

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

RENATO PÉCCHIO GIMENIS

**DISPOSITIVO PARA
MENSURAÇÃO DA POTÊNCIA EM
EXERCÍCIOS SEMI-ATADOS**

Campinas
2010

RENATO PÉCCHIO GIMENIS

**DISPOSITIVO PARA
MENSURAÇÃO DA POTÊNCIA EM
EXERCÍCIOS SEMI-ATADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
(graduação) apresentado à Faculdade de
Educação Física da Universidade Estadual
de Campinas para obtenção do título de
Bacharel em Educação Física.

Orientador: Luiz Eduardo Barreto Martins

Campinas
2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA
PELA BIBLIOTECA FEF – UNICAMP**

G429d

Gimenis, Renato Pécchio

Dispositivo para mensuração da potência em exercícios semi-atados/
Renato Pécchio Gimenis. - Campinas, SP: [s.n], 2010.

Orientador: Luiz Eduardo Barreto Martins.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Faculdade de
Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.

1. Exercícios físicos – Tração. 2. Potência (física). 3. Instrumentos de
medição. I. Martins Luiz Eduardo Barreto. II. Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

dilsa/fef

Título em inglês: Power measuring device in semi-tethered exercises.

Palavras-chaves em inglês (Keywords): Physical exercises – Traction. Power (physics).
Measuring instruments.

Data da defesa: 30/11/2010.

RENATO PÉCCHIO GIMENIS

**DISPOSITIVO PARA MENSURAÇÃO DA
POTÊNCIA EM EXERCÍCIOS
SEMI-ATADOS**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) defendido por Renato Pécchio Gimenis aprovado pela Comissão julgadora em: 30/11/2010.

Luiz Eduardo Barreto Martins
Orientador

Luiz Fernando Paulino Ribeiro

Campinas
2010

Dedicatória

Dedico esta obra à todas as pessoas que passaram pela minha vida até o término desta importante etapa e que de alguma forma ficaram marcados em minha memória.

Tentarei de alguma forma ser o mais breve possível nesta passagem histórica da qual faço questão de relatar, pois, foi nela que meu caráter foi construído e que devo a todos por influenciarem na minha vida.

Como fator principal da minha educação, pela maior influência na minha construção social, acredito veemente que minha família foi responsável por hoje eu ser o que sou. Tivemos momentos muito felizes, porém, como tudo de bom na vida não dura para sempre, devido o destino, como já dizia minha mãe: “a galinha uma hora não conseguirá mais manter seus filhotes de baixo das asas”. Foi aí que por ter passado na UNICAMP tive que dar um “vazari” de casa.

Agradeço muito à minha família: Élcio Antônio Villa Gimenis (amado pai), Nívia Maria Pécchio Gimenis (querida mãe) e Thiago e Daniel Pécchio Gimenis (diletos irmãos). Obrigado pelos momentos felizes que passamos juntos quando criança, pela vida que me propiciaram e por sempre depositarem muita fé em mim (principalmente quanto a projeto de vida). Esta fé de quando eu sonhava ainda em me tornar um atleta de futebol, isso dizendo até meados do 3º colegial, onde não sabia nem o que era energia potencial, tabela dos elementos químicos, arestas e por aí vai uma lista enorme (claro que é mentira!). Mas é só para ilustrar o quão relaxado fui durante todo meu ensino fundamental e principalmente o médio.

E hoje eu penso, que se não fosse os seus conselhos (pai) pesando em meus neurônios, eu poderia estar perdido quanto a cursar uma faculdade. Obrigado por sempre ficar dizendo: “estuda filho, isso vai te fazer falta”. Acredito que por essa confiança depositada à mim fez com que eu me superasse e que da mesma forma que Juscelino Kubitschek de Oliveira discorreu sobre a economia brasileira crescer 50 anos em 5 eu tive que em 2 anos de cursinho aprender o que até então não tinha a menor idéia como se fazia, o bom é que não tinha que começar desde a 1ª série a resgatar conceitos (aí sim ficou tranquilo! hahaha). Não posso esquecer de agradecer pela ótima e saudosa passagem que meu querido cachorro Toddy teve pela minha vida, trouxe uma enorme paz ao lar além de alegria (estará sempre em meu coração

ferinha!). Abaixo coloquei algumas fotos dedicadas à minha família, mas são apenas três das muitas que eu poderia colocar, porém, para não acabar virando um álbum de fotografias foram apenas estas.



A última foto é representada pelos meus Avós, Hélio Pécchio e Carolina Alves Lima. O primeiro que infelizmente agora assiste do camarote celeste os caminhos traçados pelos seus descendentes marcou muito pela ótima alegria que espontaneamente apresentava (acredito “Tato” que a característica de ser muito alegre que tanto apresento para todos ao meu redor eu tenha herdado de você meu bom velho. Saiba que faz muita falta!). A segunda, que ainda viva (glória senhor!) ainda nos alegra com seu grande entusiasmo e palhaçadas (te adoro “Caruca” véia). Através deles que também foi possível que eu conseguisse entrar nesta tão almejada universidade. Pois também acreditando na minha capacidade ajudaram a meus pais a pagar um ano de curso pré-vestibular (2º ano de cursinho), caso contrário essa realidade que hoje vivo não aconteceria. Infelizmente meu avô campeão partiu nesse mesmo ano, não podendo alegrá-lo pela confiança dada a mim. Acontecimentos que lembro de nós, além de vários outros, quando nos reuníamos nos churrascos na chácara realizados na cidade “próxima de Avaré”, como é conhecida, ou

simplesmente Taquarituba. Quando reuníamos toda a “primaiada”, os tios, cachorros, e tudo mais que encontrarmos (como flores, pedras e por aí vai!).

