo de remada é dividido em quatro fases, sendo duas delas a entrada e a saída dos remos da água (*catch* e *finish*, respectivamente). Para essas duas fases, foram coletadas através do sinal de ângulo horizontal, nos pontos demarcados com círculos como exposto na Figura 13, no eixo do tempo exatamente o momento que elas ocorrem, para cada ciclo e para cada remador. Durante a fase ativa da remada, ocorrem dois momentos que também serão de interesse para este estudo. O primeiro deles é o instante exato, coletado no eixo do tempo, em que cada remador atinge o máximo de força de remada, marcado com um círculo na Figura 14, em cada ciclo. O segundo momento, é o instante exato, também no eixo do tempo, que ocorre o ângulo vertical mínimo, marcado com um círculo na Figura 15.

Portanto, para esses quatro momentos observados no eixo do tempo, teremos oito observações a cada ciclo, ou seja, uma observação para cada remador. Esses quatro momentos foram determinados como variáveis de assincronismo, o qual foi calculado se os remadores estavam atrasados ou adiantados no ciclo de remada observado.

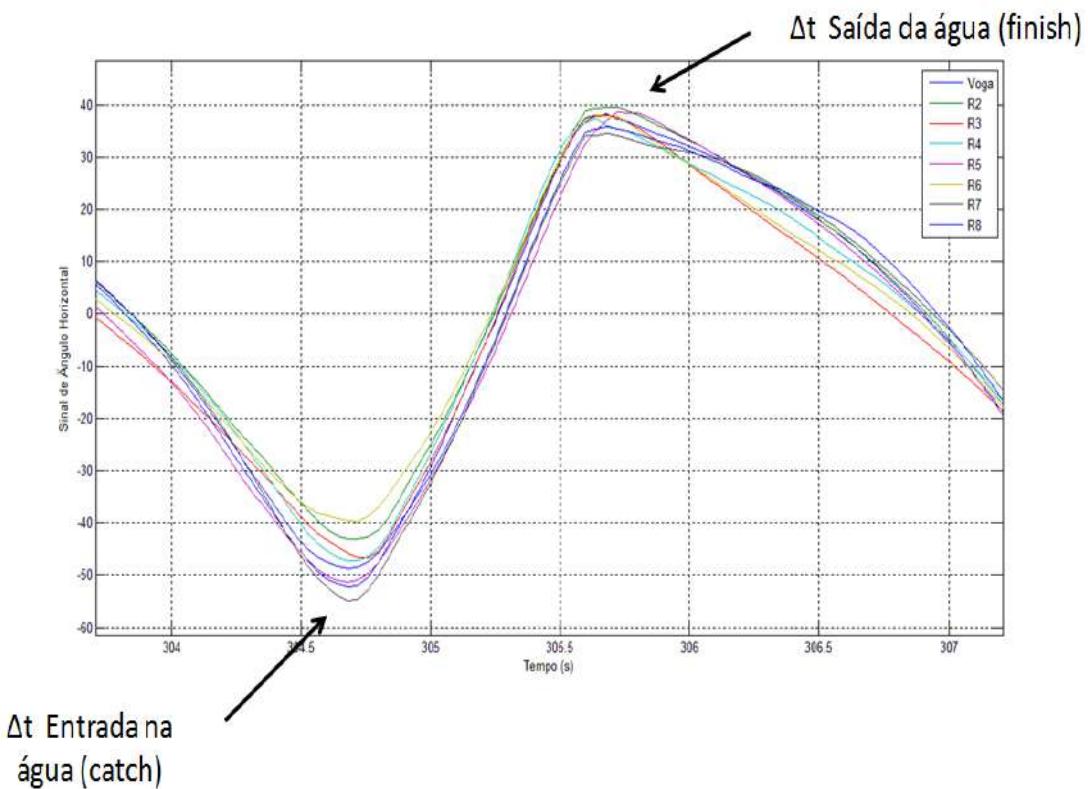


Figura 13: Sinal de ângulo horizontal mostrando as diferenças entre os remadores (R).

Δt da força aplicada

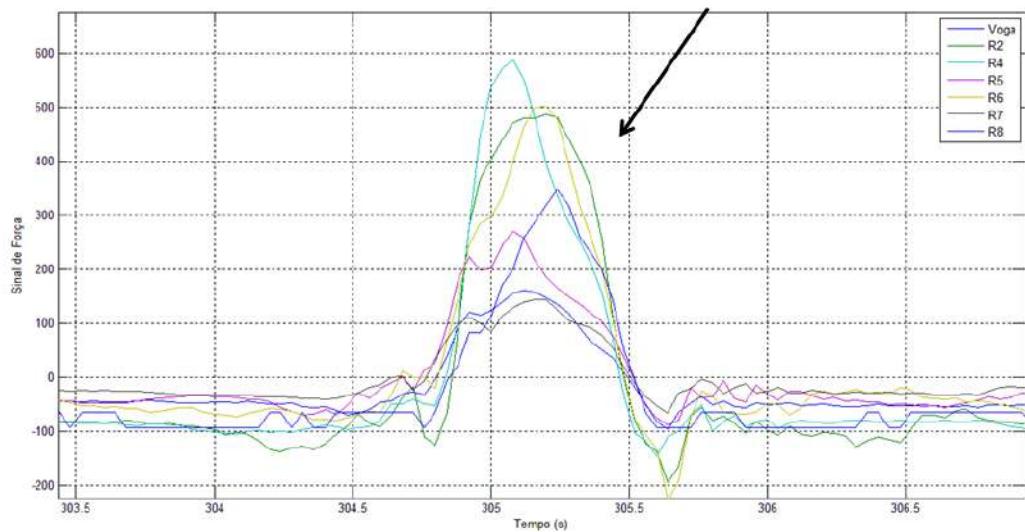


Figura 14: Sinal de força.

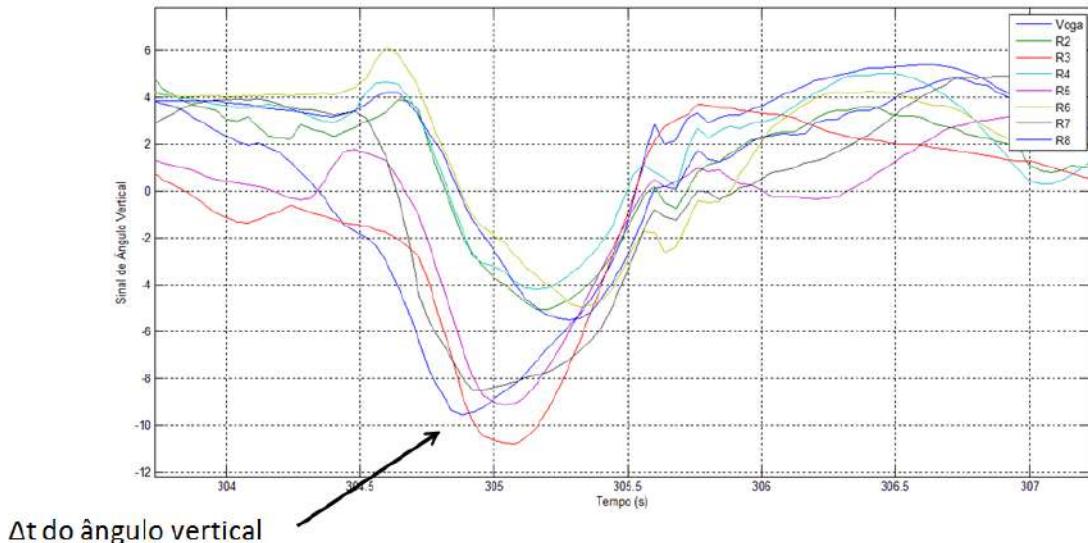


Figura 15: Sinal de ângulo vertical.

As variáveis de assincronismo foram calculadas, a cada ciclo de remada, pela diferença no tempo do remador voga em relação aos outros sete remadores. As diferenças determinaram quais remadores realizam as remadas adiantadas (diferença positiva) ou atrasadas (diferença negativa) em relação ao remador voga, responsável pelo ritmo do barco, medidas em milissegundos (ms). Para determinar o assincronismo geral foram usadas as quatro variáveis escolhidas (assincronismo de *catch*, *finish*, pico de força e ângulo vertical) tendo sido calculada a média quadrática das diferenças citadas previamente, como na equação a seguir.

$$\text{Variável de assincronismo (média quadrática)} = \left[\frac{\sum[(RV-R2)^2 + \dots + (RV-Rn)^2]}{i} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

onde, RV é o tempo da medida associado ao remador voga, R é o tempo da medida associado ao remador, n são os números de remadores e i o número de diferenças em relação ao remador voga.

Análise Estatística

Todas as variáveis passaram por um filtro de média móvel de 5 amostras, antes das análises estatísticas.

Foram calculadas as médias das variáveis de desempenho - velocidade média (m/s); pico de força (N) e voga (remadas/minuto) e de assincronismo - de *catch* (ms), de *finish* (ms), em relação ao ângulo vertical (ms) e em relação ao pico de força (ms); para as guarnições que realizaram o mesmo treinamento com voga baixa e objetivo de melhora técnica.

- Análise de Regressão Múltipla

A análise de regressão múltipla é uma técnica estatística multivariada que usa variáveis independentes (preditoras) para prever uma variável dependente (critério), que é estabelecida previamente. As variáveis independentes recebem pesos ao ser realizada a análise, sendo umas com maior interferência sobre as outras no momento de predizer a variável dependente (HAIR *et al.*, 2009).

Para determinar as variáveis que são importantes neste tipo de treino e que tem influência sobre a velocidade do barco, a série temporal da velocidade média foi pré determinada como sendo a variável dependente e todas as outras colocadas na equação de regressão como variáveis independentes.

Além disso, foi feito uma matriz de correlação com as mesmas variáveis usadas na regressão múltipla, para investigar a influência de uma variável sobre a outra.

A equação usada na análise de regressão múltipla está exemplificada a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Velocidade Média} &= \text{AssincCatch} \times E1 + \text{AssincFinish} \times E2 + \\ &\text{AssincForça} \times E3 + \text{AssincVertical} \times E4 + \text{PicodeForça} \times E5 + \\ &\text{Voga} \times E6 + C \quad (2) \end{aligned}$$

Onde, E é o coeficiente estimado e C a constante somada à equação. Em todas as análises o nível de significância considerado foi com $p < 0,05$.

