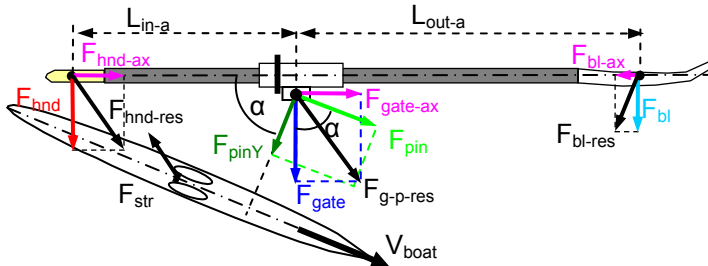


## Q&amp;R

**Q:** Recebemos questões sobre: Quais as diferenças entre as medidas da força no punho do remo, na forqueta ou fuso? Qual o método mais preciso?

**R:** Já discutimos os prós e os contras das medidas do ângulo no remo e na forqueta (RBN 2003/05). À semelhança, a força pode ser medida no punho, na pá, na forqueta ou no fuso.



Estes métodos têm os seguintes aspectos:

1. A força no punho  $F_{hnd}$  pode ser medida perpendicularmente ao eixo do remo através sensores de deformação portáteis ou aplicados no remo. De facto, o sensor mede a deformação do remo proporcional ao torque do remo  $M$  ou ao momento de força  $F_{hnd}$ ; pode ser calibrado pela força aplicada num ponto conhecido do punho. A potência produzida pelo remador,  $P$ , é calculada por:

$$P = M * \omega = F_{hnd} * L_{in-a} * \omega \quad (1)$$

em que  $L_{in-a}$  é a presente alavanca interna,  $\omega$  a velocidade angular do remo calculada a partir da componente horizontal do ângulo do remo. Neste caso, especialmente na ponta, a potência calculada não é afectada pelo ponto de aplicação da força do remador. É, pois, o método mais preciso para medir a potência do remador com um erro estimado de 1%. O senão, é a necessidade de calibrar cada remo, agora resolvido com a nova tecnologia (1).

A força resultante  $F_{hnd-res}$ , aplicada pelo remador ao punho, nem sempre é perpendicular ao eixo do remo. Onde, ela pode ser decomposta na componente normal  $F_{hnd}$  e tangencial  $F_{hnd-ax}$ . Esta é muito difícil de medir mas não produz nenhuma potência mecânica no remo. É transferida estaticamente através da cana do remo e gera uma força tangencial na forqueta  $F_{gate-ax}$ , soma dos vectores  $F_{hnd-ax}$  e da força tangencial na pá  $F_{bl-ax}$ . Assim, a força tangencial,  $F_{gate-ax}$ , é transferida através da forqueta, fuso, aranha e equilibrada estaticamente com a força do finca pés  $F_{str}$ . Portanto, **o remador deve apenas aplicar uma pequena força tangencial para manter o tacão em contacto com a forqueta e puxar o punho o mais na perpendicular possível.**

A componente normal da força na pá  $F_{bl}$  pode ser medida pelo mesmo método descrito acima para a força no punho e tem a mesma precisão no cálculo da potência do remador.

2. A forqueta roda com o remo e a componente normal  $F_{gate}$  e tangencial  $F_{bl-ax}$  da força na forqueta pode ser medi-

da no referencial do remo utilizando várias forquetas instrumentadas (2, 4). A potência do remo pode ser calculada pela equação 1 mas  $F_{hnd}$  calculada por:

$$F_{hnd} = F_{gate} * (L_{out-a} / (L_{in-a} + L_{out-a})) \quad (2)$$

em que  $L_{out-a}$  é a presente alavanca externa, do fuso da forqueta ao centro de força da pá. Não sabemos com precisão  $L_{in-a}$  e  $L_{out-a}$  pois desconhecemos os pontos de aplicação da força durante a remada. Convencionamos a sua localização no centro do punho e da pá. O erro estimado para o cálculo da potência do remador é de cerca 5%. A resultante da força na forqueta  $F_{g-p-res}$ , transferida para o fuso, é a soma das componentes normal,  $F_{gate}$ , e tangencial,  $F_{gate-ax}$