Vale citar também meus outros dois avós, embora menos contatos estabelecidos entre nós, ficou em minha mente todos os momentos do também famosos churrascos na cidade tão longe quando Judas perdeu as botas (Echaporã). Cidade a qual minha querida avó Irene Villa Gimenis e meu falecido avô Luiz Gimenis que infelizmente convivi por muito pouco tempo viveram por muitos anos. Só para constar, vai com calma vó! Nunca vi “véinha” que trabalhasse tanto.

Embora não tenha ilustração ou até mesmo menções, gostaria também de dedicar aos meus tantos tios por parte de pai e mãe assim como primos. Amo muito todos vocês e não se preocupem por não serem citados seus nomes (tudo bem?). Todos foram bem representativos.

Agradeço muito família pela ótima educação e amor que tanto me deram a ainda dão!

Como segundo ponto importante, gostaria de mencionar meus amigos do prédio, que foram até o momento que fiquei em São Paulo, antes de passar na Unicamp, os amigos que mais mantive contato e que muita palhaçada poderia ser contada (só quem vivenciou sabe! Né não?!). Abaixo segue ilustrações dos “figuraças”, ou melhor, parte delas.



Vira e mexe, relembro de quando tomávamos advertências quando criança por andar em cima da grama, fazer barulho até depois das 22:00 horas e, como de práxi, que são quem viveu em cidade grande fazia, apertar campainha e sair correndo. Bom, devo dizer que me diverti muito, e mesmo assim tem uns figuraças, que apesar

de não estar em nenhuma das fotos, ainda nos presenteia com inúmeros protagonismos com direito a *Oscar* (acho que o nome nem precisa ser dito, hahahah). Bom, não irei entrar nesse mérito agora, quem sabe quando eu escrever minha autobiografia. Obrigado “irmãos”!

Em seguida, dedico também aos meus tantos amigos feitos através da escola: Doce Poly, Costa Braga, Paralelo e do cursinho Anglo. Abaixo, também por ilustração, dedico aos amigos do colégio já extinto Costa Braga. Apesar de ter perdido o contato, mas que felizmente posso a qualquer momento conversar com a maioria deles. Frequentemente me lembro de momentos animadores pelo qual passamos. Quando jogávamos bola no intervalo nos pedregulhos, sempre saindo um ralado. Quando fazíamos excursões e alguns vândalos tacavam bombas, assustando as professores e depois se virando com as anotações nas agendas para casa. Quando... e por aí vai! Obrigado queridos amigos! A seguir uma imagem do já então falado colégio, pelo qual foi o mais representativo dos três, devido ao maior período cursado nele. Período compreendido entre a 1ª série e o 2º colegial.



Devo agradecer também amizades formadas no Esporte Clube Banespa (molecada do tênis e dos campeonatos participados, sendo eles o interno e o interclubes). Agradeço também ao centro esportivo de futebol society, Rivellino Sport Center, local que conheci figuras muito importantes como o próprio Rivellino e sua bela jogada plástica (o elástico), além de muitos amigos: João Marcos e Lucas (a

família dos mil irmãos, todos gente boníssima), Vitor, Felipe, Jonas (amigão do colégio Costa Braga, o “negão”!),), além de alguns outros. Chegamos durante um curto período a formar um time, o Roma, e disputar contra outros times de amigos. O famoso futebol alegre, solto e envolvente! E mais uma vez agradeço e muito meus amigos!

Foi então, que passado esse momento histórico, adentrei nos meus até então quatro últimos anos desta linha histórica que tem muito o que percorrer ainda. Nestes quatro anos foram inúmeros amigos conquistados, sendo de diversos cursos, não só da Educação Física, claro que a maior parte dela. Logo no início da graduação contatos foram se perdendo por felizmente ou infelizmente, dependendo do ponto de vista, terem conseguido estágios, comparecendo na faculdade apenas para fazerem as disciplinas. Para organizar minhas idéias melhor e não esquecer de ninguém, vou dividir em grupos este período: faculdade, república, futebol e futsal, laboratório, Pirassununga. Na faculdade, queria agradecer toda a rapaziada que conheço que se estende desde a turma “06” até a turma “010”, além de “anexos”, que seriam os já formados ou que estão para formar. Porém, é claro, gostaria de mandar um “salve” especial para a minha turma. A turma “07” diurno. Recordar com vocês amigos: Dan, Vinci, Betinho (ta loco em querer medicina!), Rafa, Junim (mano somos muito doentes da cabeça juntos, você é fera!), Linão (parceirona) e Carica’s das nossas viagens para praia, adorei todas! E a que virá para fechar esse ciclo na virada do ano com a participação de alguns outros, Con e Tha.