Capítulo 5

Resultados

As tabelas e figuras a seguir mostram os resultados encontrados após as análises estatísticas realizadas e descritas previamente. De acordo com os resultados mostrados na Tabela 9 a guarnição 1 apresentou os menores valores de tempo para o assincronismo entre os remadores, além de manter voga e força aproximadamente constantes durante o treinamento e uma variação percentual da velocidade de 2,23%, ou seja, apresentou uma tendência crescente da velocidade média. As guarnições 2 e 5 também apresentaram um saldo positivo em seu treinamento. Essas duas guarnições tiveram uma grande variação percentual da velocidade, sendo a guarnição 2 com aumento de 18,79% da velocidade e a guarnição 5 com aumento de 17,54%, além de um efetivo aumento da força e melhora do sincronismo entre os remadores (Figura 26, Figura 37). Por outro lado, as guarnições 3 e 4 apresentaram tendência decrescente da velocidade. A guarnição 3 durante todo o treinamento e a guarnição 4 sofreu com uma queda de velocidade durante o treinamento, conseguindo retornar a velocidade média inicial em seguida (Figura 32, Figura 33). Essas duas guarnições apresentaram déficits na interação entre as variáveis de desempenho com assincronismo, não sendo efetivos em seus treinamentos.

As Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19 e Figura 20 são referentes aos ajustes que a regressão múltipla obteve como resultado, sendo a velocidade média a variável dependente desta análise e comparada com a velocidade média filtrada, usada em todas as análises, e a velocidade média não filtrada, com o propósito de mostrar que o ajuste acompanha de forma significativa a velocidade média filtrada, podendo tornar os resultados das análises mais confiáveis.

Os gráficos de dispersão que representam as correlações significativas entre as variáveis de assincronismo e desempenho de cada guarnição foi apresentado para melhor exemplificar os achados que serão discutidos a seguir.

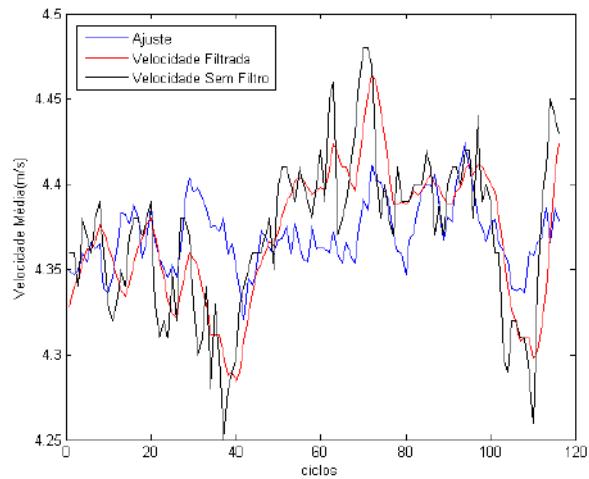


Figura 16: Ajuste da Regressão Múltipla GNC1.

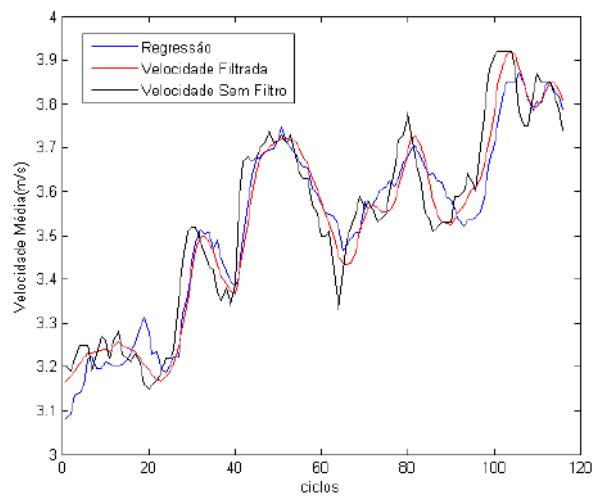


Figura 17: Ajuste da Regressão Múltipla GNC2.

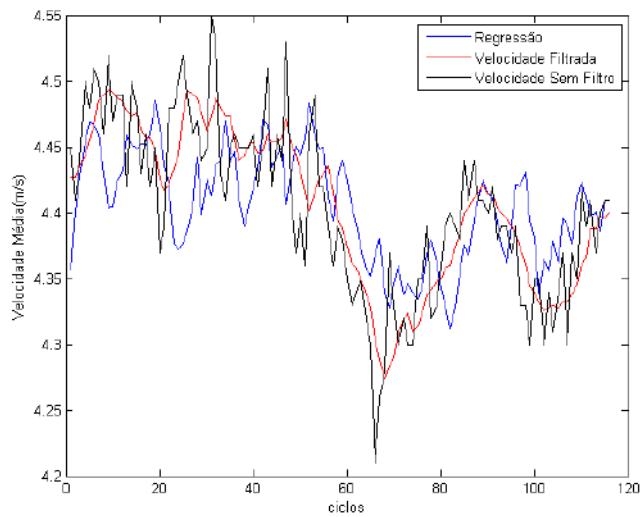


Figura 18: Ajuste da Regressão Múltipla GNC3.

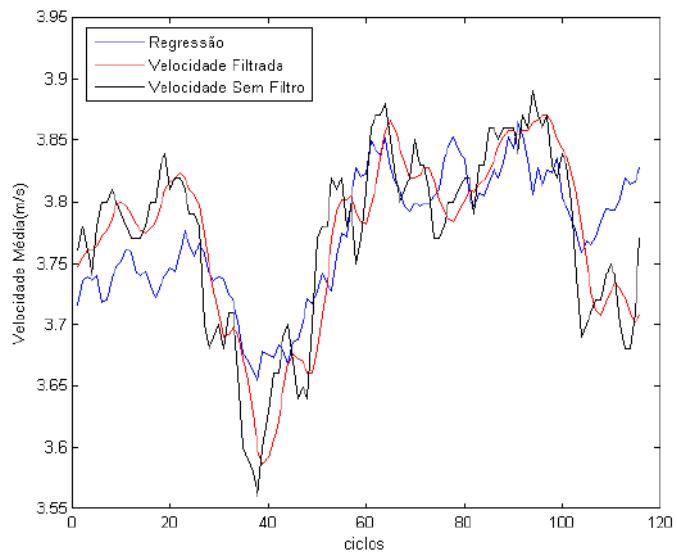


Figura 19: Ajuste da Regressão Múltipla GNC4.

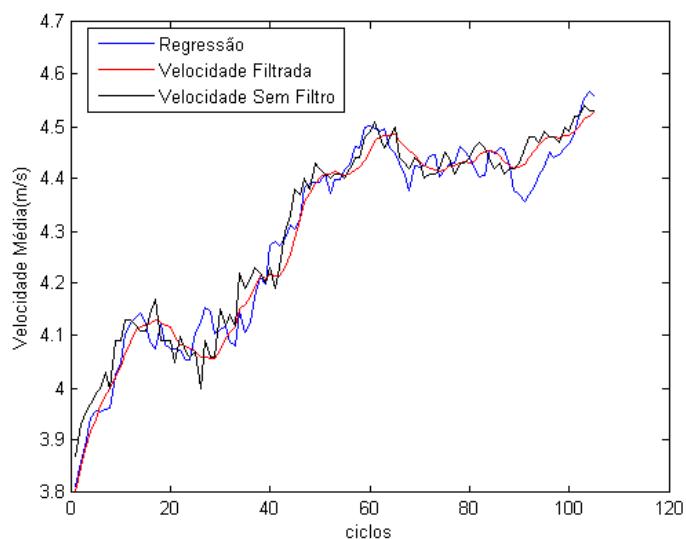


Figura 20: Ajuste da Regressão Múltipla GNC5.

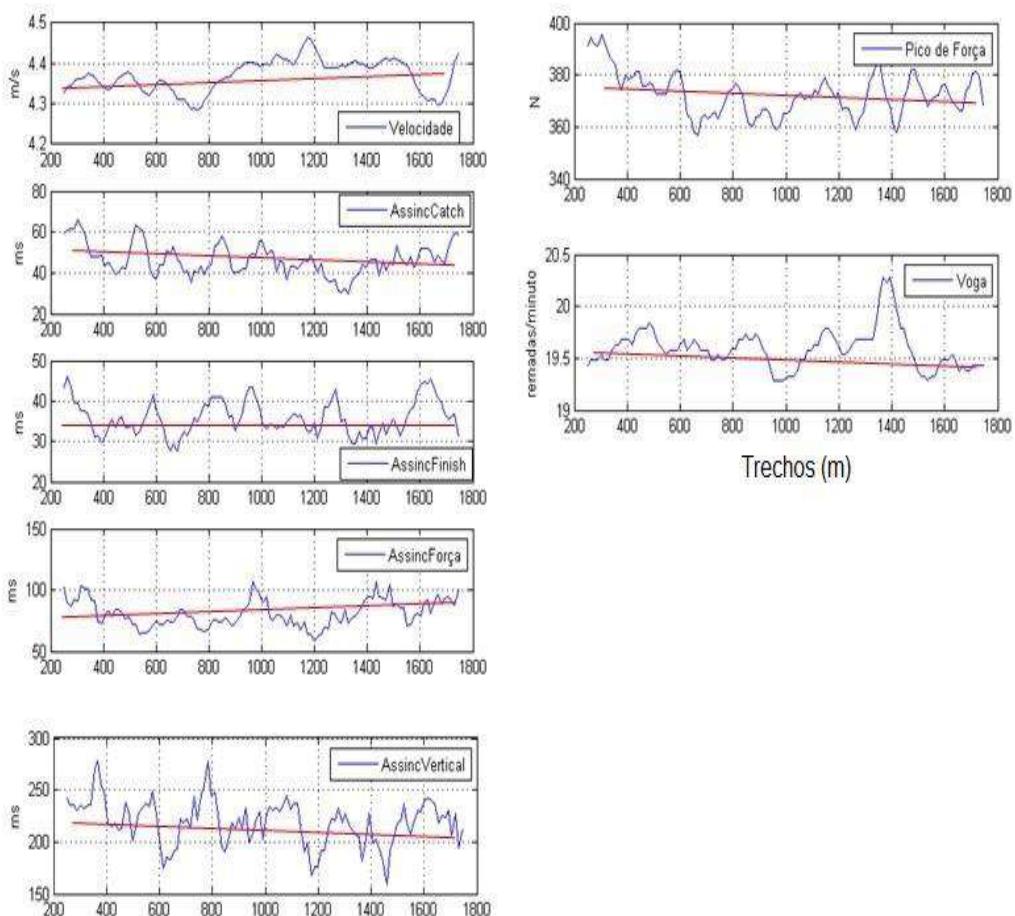


Figura 21: Sinais referentes às variáveis da GNC1.