3. O fuso está fixo relativamente ao barco e o sensor no fuso mede a força no referencial barco (3). Normalmente, mede uma força paralela,  $F_{pin}$ , à componente tangencial do barco da resultante da força forqueta-fuso,  $F_{g-p-res}$ . A potência do remador é calculada a partir das equações 1 e 2 mas a força na forqueta,  $F_{gate}$ , calculada por:

$$F_{gate} = F_{pin} * \cos \alpha \quad (3)$$

A partir deste método, apenas uma parte da força produzida pelo remador pode ser medida (e.g. só metade no ataque para um ângulo do remo de  $-60^\circ$  pois  $\cos(60^\circ) = 0.5$ ). Também, as medições são afectadas pelos valores da força tangencial na forqueta  $F_{gate-ax}$ , a qual não produz potência como vimos acima. O erro estimado para o valor da potência do remador é 10%, nos pares, e sobe a 20%, na ponta (ver apêndices). A precisão deste processo pode ser melhorada pelo uso de sensores 2D no fuso da forqueta que mede a componente normal ao barco  $F_{pinY}$ . Neste caso, a precisão é igual à do método com sensores de força na forqueta: a magnitude e a direcção da resultante da força  $F_{g-p-res}$  pode ser determinada e a componente normal  $F_{gate}$  calculada utilizando o valor conhecido do ângulo da forqueta,  $\alpha$ .

A situação da precisão é inversa quando o objecto de alguns estudos é o cálculo do equilíbrio das forças no casco. Habitualmente, nestes estudos, a força no finca pés,  $F_{str}$ , é medida e a força propulsiva,  $F_{prop}$ , calculada para cada remador por:

$$F_{prop} = F_{pin} - F_{str} \quad (4)$$

Se a força é medida no punho, então,  $F_{gate}$  tem de ser calculada a partir de  $F_{hnd}$  utilizando  $L_{in-a}$  e  $L_{out-a}$  e, depois,  $F_{pin}$  a partir do ângulo do remo,  $\alpha$ . Aqui, a medida da força no fuso  $F_{pin}$  é o método mais preciso e o seu cálculo a partir de  $F_{hnd}$  pode dar margens de erro até 20% na ponta.

## Referências:

1. BioRow Ltd. BioRowTel telemetry system. [http://www.biorow.com/PS\\_files/BioRowTel.pdf](http://www.biorow.com/PS_files/BioRowTel.pdf)
2. Kleshnev V. 1988. Device for power measurement in rowing. SU Patent 1650171.
3. Peach Innovations Ltd.. PowerLine Rowing Instrumentation system. [www.peachinnovations.com](http://www.peachinnovations.com)
4. WEBA Sport. RowX Outdoor. [www.weba-sport.com/weba/rowx\\_outdoor.html](http://www.weba-sport.com/weba/rowx_outdoor.html)

## Contacto:

✉ ©2010: Dr. Valery Kleshnev,  
[kleva@btinternet.com](mailto:kleva@btinternet.com), [www.biorow.com](http://www.biorow.com)

**Apêndice 1. Parelhos: comparação das medidas no punho e no fuso**

Força no punho medida utilizando o sensor portátil do sistema BioRowTel v.3 (1)

Força no fuso medida utilizando uma forqueta instrumentada da PowerLine system (3) e calculando a força no punho a partir da equação 2 referida no texto.

Ambas as forças medidas em simultâneo durante cerca de 1 minuto calculando a média para uma remada tipo.