Em seguida, lembrar do pessoal da república, as várias noites que passamos assistindo filmes, seriados e até jogando no computador (fala aí Rodolfo, parceiro de “corujões” e você também João até antes de ter que partir, faz falta “mano”). O Rafael que não dorme mais em casa e o Bob que grita enquanto fala e possui um alto grau de autismo. Estes são os que residem ou no caso do João residia na casa 135 do condomínio Bairro Alto. Porém, cabe ressaltar também, a república das meninas, na casa 131, local onde a Paula (“darling” do Rodolfo), Glauzinha (que consegue falar mais alto que o Bob e ainda por cima cada palavra por ela dita é seguida por gargalhadas, vai ver isso aí filha é problema!) e a república, também de meninas, só que da moradia. Composta pela Paola (nunca vi garota que gostasse tanto de “cana” e fosse tão festeira e conhecida como ela, brincadeira “Paolitcha’s”), Melissa/ Mê/ Melissinha (me deu uma enorme força em momentos um tanto depressivos, muito obrigado querida; você sabe a importância que teve nossas conversas, te adoro!) e

Amanda (nunca vi alguma menina mais cara de “pau”!), lembro daquele dia que você assustou o João dizendo que ele havia... hahahaha, sacanagem!

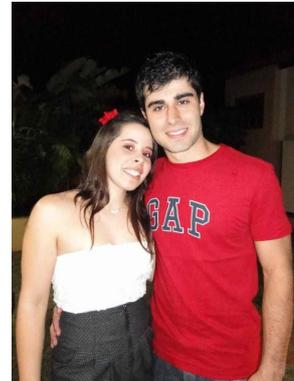
O futebol e futsal foram um processo muito importante durante minha graduação, pois através da prática conheci diversos amigos de outros cursos além de viajarmos para competições. A mais recente realizada no sul do país, jogando pelo nome da UNICAMP, LAU (Liga das Atléticas da Unicamp), que vale ressaltar que além do futebol a diversão foi imensa. Queria também parabenizar a bela atuação de Alessandro, ou Alê como preferirem, parecia até goleiro profissional catando no gol, tanto que a estatura nem foi empecilho (boa “molécão”). Além dele tantos outros parceiros, mas como ele foi destaque do time no campeonato foi o citado (fica triste não “Alani’s”, você também é feral!, mas não foi desta vez!): a galera da moradia, da faculdade e os “catados” dos outros cursos. Nosso time até tinha jogadores internacionais, quem diria hein! Todos “brothers”!

O laboratório de bioquímica do exercício (LABEX) e o laboratório de biomecânica (LIB) foram e acredito que ainda serão essenciais para meu crescimento acadêmico. Muito parceiros todos os integrantes. A rapaziada do LABEX: Rafael (Varginha), Kell, Ricardo, Rubinho, Fernandão, Thiago, Lucão, Renatão, Flaviane, Maurão e por aí vai. Podíamos fazer mais churras “só boleiragem”. E o LIB: Gabriel, Carlos, Fernanda, Felipinho, Lorena e Jú. E é claro, os professores responsáveis por esses laboratórios: Denise (LABEX), Barretesão e Sergião (LIB).

Além desses laboratórios, só mencionar a parceria criada também com o pessoal do laboratório de fisiologia do exercício (FISEX): Miguel, Fê’s, Edson, Gui, Ricardo e Cleiton. Abaixo, e desta vez juro, serão as últimas figuras de alguns dos homenageados pela importância que tiveram. E, por fim, ao Miguel de Arruda por abrir portas para que eu conhecesse o “mundo da bola”, e perceber o quão difícil ele é, mas mesmo assim continuarei tentando. E, ao seu mais novo orientado, e também meu parceiro de sala Duzinho. Grande parceiro de estágio no Guarani e de anedotas no bandeirão (você é menino bom!).

E por fim, o grupo referente à Pirassununga. Sorte eu ter ficado ano passado (2009) na república em Julho no Semalin (semana acadêmica da engenharia de alimentos) para estudar. Desta forma conheci você Jú. Tem sido uma pessoa maravilhosa para mim! Assim como sua família, só pessoas bonitas, de bom caráter e enorme carisma. As meninas da república, a rapaziada nativa e por aí vai.

Agradeço de coração à cada um de vocês que conheci, nesses que tem sido os meus últimos quatro anos, e me cativaram com seu jeito especial de ser. Abaixo segue algumas fotos dos poucos mencionados (prometo que serão as últimas). Obrigado!



Por fim, grande importância teve a UNICAMP, especificamente a FEF pela grande contribuição no meu desenvolvimento intelectual e saber que educação física não é só esporte. Obrigado aos seus funcionários: Tião, Paulinho (da piscina promovido para o ginásio, que beleza hein amigo?!), Gonzaga (grandes ajudas na biblioteca) e outros mais. Além disso, obrigado ao bandecão/ bandex e aos seus trabalhadores por salvar-me desde os princípios pela boa qualidade da comida e ótimo preço (R\$ 2,00 reais à vontade, quem é louco de reclamar disso?). Não esquecer também da figura carimbada e grande coração, Anísio. Encerro por aqui. E que venha o futuro...



“Dedico de coração esse importante trabalho a vocês que foram e são para mim essenciais. Sou muito grato por tudo que passamos juntos!

Espero que continuem sendo essas belas pessoas que são, e que aproveitem intensamente todos os momentos de suas vidas assim como eu as tenho feito. Vivenciem com extrema felicidade todos os dias, não permitam que mesmo em momentos difíceis a tristeza predomine.