Tabela 3: Matriz de Correlação da GNC1. Valores em negrito são estatisticamente significativos com $p < 0,05$.

	AssincCatch	AssincFinish	AssincForça	AssincVertical	VelMed	Voga	Pico de Força
AssincCatch	1						
AssincFinish		1					
AssincForça	0,2808		1				
AssincVertical		0,2966		1			
VelMed		-0,2724		-0,4034	1		
Voga	-0,3468	-0,345	-0,2785	-0,3254		1	
Pico de Força				0,2116			1

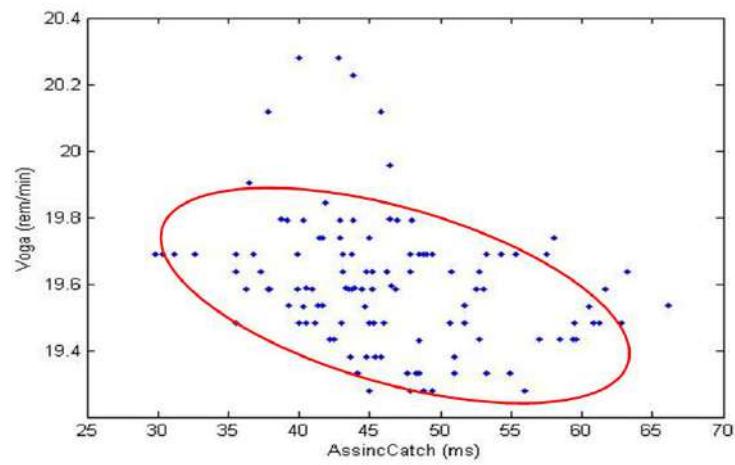


Figura 22: Distribuição das correlações.

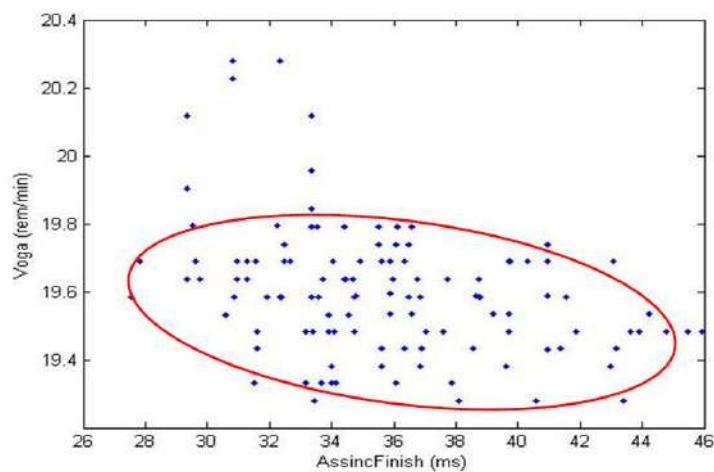


Figura 23: Distribuição das correlações.

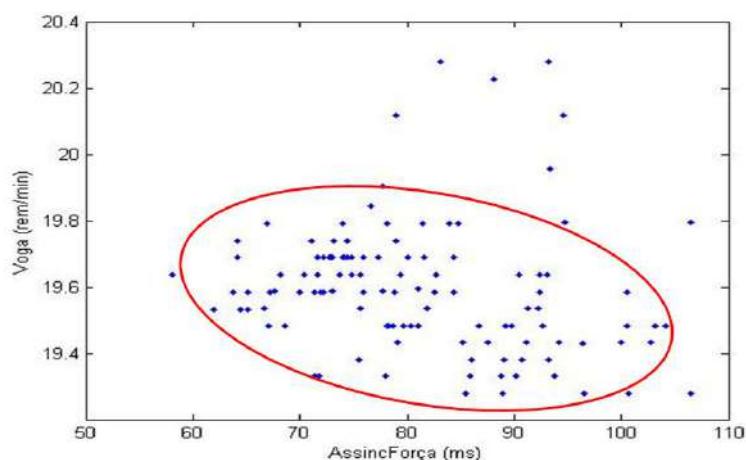


Figura 24: Distribuição das correlações.

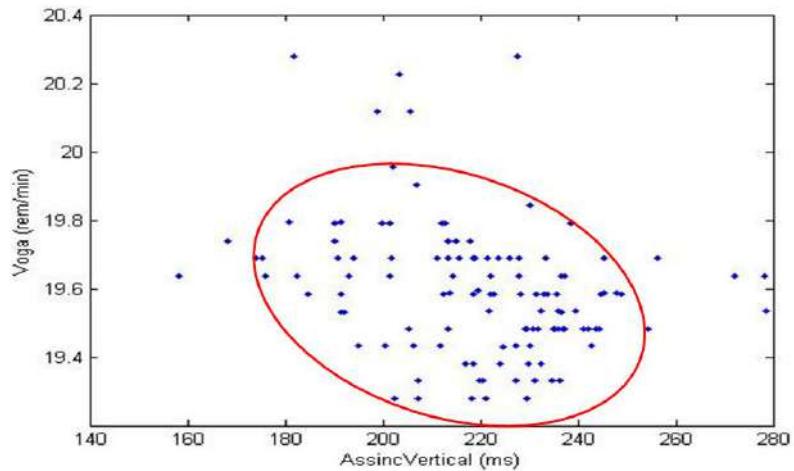


Figura 25: Distribuição das correlações.

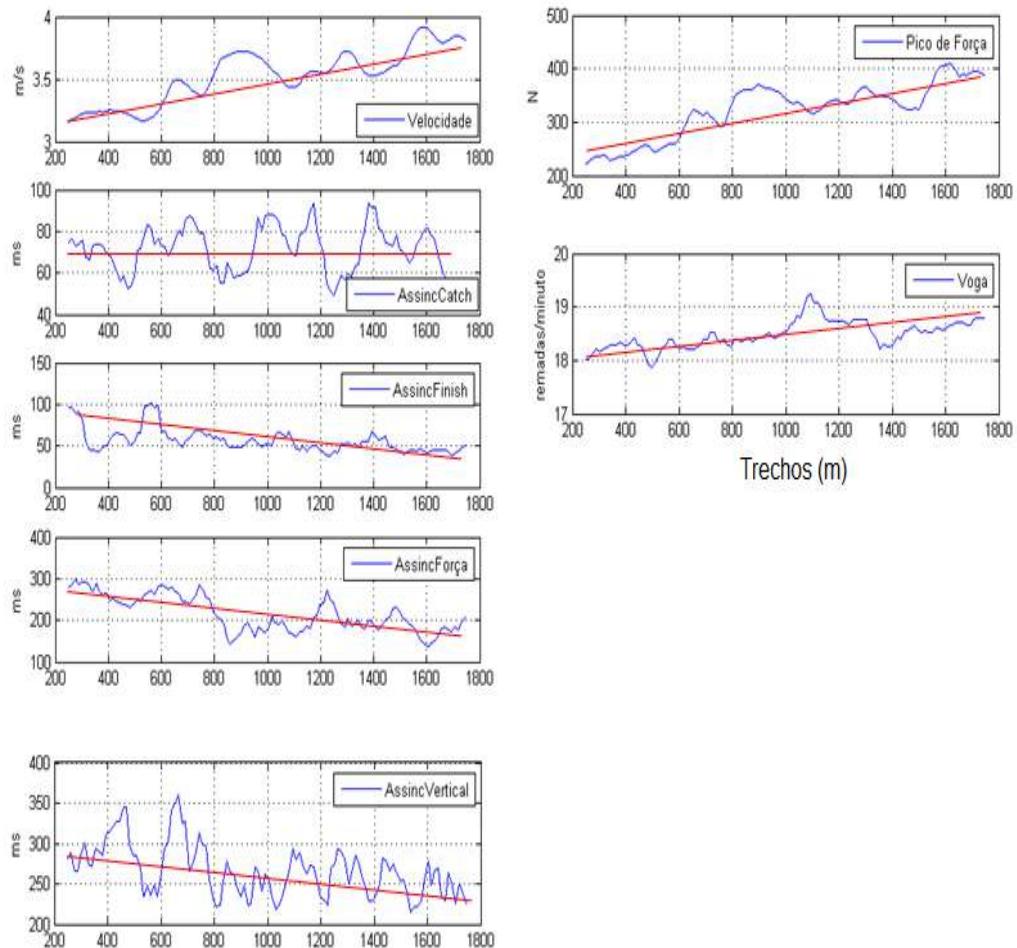


Figura 26: Sinais referentes às variáveis da GNC2.

Tabela 4: Matriz de Correlação da GNC2. Valores em negrito são estatisticamente significativos com $p<0,05$.

	AssincCatch	AssincFinish	AssincForça	AssincVertical	VelMed	Voga	Pico de Força
AssincCatch	1						
AssincFinish	0,2808	1					
AssincForça		0,447	1				
AssincVertical			0,3952	1			
VelMed	-0,2364	-0,6437	-0,755	-0,4951	1		
Voga		-0,5005	-0,5772	-0,3491	0,6005	1	
Pico de Força	-0,1824	-0,5351	-0,8068	-0,5687	0,96	0,5803	1

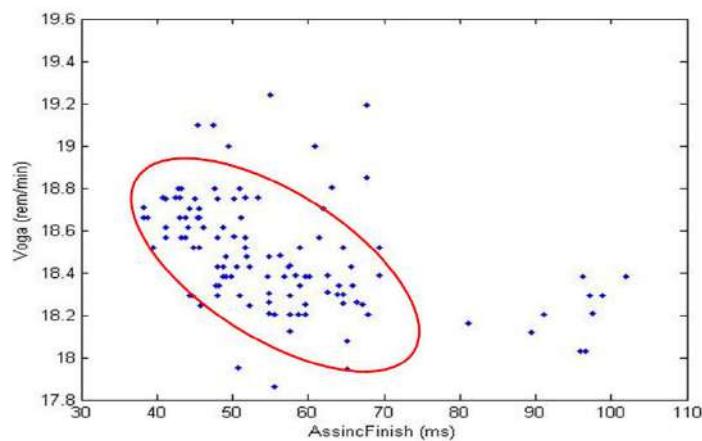


Figura 27: Distribuição das correlações.