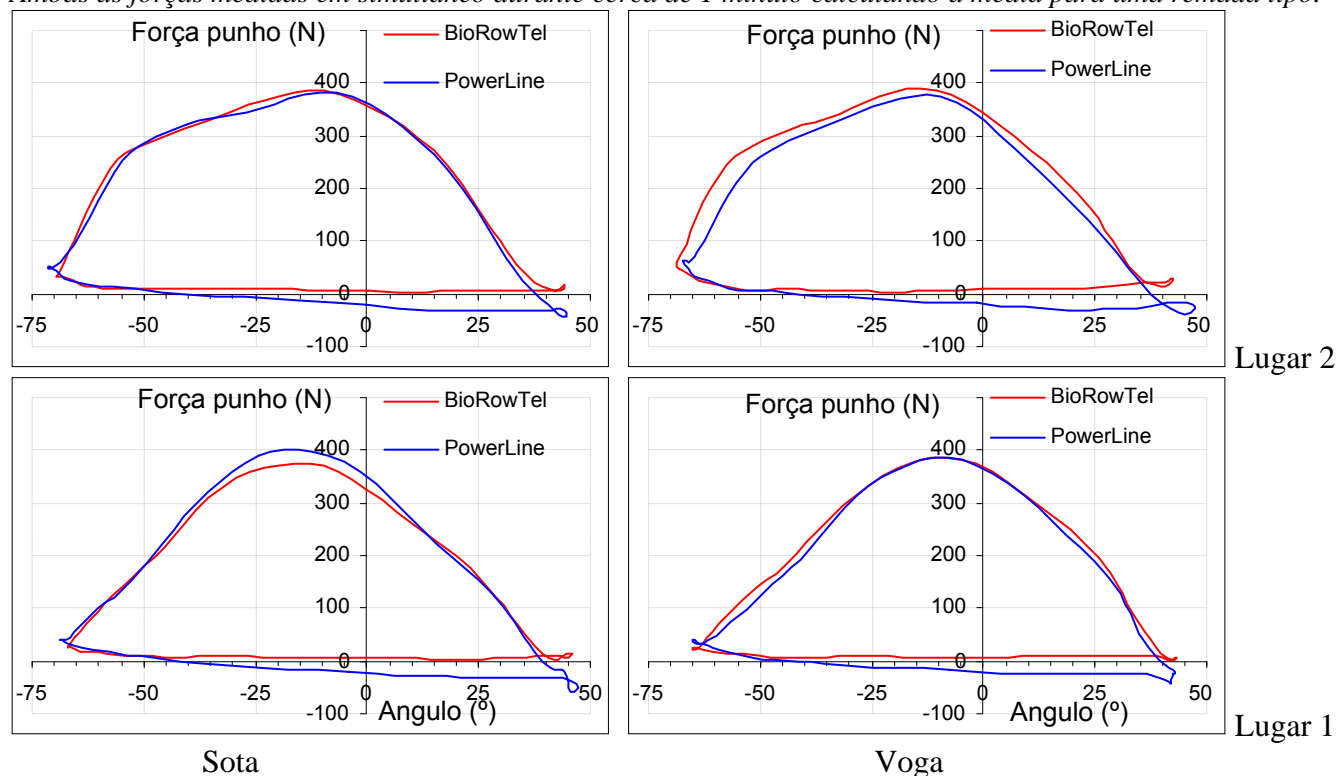


Figura 1. Comparação das curvas de força/ângulo num double scull, cadência 30

Tabela 1. Comparação dos valores calculados num double scull, cadência 30.