Positividade sempre!

Obrigado amigos. ”

Agradecimentos

Agradeço a realização deste trabalho exclusivamente a genialidade do Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins que foi o mentor deste projeto a ser apresentado e que energicamente abracei essa idéia. Gostaria de ressaltar a grande ajuda no componente teórico por parte do Prof. Dr. Sérgio Augusto Cunha que colaborou enormemente na utilização correta de conceitos a serem empregados no ramo do treinamento. Obrigado também a Prof. Dr^a. Denise Vaz de Macedo, que embora não tenha participação direta, foi essencial na construção de meu conhecimento durante esses anos que se passaram. Vale ressaltar também a grande importância por parte do Prof. Dr. René Brenzikofer pela ajuda e estímulo para manusear o tão complicado MatLab.

Agradecimentos sinceros ao Rafael Alkmin Reis, Fernanda Lattes e a Roberta que colaboraram com dicas importantes para a escrita do trabalho. Não posso esquecer também da colaboração do meu grande amigo e parceiro de república Rodolfo Augusto de Carvalho Marques pela ajuda da ilustração esquemática do dispositivo, ao Manuel e Luis pela construção da base do equipamento, ao meu pai por ter conseguido a difícil ruela de PVC e, ao Gabriel por alguns “bicos” prestados. E, de igual importância, a colaboração dos operários da oficina da FEF, local aonde grande parte do meu equipamento foi confeccionado.

PÉCCHIO GIMENIS, Renato. **Dispositivo para mensuração da potência em exercícios semi-atados**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RESUMO

Exercícios semi-atados podem ser caracterizados como atividades intensas de curta ou longa duração. O propósito do presente estudo foi de confeccionar um dispositivo capaz de avaliar a potência nesses exercícios. O dispositivo, por meio de interações entre os componentes presentes na sua elaboração, é capaz de mensurar a força através da célula de carga e, a velocidade pelo fotomicrosensor, tendo assim, a potência gerada durante todo o estímulo. Por meio de um software elaborado, poder-se-á controlar a intensidade com que esses componentes podem se manifestar. Esse controle seria mantendo constante a força ou a velocidade devido a atuação de um motor de passos. Que por influência no freio a disco, tornaria o exercício mais livre ou restrito. Por ser um equipamento facilmente adaptável, torna-se específico para diversas modalidades esportivas, permitindo ao sujeito que for avaliado manter os padrões cinemáticos e requisitos metabólicos da modalidade que pratica. Mostrando-se muito valoroso na transferência dos resultados obtidos com a avaliação para a prática esportiva, em que a coleta da potência, ou até mesmo a força e a velocidade servirão fielmente para periodização de treinos. Porém, deve ser atentado ao fato do protocolo a ser utilizado e da restrição a ser imposta ao movimento, para que desse modo não altere esses parâmetros, perdendo a especificidade do treino.

Palavras-Chaves: dispositivo; mensuração; potência; exercícios especiais, semi-atados.

PÉCCHIO GIMENIS, Renato. **Power measuring device in semi-tethered exercises.**
2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ABSTRACT

The aim of this study was to fabricate a device capable of evaluating the power in semi-tethered exercises. These exercises can be characterized as intense activities of short or long term. The device, through interactions between the components used in its preparation, is able to measure the force through the load cell and the speed at photomicrosensor, and consequently the power generated throughout the stimulus. Through an elaborate software, power will control the intensity with which these components are expressed. This control would be at constant force or speed due to action of a stepper motor, which influenced by the disc brake, make the exercise more free or restricted. Being an equipment easily adaptable, it becomes specific to various sports, allowing the subject to maintain the kinematic standards and the metabolic requirements of the sport he practices. This seems to be very valuable in the transfer of results obtained from the sport evaluation. For the collection of power, or even the force and speed will serve faithfully for training periodization. However, one should be aware of the protocol being used and the restriction to be imposed on the movement, so the parameters aren't altered, losing the specificity of training.

Keywords: device, measuring, power, specific exercises, semi-tethered.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Métodos de treinamento de tiro resistido.....	24
Figura 2	- Sistema para determinar a força e o impulso em nado atado.....	25
Figura 3	- Dispositivo com modulação da intensidade.....	26
Figura 4	- Vias metabólicas utilizadas para fornecimento o de energia em diferentes durações de exercícios.....	32
Figura 5	- Ressíntese de PCr.....	34
Figura 6	- Esboço do DMPES-A.....	39
Figura 7	- Diagrama de bloco do sidpositivo.....	40
Figura 8	- Célula de carga para mensuração da força.....	42
Figura 9	- Conexão entre o motor de passos e o manete.....	42
Figura 10	- Interação entre o fotomicrosensor, disco do freio, freio a disco e o cubo.....	42
Figura 11	- Base de fixação do DMPES-A.....	44
Figura 12	- Representação da força externa atuando na célula de carga de acordo com a angulação em que o cabo é estirado.....	45
Figura 13	- Relação entre a diferença do diâmetro do cubo sem e com o cabo enrolado.....	46
Figura 14	- Conector em bloco de entrada/ saída.....	49
Figura 15	- Conversor A/ D.....	50
Figura 16	- Diagrama em bloco do software.....	50
Figura 17	- Painel frontal do software.....	51
Figura 18	- Relação entre o sinal da célula de carga e o tempo de duração do estímulo.....	53
Figura 19	- Relação entre o sinal do fotomicrosensor e o tempo de duração do estímulo	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos principais componentes e suas funções no dispositivo.....	43
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PID	Proporcional, Integral e Derivativo
F	Força
M	Massa
a	Aceleração
v	Velocidade
Δd	Varição de Deslocamento
Δt	Varição do Tempo
Pot	Potência
PCr	Fosfocreatina
I	Impulso
Δv	Varição da Velocidade
kg	Quilograma
M	Varição do Tempo
min	Minuto
V	Volume
O₂	Oxigênio
ml	Mililitro
VO₂	Volume de Oxigênio
MC	Massa Corporal
ATP	Adenosina Trifosfato
ADP	Adenosina Difosfato
NADH+H⁺	Nicotinamida Adenina Dinucleotídio reduzida
FADH₂	Flavina Adenina Dinucleotídio reduzida
Acetil-CoA	Acetil Coenzima A