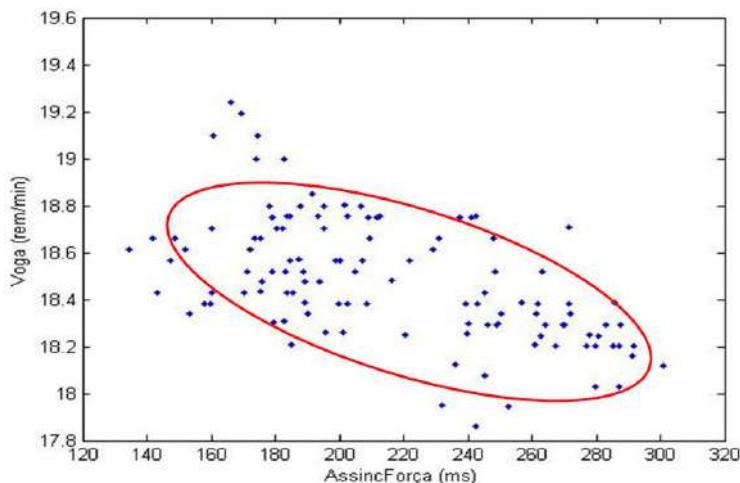


Figura 28: Distribuição das correlações.

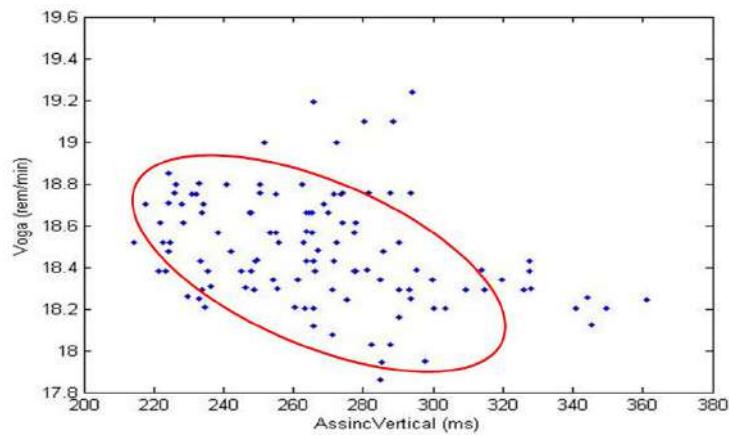


Figura 29: Distribuição das correlações.

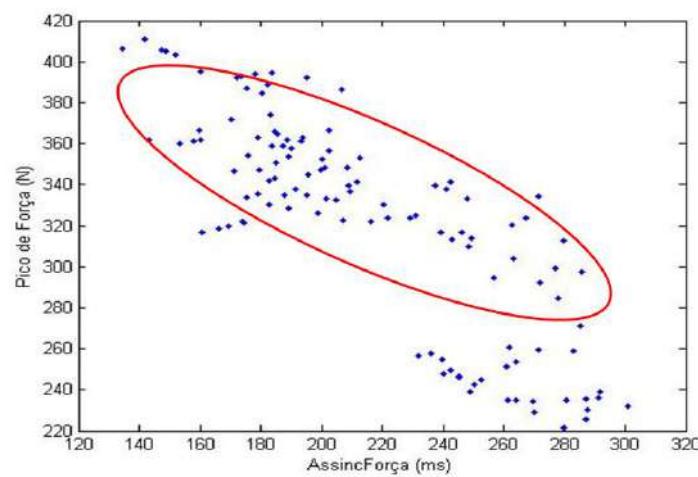


Figura 30: Distribuição das correlações.

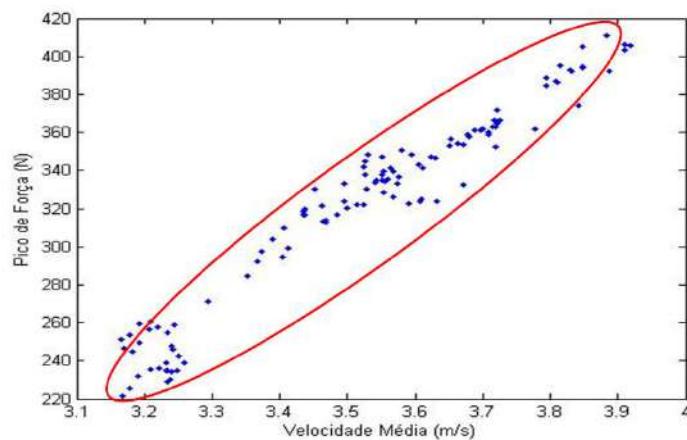


Figura 31: Distribuição das correlações.

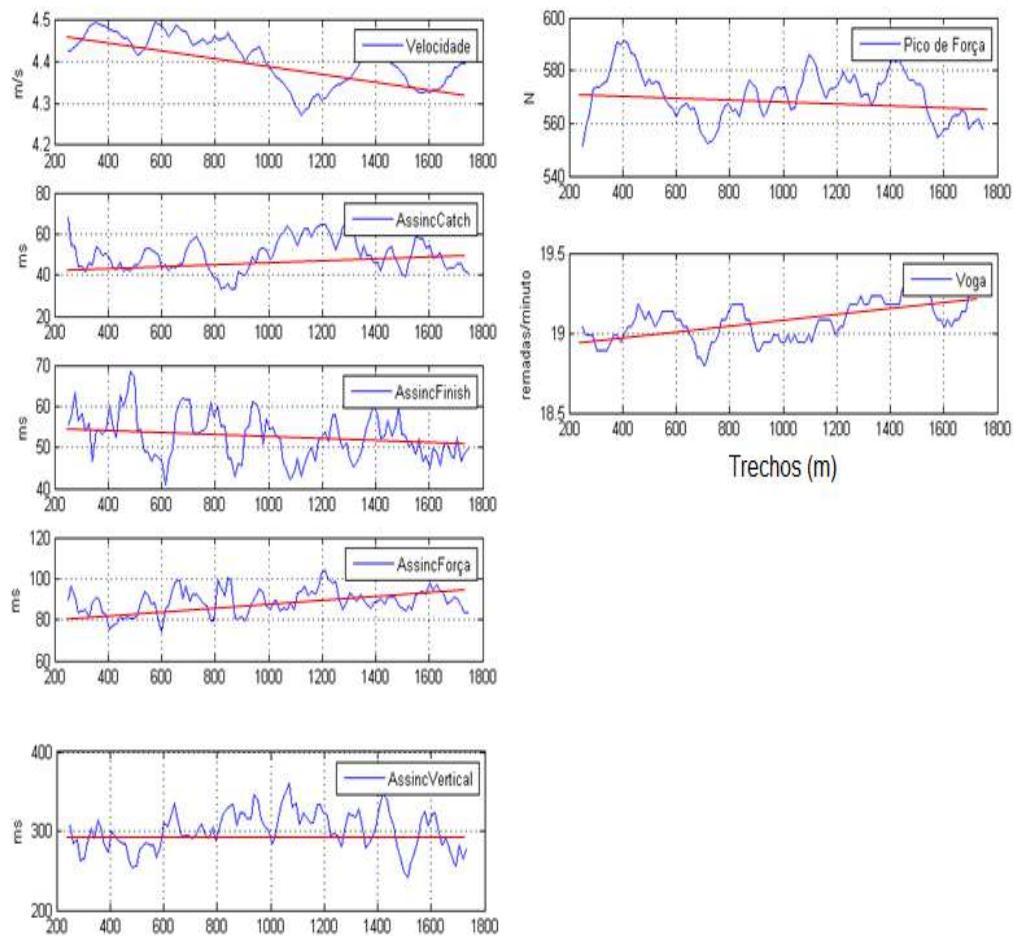


Figura 32: Sinais referentes às variáveis da GNC3.

Tabela 5: Matriz de Correlação da GNC3. Valores em negrito são estatisticamente significativos com $p < 0,05$.

	AssincCatch	AssincFinish	AssincForça	AssincVertical	VelMed	Voga	Pico de Força
AssincCatch	1						
AssincFinish	-0,2412	1					
AssincForça	0,3953		1				
AssincVertical	0,2851	-0,2689	0,3339	1			
VelMed	-0,5222	0,3981	-0,3398	-0,2193	1		
Voga				-0,2343	-0,2462	1	
Pico de Força			-0,2725				1

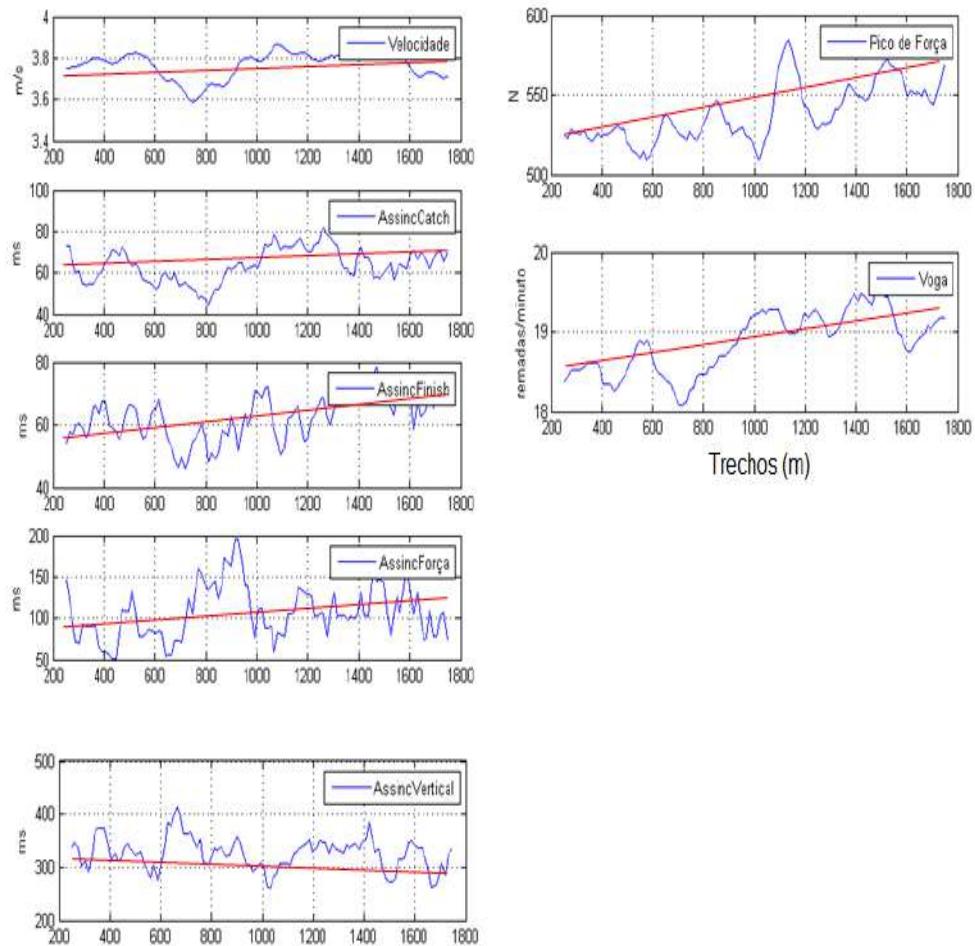


Figura 33: Sinais referentes às variáveis da GNC4.