Dados do	Angulo BioRow-Tel (°)	Angulo Power-Line (°)	Diferença Absoluta (°)	Diferença Relativa (%)	Força Max BioRowTel (N)	Força Máxima PowerLine (N)	Diferença Absoluta (N)	Diferença Relativa (%)	Força Relativa BioRowTel (N)	Força Relativa PowerLine (N)	Diferença Absoluta (N)	Diferença Relativa (%)
Lugar 2 voga	111.1	114.9	-3.81	3.4%	391	377	13.3	3.5%	220	196	24.0	11.5%
Lugar 2 sota	114.0	116.0	-2.06	1.8%	387	381	5.8	1.5%	210	196	13.8	6.8%
Lugar 1 voga	108.3	107.8	0.48	0.4%	386	385	1.0	0.3%	173	180	-7.1	4.0%
Lugar 1 sota	112.8	115.7	-2.91	2.5%	376	401	-24.5	6.3%	178	184	-5.7	3.1%
Média	111.5	113.6	-2.1	2.0%	385.1	386.2	-1.1	2.9%	195.5	189.2	6.3	6.4%
Dados do	Potência Remo BioRowTel (W)	Potência Remo PowerLine (W)	Diferença Absoluta (W)	Diferença Relativa (%)	Força até 70% BioRowTel (°)	Força a 70% PowerLine (°)	Diferença Absoluta (°)	Diferença Relativa (%)	Força após 70% BioRowTel (°)	Força após 70% PowerLine (°)	Diferença Absoluta (°)	Diferença Relativa (%)
Lugar 2 Voga	144	130	13.3	9.7%	15.1	18.6	-3.5	20.7%	31.8	38.5	-6.7	19.1%
Lugar 2 Sota	146	144	2.7	1.9%	16.8	18.3	-1.6	8.9%	29.7	30.1	-0.4	1.3%
Lugar 1 Voga	127	123	3.8	3.1%	30.8	31.8	-1.0	3.2%	27.2	27.9	-0.7	2.6%
Lugar 1 Sota	127	133	-5.7	4.4%	26.2	28.4	-2.2	8.1%	36.1	38.6	-2.5	6.7%
Média	135.9	132.4	3.5	4.7%	22.2	24.3	-2.1	10.2%	31.2	33.8	-2.6	7.4%

**Apêndice 2. Ponta: comparação das medidas no punho e no fuso**

Força no punho medida utilizando o sensor portátil do sistema BioRowTel v.3 (1)

Força no fuso medida utilizando uma forqueta instrumentada da PowerLine system (3) e calculando a força no punho a partir da equação 2 referida no texto.

Ambas as forças medidas em simultâneo durante cerca de 1 minuto calculando a média para uma remada tipo.