C	Carbono
DMPES-A	Dispositivo para Mensuração da Potência em Exercícios Semi-Atados
s	Segundo
mV	Milivolt
N	Newton
t_{máx}	Tempo Máximo
NI	<i>National Instruments</i>
A/ D	Analógico/ Digital
IDT	<i>Integrated Device technology</i>
SPDT	<i>Single Pole Double Throw</i>
Vcc	<i>Common-Collector Voltage</i>
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i>

SUMÁRIO

1 -- INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Métodos utilizados para avaliar e melhorar a potência.....	21
1.2 Aferição da potência.....	27
1.3 Aspectos relevantes do treinamento.....	28
1.4 Treinamento especial: método tracionado.....	29
1.5 Capacidades metabólicas predominantes nos exercícios de curta e longa duração em alta intensidade.....	32
2 -- MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
2.1 Princípios operacionais do DMPES-A.....	39
2.2 Protocolo de montagem do DMPES-A.....	41
2.3 Funcionamento mecânico do DMPES-A.....	41
2.4 Fixação do DMPES-A.....	43
2.5 Determinação da força.....	44
2.6 Determinação da velocidade.....	45
2.7 Determinação da potência.....	47
2.8 Programação do DMPES-A.....	48
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1 Simulação dos sinais de força.....	53
3.2 Simulação dos sinais de velocidade.....	54
4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICES.....	63

1 - Introdução

Nesse capítulo será apresentada a importância desse método semi-atado para a melhora da potência, fazendo um comparativo com outros métodos existentes, além de fundamentar do porque dessas adaptações positivas gerada. Será enfatizado também que dependendo do protocolo utilizado para avaliação ou prescrição de treino poderá ser quantificada a potência embasada em parâmetros físicos (força e velocidade) para determinar se é proveniente predominantemente de metabolismos anaeróbios ou aeróbios de produção de energia.

1.1 Métodos utilizados para avaliar e melhorar a potência

Já é consenso da necessidade de incrementar os níveis de potência para o sucesso esportivo. A melhora do desempenho em atividades intensas de curta e longa duração é evidenciada em grande parte pela capacidade de resistência e pela potência. Sustentar e recuperar-se após intensos estímulos pelos sistemas de fosfocreatina (PCr) e glicólise anaeróbia láctica e, oxidativos aeróbios, são o que definem a capacidade anaeróbia e aeróbia, respectivamente (WEINECK, 2000, p. 23).

Da mesma forma, a potência anaeróbia ou aeróbia é a mobilização dessas fontes energéticas a fim de fornecer rapidamente energia para a atividade por unidade de tempo (McARDLE, KATCH, F., KATCH, V., 2008, p. 472). Indivíduos com boa resistência e potência, são capazes de sustentar alta intensidade de exercícios por maior período.

Com a intenção de buscar a avaliação e o treinamento da potência em modalidades esportivas, metodologias são utilizadas para responder de forma mais precisa e direta as análises almejadas. Como será visto abaixo, estes estudos foram exemplos de métodos utilizados para conseguir a potência.

O primeiro estudo a ser relatado, os pesquisadores Sharp, Troup e Costill (1982), apresentam uma pesquisa a qual elaboraram um equipamento isocinético específico para avaliar potência de braçada no nado livre (crawl) e traçar uma correlação entre potência e tiros. Observaram que existe uma relação direta entre aumento da potência e melhora no tempo de tiro. Levando-nos a acreditar que com o aumento da potência, tem-se a melhora do desempenho.

Em seguida, Brooks e Fahey (1984, p. 35-54) apresentam o cálculo do trabalho externo que é o produto de quilograma (kg) pela metragem (m) por minuto (min^{-1}), realizado para exercícios incrementais até a exaustão utilizando esteira ergométrica:

(1) Carga Extra

$$\text{Trabalho Externo} = [\text{velocidade (m.min}^{-1}\text{)}] * [\text{carga extra (kg)}]$$

(2) Inclinação

$$\text{Trabalho Externo} = [\text{peso corporal (kg)}] * [\text{velocidade (m.min}^{-1}\text{)}] * [\% \text{grau} / 100]$$

Após esses procedimentos, obtinha-se a eficiência ou potência energética, definida como volume (V) de oxigênio (O_2), em mililitro (ml), utilizado para deslocar um quilograma por um metro: kg.m.ml^{-1} . É calculada pela diferença entre os trabalhos realizados pela diferença entre os VO_2 ou volume de oxigênio (ml.min^{-1}) inspirados coletados pela bolsa de Douglas:

$$\text{Eficiência Energética} = \frac{\text{Trabalho com carga extra} - \text{Trabalho sem carga extra}}{\text{VO}_2 \text{ com carga extra} - \text{VO}_2 \text{ sem carga extra}}$$

Com esse teste, foi possível ser determinada a potência máxima aeróbia. A capacidade máxima de utilização de oxigênio para reação de óxido-redução por unidade de tempo.