Tabela 6: Matriz de Correlação da GNC4. Valores em negrito são estatisticamente significativos com $p < 0,05$.

	AssincCatch	AssincFinish	AssincForça	AssincVertical	VelMed	Voga	Pico de Força
AssincCatch	1						
AssincFinish		1					
AssincForça			1				
AssincVertical				-0,1881			
VelMed					1		
Voga						0,7221	1
Pico de Força							0,4986

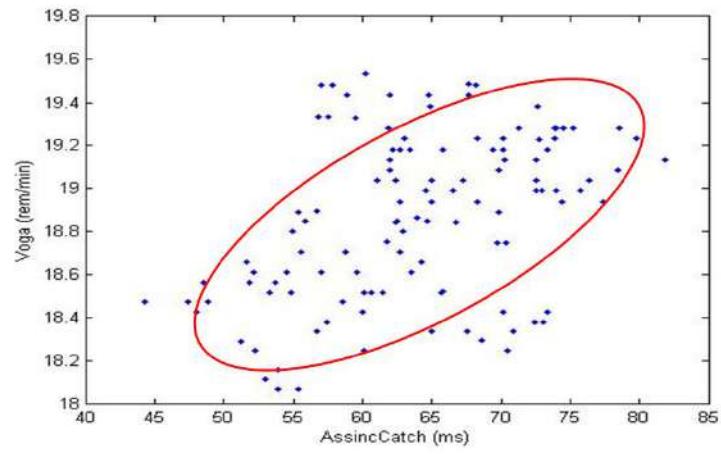


Figura 34: Distribuição das correlações.

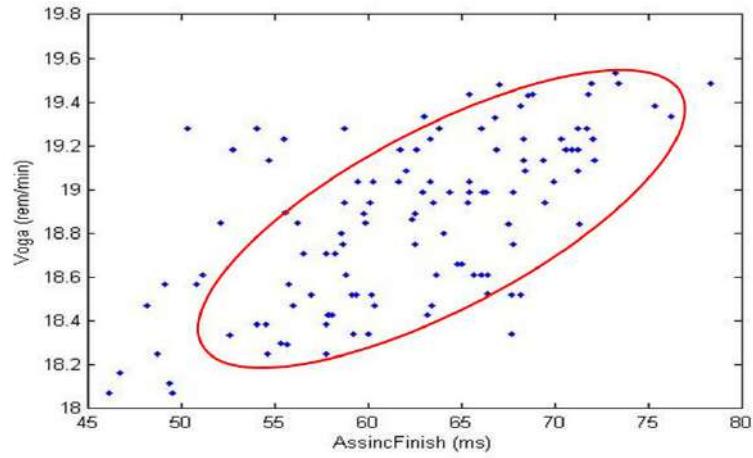


Figura 35: Distribuição das correlações.

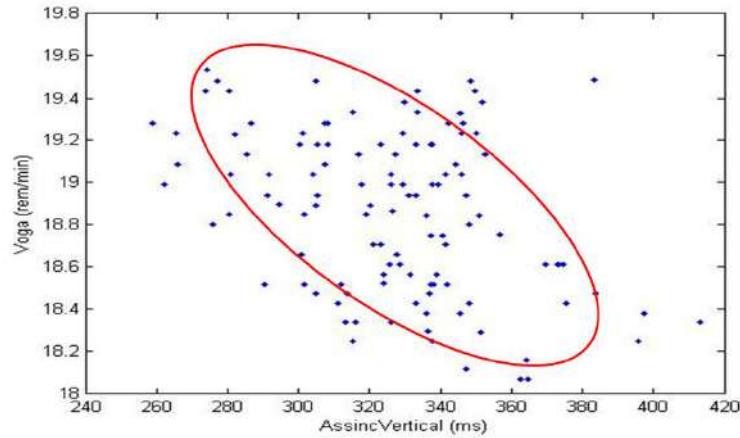


Figura 36: Distribuição das correlações.

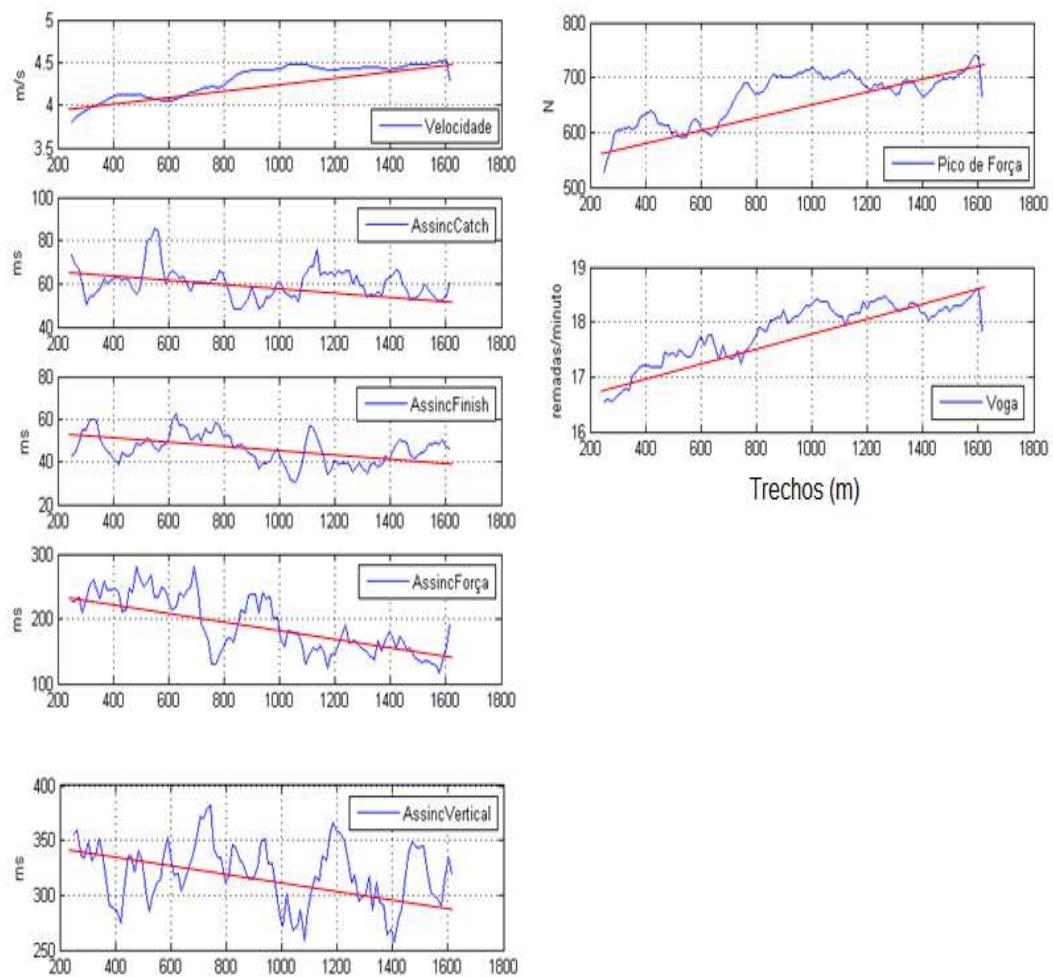


Figura 37: Sinais referentes às variáveis da GNC5.

Tabela 7: Matriz de Correlação referente à GNC5. Valores em negrito são estatisticamente significativos com $p<0,05$

	AssincCatch	AssincFinish	AssincForça	AssincVertical	VelMed	Voga	Pico de Força
AssincCatch	1						
AssincFinish		1					
AssincForça			1				
AssincVertical				1			
VelMed	-0,3148	-0,4338	-0,76	-0,3347	1		
Voga	-0,2481	-0,5385	-0,6476	-0,3049	0,8666	1	
Pico de Força	-0,418	-0,3422	-0,6304	-0,1991	0,8355	0,7494	1

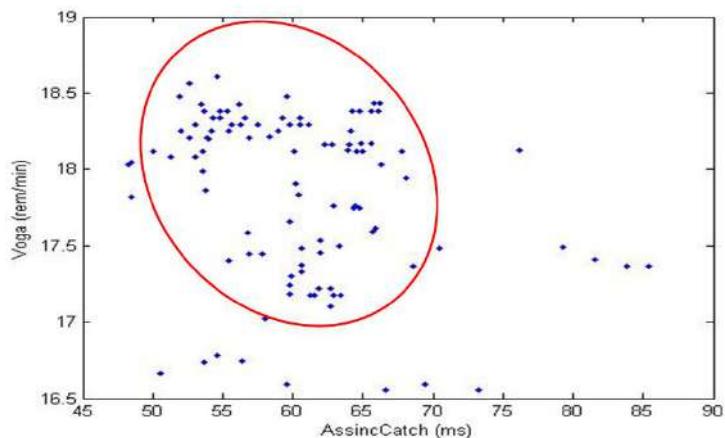


Figura 38: Distribuição das correlações.

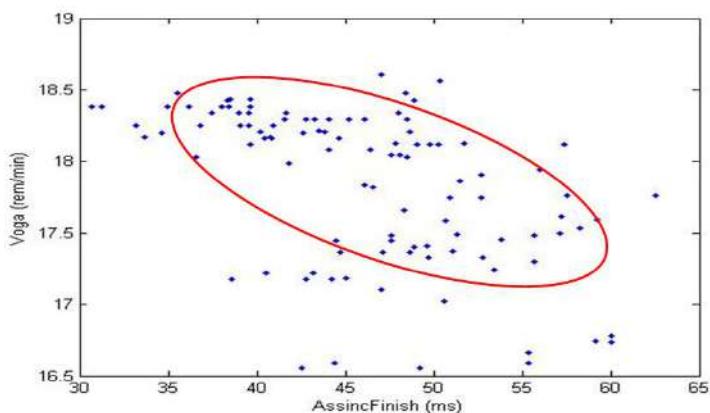


Figura 39: Distribuição das correlações.