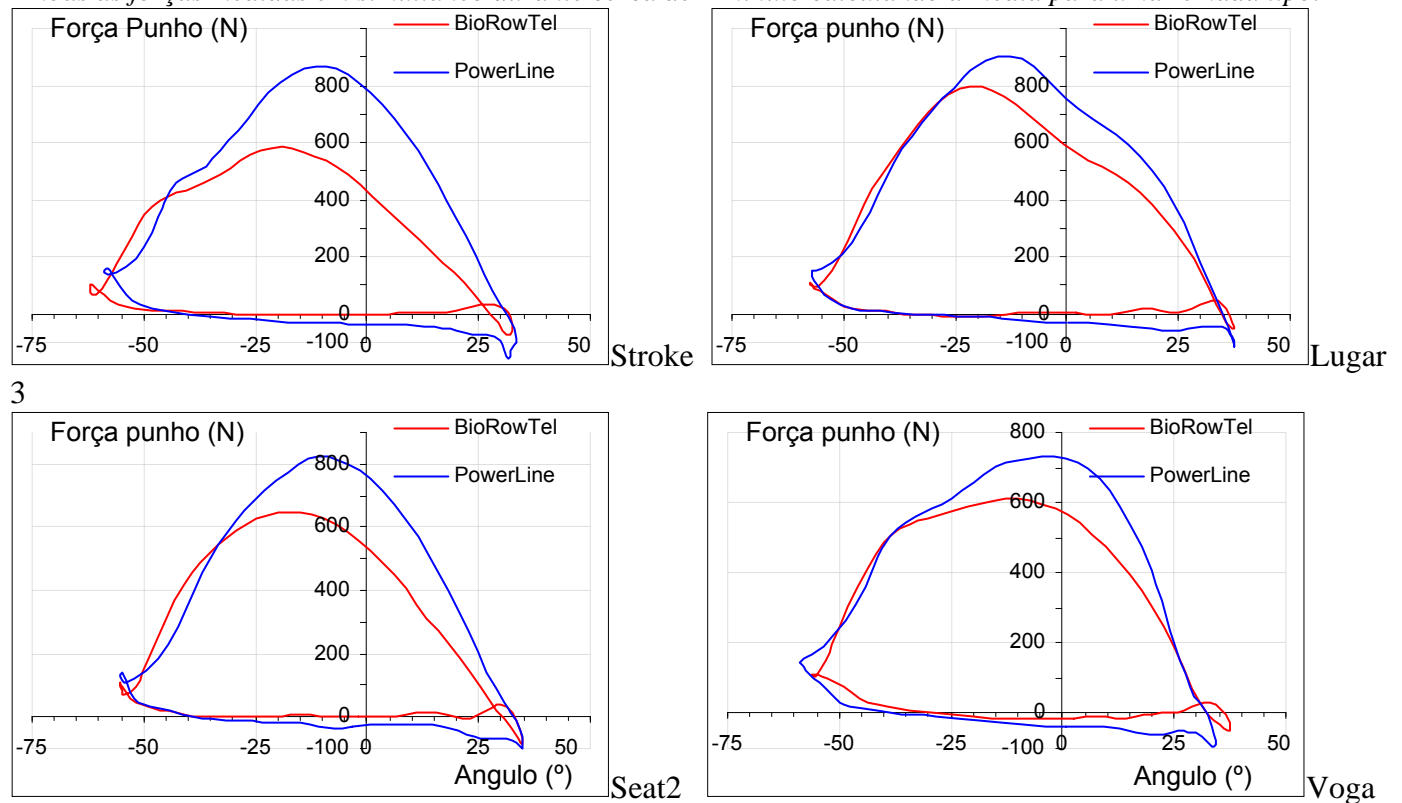


Figura 2. Comparação das curvas de força/ângulo num quatro, cadência 34

Tabela 2. Comparação dos valores calculados num quatro, cadência 34

Dados do	Angulo BioRow-Tel (°)	Angulo Power-Line (°)	Diferença Absoluta (°)	Diferença Relativa (%)	Força Max BioRowTel (N)	Força Máxima PowerLine (N)	Diferença Absoluta (N)	Diferença Relativa (%)	Força Relativa BioRowTel (N)	Força Relativa PowerLine (N)	Diferença Absoluta (N)	Diferença Relativa (%)
Voga	94.5	92.4	2.03	2.2%	583	865	-282.3	39.0%	297	457	-159.5	42.3%
Lugar 3	94.9	94.9	0.01	0.0%	800	905	-105.3	12.3%	398	459	-61.0	14.2%
Lugar 2	90.1	90.2	-0.07	0.1%	649	822	-173.0	23.5%	320	428	-108.4	29.0%
Proa	93.5	92.9	0.61	0.7%	614	733	-119.0	17.7%	339	432	-93.2	24.2%
Média	93.2	92.6	0.6	0.7%	661.6	831.4	-169.9	23.1%	338	444	-105.5	27.4%
Dados do	Potência Remo BioRowTel (W)	Potência Remo PowerLine (W)	Diferença Absoluta (W)	Diferença Relativa (%)	Força até 70% BioRowTel (°)	Força a 70% PowerLine (°)	Diferença Absoluta (°)	Diferença Relativa (%)	Força após 70% BioRowTel (°)	Força após 70% PowerLine (°)	Diferença Absoluta (°)	Diferença Relativa (%)
Voga	233	335	-101.7	35.8%	17.4	28.0	-10.7	47.1%	30.8	23.8	7.0	25.6%
Lugar 3	321	363	-42.5	12.4%	19.4	23.2	-3.8	17.9%	34.4	27.2	7.3	23.6%
Lugar 2	248	308	-59.2	21.3%	16.2	23.5	-7.3	37.0%	29.2	24.1	5.1	19.0%
Proa	271	314	-43.1	14.8%	13.3	21.1	-7.8	45.3%	24.6	18.0	6.5	30.7%
Média	268.2	329.8	-61.6	21.1%	16.5	23.9	-7.4	36.8%	29.7	23.3	6.5	24.7%