Medbø et al (1988) determina a potência, porém, proveniente do metabolismo anaeróbio. Para chegar na potência anaeróbia, foi feito um teste (teste 1) de esforço de 10 minutos. Nos 2 minutos finais foram coletados (por um analisador de gases) em mais ou menos 20 intensidades submáximas diferentes, a captação de O_2 ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) correspondente. As

intensidades variaram de 35-100% da captação máxima de O₂. A captação máxima de O₂ foi obtida através de um procedimento modificado de Taylor, Buskirk e Henschel (1955). Com esse teste obtinha-se o comportamento linear da utilização de O₂ referente as diferentes intensidade de corrida. Essa metodologia possibilitou a determinação da potência aeróbia do indivíduo em todas essas intensidades submáximas. Conseguiu, portanto, estabelecer para cada intensidade de exercício a capacidade de oxidação aeróbia de substratos para cada indivíduo. Tendo então essa reta, fizeram outro teste (teste 2). Esse teste seria aplicado em intensidade supramáxima da relacionada com a captação máxima de O₂.

Em diferentes dias, foi realizado o teste aleatoriamente em que o voluntário deveria chegar à exaustão em 15 e 30 segundos e, 1, 2 e 4 minutos. Com isso, tinha-se a intensidade (m.min⁻¹) supramáxima realizada em esteira ergométrica que o voluntário conseguia desenvolver. A par disso, extrapolava esses valores de intensidade na reta de intensidade e captação de O₂ (teste 1). Com essa relação, por meio do comportamento linear e angular da reta, se chegava a uma captação de O₂ “fictícia” (demanda de O₂ acumulada) para tal intensidade. Fictícia pois, em intensidades supramáximas a ventilação é reduzida para esse tipo de atividade de curta duração e alta intensidade, sendo grande parte do exercício abastecido pelo sistema anaeróbio para produção de energia. Consequentemente, não é a demanda de O₂ “real” para dada intensidade.

Dessa forma, obtinha-se o déficit acumulado de O₂, através da diferença entre a demanda de oxigênio acumulada (extrapolamento dos resultados do teste 2 no teste 1) e a captação acumulada de O₂, que é a captação de O₂ coletada (bolsa de Douglas) durante os testes supramáximos. A pesquisa relata, portanto, que exercícios de alta intensidade, que levam a exaustão em no máximo 2 minutos estariam mobilizando prioritariamente fontes energéticas com alta demanda de ATP por unidade de tempo. Com isso, foi possível estabelecer a eficiência energética ou potência energética pelo metabolismo anaeróbio através do cálculo:

$$\text{Eficiência Energética (kg.m.ml}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Intensidade de Corrida (m.min}^{-1}\text{)}}{\text{Captação de O}_2 \text{ (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}\text{)}}$$

Porém, apesar desses estudos determinarem a potência durante o exercício, se mostram deficientes por não manterem a especificidade do exercício, sendo analisados em condições não reais. Esse fato é importantíssimo já que os valores avaliados serão mais

significativos caso sejam determinados a partir da atividade realizada em seu local específico. Já que deve ser levado em conta, vários fatores relevantes do treinamento, como: tipo de ambiente (campo, água, areia, etc.) condições ambientais (vento, temperatura, etc.) material utilizado (calçados, roupas, etc.). Esses fatores embora pareçam insignificantes, alteram e muito na determinação dos dados. Isso por que, uma avaliação controlada em laboratório, cria um ambiente “ideal” de modo que os resultados obtidos sejam mal estimados.

Preocupados com isso, outros pesquisadores desenvolveram metodologias as quais permitem que o indivíduo seja analisado em seu ambiente de trabalho. Mas, mesmo tendo essa particularidade a favor, peca ao serem utilizáveis apenas para um determinado tipo de exercício e/ ou por não possuir a capacidade de determinar a potência simultaneamente ao exercício, sendo, de certa forma determinada indiretamente. A figura abaixo representa dispositivos utilizados para os meios de campo para o treinamento da potência (ALCARAZ et al, 2008).



Figura 1 Métodos de treinamento de tiro resistido. Dispositivos mais utilizados para treinamento de potência em exercícios em solo: cinto de lastro [A], trenó de reboque [B], pára-quedas [C].

Desses equipamentos utilizados em solo, apenas o pára-quedas pode ser utilizado em água também, porém, ao contrário dos outros dispositivos, é o mais difícil de ser

adaptado no treinamento. Pois o vento interfere bastante (no solo) e para impor resistência diferente teria que utilizar outro tamanho, já que não tem a possibilidade de acrescentar carga no implemento. Já o cinto de lastro e o trenó de reboque, possibilitam o incremento de carga. Porém, o cinto de lastro com menor eficiência não incremento de carga, já que o indivíduo não conseguiria pendurar ao redor de seu quadril cargas excessivas. O trenó de reboque tem como dificuldade a direção que é feita a tração e o tipo de solo que interfere (grama, pista de carvão, concreto, etc.).