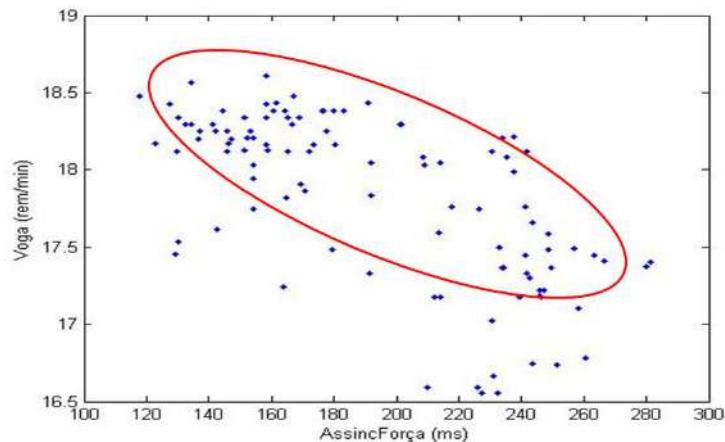


Figura 40: Distribuição das correlações.

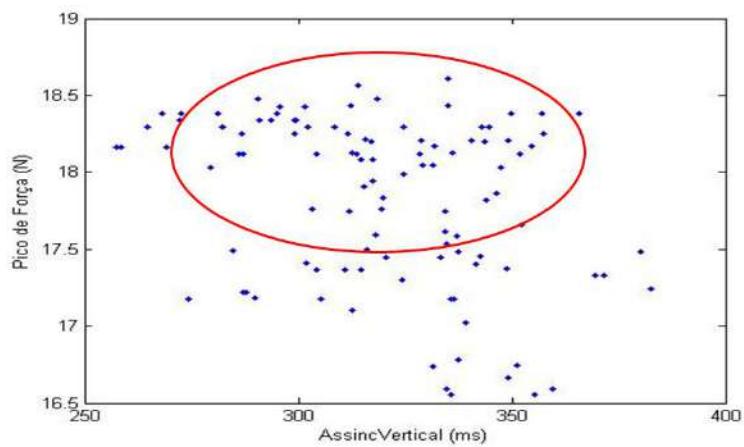


Figura 41: Distribuição das correlações.

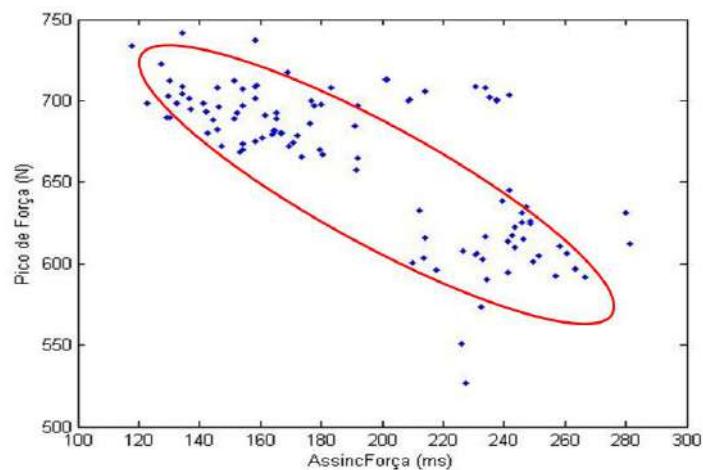


Figura 42: Distribuição das correlações.

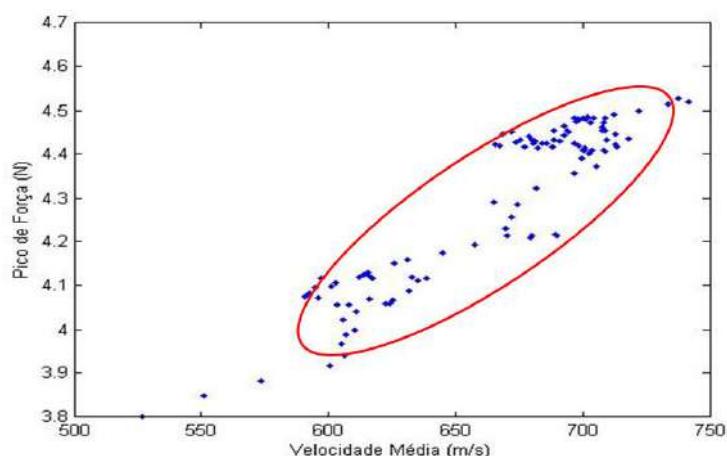


Figura 43: Distribuição das correlações.

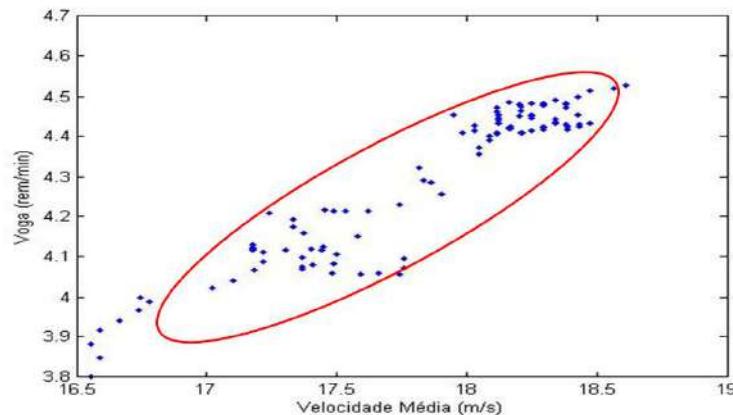


Figura 44: Distribuição das correlações.

Tabela 8: Resultados da análise de Regressão Múltipla, referentes ao p-Valor, R-Quadrado, R-Ajustado de cada garnição.

	GNC1	GNC2	GNC3	GNC4	GNC5
	p-valor				
(Intercepto)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0031	0,0939
AssincCatch	0,1794	0,0168	0,0002	0,0045	0,5160
AssincFinish	0,0633	0,1079	0,0025	0,1134	0,0023
AssincForça	0,4227	0,7676	0,0256	0,0181	0,0062
AssincVertical	0,0766	0,1463	0,9639	0,4337	0,0633
Pico de Força	0,1662	0,0000	0,5806	0,4878	0,0000
Voga	0,5907	0,0799	0,0016	0,0016	0,0000
R-Quadrado	0,2400	0,9610	0,4780	0,5690	0,9630
R-Ajustado	0,1980	0,9590	0,4490	0,5450	0,9610
p-Valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 9: Valores médios de todas as variáveis analisadas e somatório das variações percentuais da velocidade.

	GNC1	GNC2		GNC3		GNC4		GNC5		
	Média	DP (±)								
AssincCatch (ms)	46,49	7,57	70,92	11,11	49,94	8,02	63,9	8,09	60,38	7,14
AssincFinish (ms)	35,87	4,19	56,23	14,36	52,65	5,58	62,38	7,05	46,09	7,03
AssincForça (ms)	81,02	10,86	216,12	43,32	88,99	6,03	106,89	31,72	192,06	44,36
AssincVertical (ms)	219,46	21,94	267,04	32,24	300,79	24,32	326,58	29,96	319,67	27,8
Pico de Força (N)	372,64	8,41	322,31	51,63	570,7	9,14	538,43	17,79	664,96	45,54
VelMed (m/s)	4,37	0,04	3,52	0,22	4,41	0,06	3,77	0,07	4,29	0,19
Voga (Remada/minuto)	19,6	0,2	18,48	0,26	19,08	0,12	18,87	0,38	17,84	0,54

Capítulo 6

Discussão

O presente estudo abordou a análise de sincronismo e desempenho de cinco guarnições remando no mesmo barco, formado por oito remadores com timoneiro, durante um treinamento com ênfase na melhora técnica dos remadores, ou seja, treinar os movimentos de pernas e tronco; movimentos dos remos; e melhorar o entrosamento entre os remadores formadores de uma guarnição. O objetivo do estudo foi de encontro ao objetivo do Clube de Regatas do Flamengo, que foi analisar a guarnição com melhor desempenho para competir a regata estadual que aconteceu três meses após o início das coletas e análises. Porém, os resultados finais deste trabalho só foram concluídos após a realização do campeonato estadual. Desta forma, a equipe técnica do Flamengo trabalhou com resultados parciais disponíveis na época.

As cinco guarnições avaliadas apresentaram algumas características distintas e outras semelhantes ao realizar os treinamentos.

Os treinos ocorreram entre os meses de julho a setembro e as cinco guarnições analisadas treinaram em dias diferentes, porém com condições climáticas aproximadamente semelhantes. As guarnições 1 e 2 treinaram em dias com céu aberto, marola em grau 2 na escala de Beaufort (KLESHNEV, 2009), a guarnição 3 treinou com neblina e marola grau 1 na escala de Beaufort, e as guarnições 4 e 5 treinaram em dias nublados e com marola grau 1 na escala de Beaufort. Em todos os dias de coletas os barcos sofreram com ventos contrários aos movimentos do barco, ou seja, vento de proa.

De acordo com as análises é possível observar se os remadores se mantiveram constantes durante o treinamento, se pioraram ou melhoraram o desempenho ou se houve aumento de força e possivelmente da voga, sem causar déficit de sincronismo. Por exemplo, ao analisar a guarnição 1 (Figura 21) fica evidente que a equipe conseguiu manter todas suas variáveis analisadas constantes e obteve as menores diferenças de tempos ao analisar o assincronismo entre os atletas (Tabela 9) em relação às outras guarnições. Na regressão múltipla (Tabela 8) feita para esta guarnição, nenhuma das variáveis foi estatisticamente significativa com a velocidade, de acordo com o esperado, pois a velocidade foi constante durante o treino. Na matriz de correlação desta guarnição (Tabela 3), um fato chama atenção, a voga apresenta correlação negativa com todas as variáveis de sincronismo, apesar de serem

correlações fracas, mostrando que o assincronismo da guarnição acompanha as mudanças de voga que o barco sofre e que, em vogas mais elevadas, talvez o assincronismo desta guarnição não seja afetado negativamente, uma vez que o assincronismo tende a diminuir com o aumento da voga. Os gráficos de distribuição (Figura 22, Figura 23, Figura 24) dessas correlações nos ajudam a observar essa tendência, que possivelmente aumentando a voga, o assincronismo irá diminuir.