Nesses três tipos de equipamentos, existem forças externas que interferem de maneira diferente na cinemática do movimento, quando utilizadas cargas significantes, como observado acima na figura acima. Dos três implementos, o mais utilizado, principalmente no atletismo é o trenó de reboque.

Existem também métodos tracionados que assim como os equipamentos acima possibilitam a especificidade do exercício em seu ambiente real, com a mesma funcionalidade do trenó de reboque (que aparentemente possui maior facilidade em modular a intensidade do treino), onde o indivíduo semi-atado faria um gesto motor específico. A vantagem é que não necessita rebocar o trenó, descartando a desvantagem dele quanto a utilização em diferentes terrenos. Abaixo está representada uma figura esquemática desse tipo de método (PAPOTI et al, 2003).

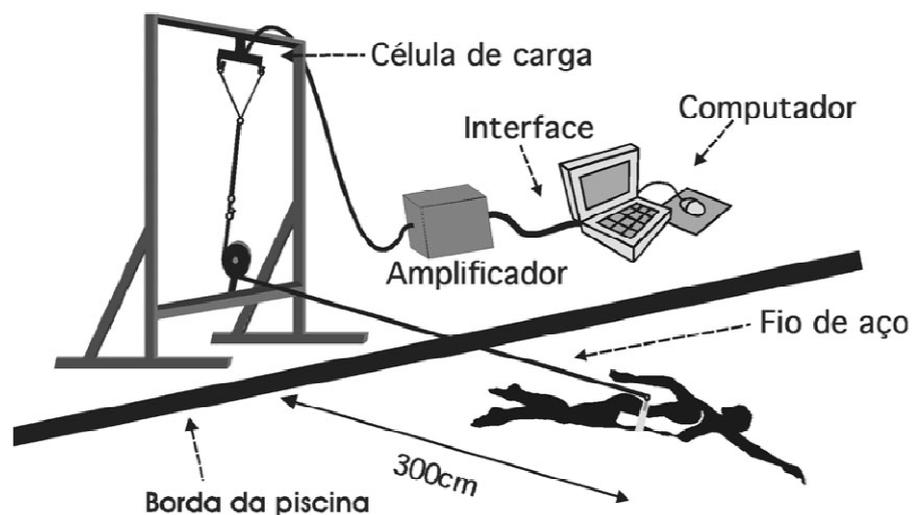


Figura 2 Sistema para determinar a força e o impulso em nado atado.

A figura acima representa um nado atado, onde o indivíduo estaria realizando o movimento específico do nado em seu ambiente, porém, não estaria reproduzindo a dinâmica ideal, que seria o deslocamento. Além disso, o equipamento representado acima, assim como todos os outros que têm a mesma função tanto em solo quanto em água, apenas mensura os parâmetros desejados, não tendo a capacidade de manipular intensidade do exercício.

Porém, diversos outros equipamentos foram elaborados, muitos deles atendendo melhor a função de se aproximar do gesto motor específico, sendo capaz de: mensurar as variáveis de força e velocidade; modular o modo como elas interferem no exercício; atender a especificidade mecânica e ambiental. A figura 3 a seguir representa um desses dispositivos (SHIONOYA et al, 1999).

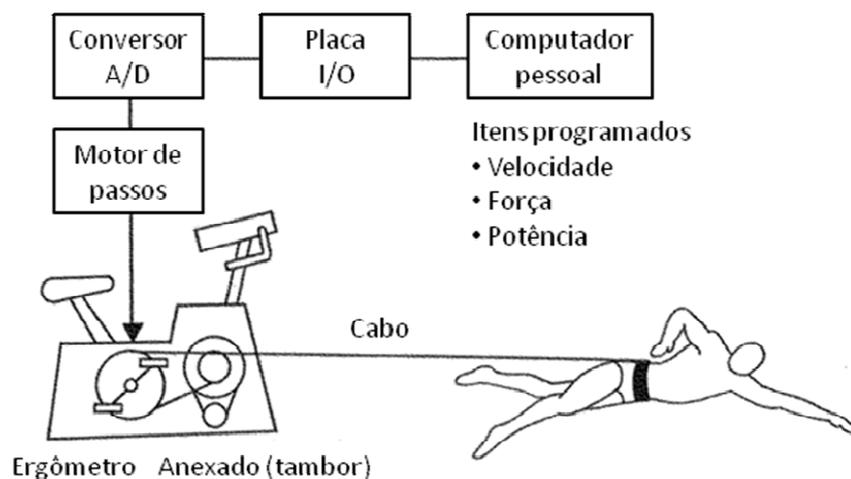


Figura 3 Dispositivo com modulação de intensidade. Essa modulação ocorre apenas com a carga a ser controlada

Contudo, a aquisição deles os torna um processo dificultante para utilização. Intento, com esse projeto, apresentar um dispositivo capaz de realizar todas essas funções tidas como fundamentais e ainda mais, sendo elas: o controle não só de uma variável, mas sim de duas (força e velocidade), utilização em diversas exercícios (tanto em água quanto em solo) e fácil deslocamento. Tendo a fidedignidade das relações dos resultados obtidos com a avaliação e transposição deles com a real ação em que os exercícios são efetuados.