Assim como a guarnição 1, a guarnição 4 também manteve a velocidade média aproximadamente constante em todo o treino. De acordo com a Figura 33 podemos observar que a voga e a força sofreram um pequeno aumento durante o treinamento, mas que não resultou em mudanças na velocidade. Esse fato pode ser explicado pelo aumento do assincronismo, que gera forças de arrasto e atrapalham a melhora do desempenho. Essa afirmação faz sentido ao analisar a regressão múltipla desta guarnição (Tabela 8), pois o assincronismo de *catch* e da força possuem um peso maior ao estimar a velocidade, e portanto, são estatisticamente significativos. Do mesmo modo, a voga apresenta significância na regressão múltipla com a velocidade, mostrando que sua variação também influenciou o desempenho desta guarnição.

Na matriz de correlação desta guarnição os resultados coincidem com as análises realizadas previamente. As variáveis de pico de força e voga apresentam correlações significativas com quase todas as outras variáveis e, diferente da guarnição 1, as correlações destas duas variáveis com o assincronismo são positivas, confirmando a ideia de que ao aumentar a força e a voga também há aumento do assincronismo, sendo prejudicial ao desempenho do barco. As Figura 34 e Figura 35 ajudam a exemplificar as correlações positivas que podem ser prejudiciais ao desempenho da guarnição.

Logo, foi identificado que a guarnição 1 conseguiu realizar um treino considerado efetivo quanto ao planejado, mantendo os ciclos de remada constantes, com uma leve redução do assincronismo em relação às outras guarnições. Já a guarnição 4 não apresentou um bom desempenho, além de não ser efetivo ao realizar o treinamento, pois ao mesmo tempo que aumentou a voga e a força, sofreu com aumento do assincronismo entre os atletas, mostrando que faltou qualidade técnica entre os remadores e falta de entrosamento.

CUIJPERS *et al*, 2015, coloca em seu trabalho que é esperado que a coordenação entre os membros de uma guarnição piore quando a voga aumenta. Em seus resultados, a coordenação dos membros superiores, responsáveis pelos movimentos do remo, diminui o sincronismo com o aumento da voga. O autor ainda ressalta que não só o aumento da voga tende a piorar a coordenação, mas também as

vogas baixas podem causar tais déficits. Além disso, este estudo mostra indicadores de que o sincronismo tende a ser pior em vogas menores do que 30 remadas por minuto.

Ao analisar a guarnição 3, é identificado uma diminuição da velocidade média, enquanto as guarnições 2 e 5 apresentam aumento da velocidade média.

A guarnição 3 foi a que apresentou maiores variações nas variáveis de assincronismo, força e consequentemente uma redução da velocidade média ao longo do treinamento (Figura 32). De acordo com esta afirmação, temos o resultado da análise de regressão múltipla, que apresentou as variáveis de assincronismo de *catch*, *finish* e de força significativos para predizer a velocidade. Além disso, a voga também é estatisticamente significativa nesta análise. Ao analisar a série temporal da voga, é possível identificar um pequeno aumento ao longo do treinamento, mas que não foi efetivo em elevar a velocidade devido às significativas variações de assincronismo que ocorreram com esta guarnição. Além disso, o assincronismo e a voga estão correlacionados com a velocidade (Tabela 5). A partir dos 1000 m a voga aumenta e, apesar de reduzir o assincronismo de *finish*, aumenta o assincronismo de *catch* e força, causando aumento das flutuações da velocidade e, consequentemente, diminuição da velocidade média. Portanto, assim como na guarnição 4, a voga passa a influenciar o desempenho desta guarnição de forma significativa a partir da metade analisada deste treino, alterando seu objetivo principal que é aperfeiçoar o sincronismo e a coordenação a uma voga constante.

Até aqui fica clara a influência das variáveis de sincronismo sobre a voga, força e velocidade. No tipo de treinamento em que as guarnições foram analisadas, o ideal é que o barco entre em *steady state* (fase de equilíbrio), ou seja, mantenha os ciclos de remadas constantes, principalmente voga e força, para que os fundamentos da remada sejam executados com perfeição. Desta forma, as variações da velocidade podem ser atribuídas a outros fatores, diferentes de voga e força, como o sincronismo; movimentação das pernas e tronco; ou agentes externos (marola, vento, condições climáticas, etc). Mas caso ocorram variações de voga e força, os atletas precisam ser capazes de manter o sincronismo e assim manter, ou buscar melhorar o desempenho do barco.

Seguindo este caminho na análise entre as guarnições em um treino, é possível saber se o treinamento está sendo efetivo, se os atletas têm recursos para se adaptar às mudanças e qual momento está sendo afetado negativamente a ponto de causar prejuízos ao desempenho.

HOFMIJSTER *et al.*, 2007, afirma que o aumento da voga tende a causar um aumento das forças contrárias ao movimento do barco, podendo causar prejuízos no desempenho por aumentar a variação da velocidade. Além disso, com o aumento da voga, a aceleração do remador em relação ao barco também aumenta, gerando um momento de força importante contrária ao barco, podendo ser cada vez mais prejudicial ao desempenho do barco se a guarnição não for bem treinada e entrosada.

A média de força gerada por uma guarnição pode aumentar quando os movimentos são executados de forma adequada, com menor gasto energético em comparação a uma remada descoordenada. Isto pode ocorrer pelo melhor aproveitamento das alavancas, diminuindo as forças de arrasto contrárias ao barco. Em vogas menores, os remos são mais eficientes, devido ao melhor aproveitamento do movimento da remada e, também, porque em menores intensidades, as flutuações da velocidade são menores. Porém, quando os remadores passam a remar mais rápido, com objetivo de aumentar a voga e ao mesmo tempo aplicar mais força à remada, os barcos atingem velocidades maiores, porém aumentam as forças de arrasto contrárias ao barco, aumentam a flutuação da velocidade a cada ciclo de remada devido ao movimento de *recovery*, onde o remador se move ao contrário do movimento do barco, gerando uma redução de 5% a 6% da potência das remadas (KLESHNEV, VALERY, 1999; SANDERSON; MARTINDALE, 1986).

Dessa forma, fica estabelecido a importância de uma voga baixa, de aproximadamente 20 remadas por minuto para treinar as fases da remada, coordenação e sincronismo entre os remadores. Em alguns casos, a voga pode sofrer uma pequena variação mesmo se mantendo baixa e, nesses casos, se o assincronismo reduzir com um possível aumento da voga e consequentemente da velocidade, pode-se dizer que o treinamento foi efetivo, como são os casos das guarnições 2 e 5, discutidas a seguir.

A guarnição 2 conseguiu realizar um treino efetivo, levando em consideração que houve aumento da força, diminuição das variáveis de assincronismo e aumento da velocidade média (Figura 26). Talvez seja possível dizer que houve uma melhora da técnica e coordenação entre os remadores, pois esta guarnição conseguiu aumentar a velocidade sem aumentar a voga. Pela matriz de correlação (Tabela 3), pico de força está significativamente correlacionada com todas as variáveis e principalmente com a velocidade média, exatamente como na regressão múltipla (Tabela 8), mostrando que a força teve grande influência sobre a velocidade e que, provavelmente, aumentou devido à redução do assincronismo entre os remadores. As correlações entre velocidade média e voga com as variáveis de assincronismo também foram

significativas, mostrando que a execução coordenada dos remadores influenciam as mudanças do desempenho da guarnição.

A guarnição 5, assim como a 2, apresenta a velocidade média aumentando no momento em que a guarnição começa a aumentar a força de remada e a diminuir o assincronismo entre os remadores. Desta forma, o treino foi efetivo. Pela matriz de correlação (Tabela 7), as variáveis velocidade média, pico de força e voga apresentam correlações significativas com todas as variáveis de assincronismo, mostrando como elas são importantes para que o desempenho melhore.

Existe na literatura o conceito sobre padrão de força de um atleta, que representa o momento em que o remador atinge o pico máximo de força, alguns no início e outros no final da fase ativa. Com o treinamento específico, é possível mudar o padrão de um remador para que ele fique o mais semelhante possível de outros remadores e que participe de uma guarnição. Para isso é preciso um longo período de treino com todos da equipe (BAPTISTA, 2008; HILL & HOLGER, 2002; WING & WOODBURN, 1995). Com esta ideia, podemos entender o motivo da força das guarnições estudadas no presente estudo aumentarem sem alterar o assincronismo – mantendo-o aproximadamente constante – podendo entender que o padrão de força entre os remadores está semelhante.

Algumas limitações impediram uma análise mais completa sobre a biomecânica dos remadores. Um exemplo é a utilização de sensores que medem as acelerações dos carrinhos e do tronco dos remadores, que não foi possível de serem utilizados por não haver número suficiente para equipar uma guarnição com oito remadores, para medição desses dois parâmetros ao mesmo tempo, além do processo de montagem dos sensores no barco que, segundo os próprios remadores, atrapalhava seus movimentos no treino.

Além disso, uma análise individual sobre a força e resistência física dos atletas, referente aos movimentos da remada, seria importante de serem comparados, pois remadores que compõem uma guarnição com grande diferença fisiológica e de resistência física e aeróbica podem influenciar de forma negativa a coordenação e sincronismo da equipe. Outro fator de interferência a ser listado é o fato de que os remadores tinham 3 meses para treinar e serem selecionados para formar uma guarnição de oito remadores para uma determinada competição estadual, sendo que a maioria dos remadores avaliados nunca haviam remado juntos e o treino no barco 8+ acontecia somente duas vezes por semana.

As coletas foram sequenciais, ou seja, o primeiro dia de coleta foi realizado 3 meses antes da competição, e foi realizado com os remadores sem nenhum

entrosamento, e a ultima coleta, dias antes da competição, ocorreu com os remadores mais entrosados e com os atletas da guarnição praticamente definidos. Esse é um fator que pode explicar o melhor aproveitamento técnico da guarnição 5, que aumenta a força de remada sem alterar o sincronismo.

Alguns estudos também analisaram o sincronismo de uma guarnição, porém em todos eles foram usados as média das diferenças entre os remadores em relação ao remador voga, para saber a diferença no tempo entre os microciclos de uma remada. Através da média das diferenças, os valores obtidos podem ser negativos – quando os remadores estão adiantados em relação ao remador voga – ou positivos – quando estão atrasados em relação ao remador voga. Neste estudo foi utilizada a média quadrática após as diferenças serem calculadas. Dessa forma, os valores das variáveis de assincronismo serão sempre positivos. Este método de análise gera valores diferentes para as variáveis de assincronismo, ao comparar com outros estudos. Como exemplo, na Tabela 9 os valores se diferem de maneira considerável dos estudos de KLESHNEV, 2011 e HILL, 2002. Para o primeiro autor, uma guarnição com bom sincronismo em *finish* apresentou 20,8 ms e outra guarnição considerada assíncrona apresentou 41 ms. Os valores para o sincronismo para *catch* foram ainda menores, sendo 5,9 ms para uma guarnição considerada síncrona e 25,7 ms para uma não síncrona. O sincronismo de uma guarnição também pode variar dependendo do tipo de treinamento que será exigido aos atletas. Para um treinamento de intensidade, foi encontrado 11,2 ms para *catch* e 21,7 ms para *finish*, enquanto que para um treino de *endurance* foram encontrados 14,2 ms para o assincronismo de *catch* e 25,8 para *finish* (HILL, HOLGER, 2002). Desta forma, conclui-se que em treinamentos intensos o assincronismo de *catch* e de *finish* apresentaram menos erros do que em treinos de resistência, podendo ser explicado pela exaustão dos atletas.

Como visto na Tabela 9, o assincronismo do ângulo vertical é o momento em que há maior diferença entre os atletas, justamente na fase em que os remadores estão aplicando a força para remar. Entendendo que o ângulo vertical representa a profundidade que os remos atingem na água, espera-se que haja valores menores para o assincronismo, pois se cada atleta atingir certa profundidade em momentos diferentes, serão geradas forças de arrasto contra o barco que contribuem na sua desaceleração e consequentemente velocidades mais baixas. Por outro lado, o assincronismo de *finish* se apresentou inferior a todas as outras variáveis de sincronismo, mostrando-se uma variável importante de ser analisada. Caso o sincronismo na saída dos remos da água esteja reduzido, forças de arrasto também podem afetar negativamente o desempenho da guarnição, além de influenciar o inicio

de um novo ciclo de remada, considerando que o atleta não fará uma boa recuperação na fase passiva (HILL, H.; FAHRIG, 2009; HILL, HOLGER, 2002; KLESHNEV, VALERY, 2014b, 2015).

Além disso, as guarnições que aumentaram a aplicação de força do inicio para o final do treino e conseguiram reduzir o assincronismo tiveram um aumento significativo da velocidade – guarnições 2 e 5 – diferente da guarnição 3 que aumentou a força e também aumentou o assincronismo da força, levando a uma diminuição da velocidade.

Para melhor entender as relações vista neste trabalho, novos estudos devem ser realizados, a fim de entender qual a voga ideal para a guarnição que estará sendo analisada e qual o comportamento do assincronismo em relação ao desempenho, nestes casos. Além disso, é necessário criar métodos e um ambiente onde a guarnição fique assíncrona, para que com a evolução dos treinos e com o *feedback* passado ao remadores, possamos identificar se o assincronismo estará reduzindo de maneira eficiente.

Conclusão

De acordo com o presente trabalho, é possível concluir que o desempenho do barco é dependente do sincronismo entre os atletas. A voga e a força somente influenciam positivamente o desempenho da guarnição quando os atletas conseguem diminuir o assincronismo entre eles, ou pelo menos, manter constante e consistente durante os ciclos de remada.

O aumento da voga e/ou força com piora do sincronismo dos atletas tendem a aumentar as flutuações da velocidade, podendo causar diminuição da mesma.

Os achados podem ser usados como *feedback* à equipe técnica, mostrando os momentos em que ocorrem os erros técnicos associados ao assincronismo e a evolução dos atletas avaliados, facilitando a seleção de guarnições eficientes.

Além disso, foi observado que o assincronismo de *finish* tende a ser menor em relação a outras variáveis de sincronismo e o assincronismo vertical, maior. Esses achados podem servir de referência para um treino específico para determinada guarnição. Além disso, observou-se que a redução do assincronismo da força associada com o aumento do pico de força gerou aumento da velocidade, levando à melhora no desempenho.

Referências Bibliográficas

- BAPTISTA, R. R. ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS DA PRODUÇÃO DE FORÇA EM REMADORES. *Revista de Educação Física*, v. 141, p. 51–58, 2008. Acesso em: 30 out. 2014.
- BARTH, F. T. et al. ANÁLISE DE REGRESSÃO ENTRE VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS NO MOVIMENTO DE REMADA. *potência (W)*, v. 1, n. 2.00, p. 2–50, 2005. Acesso em: 30 out. 2014.
- BAUDOIN, A.; HAWKINS, D. A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *British journal of sports medicine*, v. 36, n. 6, p. 396–402, 2002a.
- BAUDOIN, A.; HAWKINS, D. A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *British journal of sports medicine*, v. 36, n. 6, p. 396–402, 2002b. Acesso em: 31 out. 2014.
- BORGES, A. C. *Instrumentação para o remo Olímpico*. 2013. 2013.
- CARAZZATO, J. G.; AMATUZZI, M.; GREVE, J. Reabilitação em medicina do esporte. São Paulo: Roca, 2004.
- CONCEPT2. Concept2. Disponível em: <www.concept2.com>. Acesso em: 12 ago. 2014.
- CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE REMO. <http://www.remobrasil.com/>. 2014. Acesso em: 11 fev. 2014.
- CUIJPERS, L. S.; ZAAL, F. T.; DE POEL, H. J. Rowing Crew Coordination Dynamics at Increasing Stroke Rates. *PLoS one*, v. 10, n. 7, p. e0133527, 2015.
- DICIONARIO ON-LINE DE PORTUGUÊS. <http://www.dicio.com.br/voga/>. 2014. Acesso em: 11 fev. 2014.
- DUCHESNES, C. J. et al. New approach for boat motion analysis in rowing. 1989, [S.I.: s.n.], 1989. Disponível em: <<https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2344>>. Acesso em: 5 dez. 2014.
- FISA. <http://www.worldrowing.com/>. 2014. Acesso em: 11 fev. 2014.
- HAIR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. [S.I.]: Bookman Editora, 2009. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=oFQs_zJI2GwC&oi=fnd&pg=PA7&dq=joseph+hair&ots=KH5HVd0gxn&sig=e-5zZDGi2mf2yuXktC2DyAnU5Ss>. Acesso em: 15 dez. 2016.
- HILL, H. Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. *Journal of sports sciences*, v. 20, n. 2, p. 101–117, 2002.
- HILL, H.; FAHRIG, S. The impact of fluctuations in boat velocity during the rowing cycle on race time. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, v. 19, n. 4, p. 585–594, 2009.

HOFMIJSTER, M. J. *et al.* Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of sports sciences*, v. 25, n. 4, p. 403–411, 2007.

ISHIKO, T. Biomechanics of rowing. *Biomechanics II*, p. 249–252, 1971.

KLESHNEV. Análise da Competição após Olímpicos 2012. 2012.

KLESHNEV. *Trends of boat speed and stroke rate*. Disponível em: <http://biorow.com/RBN_en_2014_files/2014RowBiomNews08.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2014a.

KLESHNEV, V. Case study on synchronization. mar. 2015. Disponível em: <http://www.biorow.com/RBN_en_2015_files/2015RowBiomNews03.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2016.

KLESHNEV, V. Propulsive efficiency of rowing. 1999, [S.I: s.n.], 1999. p. 224–228. Disponível em: <http://www.biorow.com/Papers_files/1999PropulsEff03.pdf>. Acesso em: 21 set. 2016.

KLESHNEV, V. *Rowing biomechanics*. [S.I.]: BioRow Ltd. Available online at http://www.biorow.com/Papers_files/2006%20Rowing%20Biomechanics.pdf (accessed 12 December 2012), 2006.

KLESHNEV, V. Rowing technique improvement using biomechanical testing. *Rowing biomechanics*, 2011.

KLESHNEV, V. Timing of synchronisation in a crew. maio 2014b. Disponível em: <http://www.biorow.com/RBN_en_2014_files/2014RowBiomNews05.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2016.

KLESHNEV, V. Weather and boat speed. 2009.

LIMEIRA, H. C. *et al.* Medidor de ângulos de remada. 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005436.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2014.

LIPPENS, V. The temporal and dynamic synchronization of movement in coxless oared shells. *Sport kinetics*, p. 39–44, 1997.

LLOSA, J. *et al.* REMOTE, a wireless sensor network based system to monitor rowing performance. *Sensors*, v. 9, n. 9, p. 7069–7082, 2009.

MAGILL, R. *Aprendizagem Motora: Conceitos e aplicações*. 8. ed. [S.I: s.n.], 2011.

MARTIN, T. P.; BERNFIELD, J. S. Effect of stroke rate on velocity of a rowing shell. *Medicine and science in sports and exercise*, v. 12, n. 4, p. 250–256, 1979.

MATTES, K.; SCHAFFERT, N. New measuring and on water coaching device for rowing. 2010. Disponível em: <<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/14137>>. Acesso em: 31 out. 2014.

MELLO, F. DE C. *Contribuição dos sistemas energéticos na água e em diferentes ergômetros de remo*. 2008. Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/39/39132/tde-27012009-085352/en.php>>. Acesso em: 2 nov. 2014.

NAKATU, L. V.; TSUKAMOTO, R. K. CADEIRA PARA REMO ADAPTÁVEL. *Mental*, v. 1, n. 24, p. 2–09, 2007. Acesso em: 2 nov. 2014.

SANDERSON, B.; MARTINDALE, W. Towards optimizing rowing technique. *Medicine and science in sports and exercise*, v. 18, n. 4, p. 454–468, 1986.

SMITH, R. M.; LOSCHNER, C. Biomechanics feedback for rowing. *Journal of Sports Sciences*, v. 20, n. 10, p. 783–791, 2002a. Acesso em: 31 out. 2014.

SMITH, R. M.; LOSCHNER, C. Biomechanics feedback for rowing. *Journal of Sports Sciences*, v. 20, n. 10, p. 783–791, 2002b.

SOPER, C.; HUME, P. A. Towards an ideal rowing technique for performance. *Sports Medicine*, v. 34, n. 12, p. 825–848, 2004.

WING, A. M.; WOODBURN, C. The coordination and consistency of rowers in a racing eight. *Journal of sports sciences*, v. 13, n. 3, p. 187–197, 1995.