Vale ressaltar que dependendo do protocolo utilizado, é possível a determinação da potência e resistência quanto ao metabolismo predominante durante o gesto técnico. Sendo assim, torna possível a determinação da potência e resistência aeróbia e anaeróbia.

1.2 Aferição da potência

A potência é um parâmetro físico que pode apresentar diversas definições dependendo da necessidade. Quando relacionada com o desempenho em exercícios físicos é comumente determinada pelo produto da força e velocidade ou pela variação energética pela variação do tempo.

De acordo com a segunda lei da mecânica de Newton, $F = M \times a$, ou seja, força (F) é a magnitude com que um corpo (M) é acelerado (a). A capacidade de gerar força está inserida nas seguintes variáveis:

a área de secção transversa do músculo; a densidade da fibra muscular por unidade de área da secção transversa; a eficiência mecânica da alavanca através da articulação; o número de fibras musculares contraindo simultaneamente; a frequência de contração das fibras musculares; a eficiência da sincronização do aquecimento das fibras musculares; a velocidade de condução das fibras nervosas; o grau de inibição das fibras musculares, as quais não contribuem para o movimento; a proporção de fibras musculares de grande diâmetro que estão ativas; a eficiência da cooperação entre diferentes tipos de fibras musculares; a eficiência dos vários reflexos elásticos no controle da tensão muscular; o limiar de excitação das fibras nervosas fornecidas ao músculo e; o comprimento inicial do músculo antes da contração. (ZATSIORSKY, 2000, p. 106).

Já a velocidade (v), definida fisicamente como $v = \Delta d / \Delta t$, é determinada pela capacidade máxima de variação de deslocamento (Δd) pela menor variação do tempo (Δt). A velocidade pode ser melhorada com exercícios que a estimule, tais quais exercícios assistidos com mecanismos que reboquem o indivíduo, havendo uma melhora na frequência de movimento; exercícios resistidos tracionados, os quais incrementam a velocidade devido o aumento da força muscular das musculaturas envolvidas no movimento específico, além de melhorar a amplitude de movimento e; exercícios sem ajuda ou resistência, ou seja, o tiro por si só (GIROLD, et al, 2006; MYER, et al, 2007). Dessa forma, havendo aumento das capacidades físicas força (F) e velocidade (v), tem-se, conseqüentemente, a melhora da potência (Pot), variável que é definida por $Pot = F \times v$.

Ao dar, por outro lado, ênfase na determinação da potência na área da bioenergética, seria aferida da seguinte maneira: potência (Pot) é igual a variação de energia (ΔE) pela variação do tempo (Δt), sendo assim, $Pot = \Delta E . \Delta t^{-1}$.

A variação energética é determinada através de mecanismos os quais conseguem quantificar a diferença energética entre dois períodos em uma avaliação ou teste com duração determinada.

A par disso, é possível com a aferição da potência, determinar durante um exercício, parâmetros físicos (força e velocidade) ou mais dificilmente, pois depende muito do protocolo a ser utilizado, bioquímicos (vias metabólicas predominantes na produção de energia).

1.3 Aspectos relevantes do treinamento

O modo como um treinamento é gradativamente elaborado é determinante para a melhora do desempenho de indivíduos em exercícios específicos. Essa periodização será de acordo com princípios a serem seguidos, resultando, quando bem trabalhados, no aprimoramento das capacidades determinantes do exercício.

Weineck (2003, p. 28), divide em quatro grupos principais esses princípios:

- Sobrecarga
- Ciclização
- Especialização
- Proporcionalização

Numa periodização, a proporcionalização de que ocorrem os eventos, tais quais: período do treinamento, capacidades a serem focadas e estímulo são essenciais para o aprimoramento esportivo. Dentro desses eventos, a sobrecarga ganha um papel fundamental. Ela é caracterizada por causar “falsa” ruptura da homeostasia orgânica. Falsa, pois o organismo não tem a quebra dessa homeostasia, e sim adaptação a carga imposta, podendo ser aguda ou crônica. Essa ruptura, a cada sessão de treino, causa adaptação gerada pelo treinamento.

É de fundamental importância que ocorra a ciclização. Por ela, as adaptações

não declinarão ou, dependendo das situações, no mínimo se manterão. Por último, a importância da especialização, a preocupação em saber o momento ideal de se trabalhar em condições específicas da modalidade.

A par disso, focando ganhos numa determinada modalidade, o treinamento deve se ater à esses princípios de tal forma que o princípio da especialização, de acordo com Weineck (2003, p.36), deve ser o orientador:

Para um treinamento prolongado tendo em vista um alto desempenho em uma modalidade esportiva, todos os objetivos, métodos, programas e procedimentos devem estar direcionados para os requisitos exigidos por tal modalidade em todas as etapas do treinamento.

Ainda, segundo Zatsiorsky (2000, p. 107), a melhora no desempenho esportivo devido a especialização se dá através do:

tipo de contração muscular; padrão de movimento; região de movimento; velocidade de movimento; força de contração; recrutamento de fibras musculares; metabolismo; adaptação bioquímica; flexibilidade e fadiga.

Com isso, todo o treinamento é periodizado para que se gaste maior tempo no período específico do treinamento. Mas isso, levando em consideração atletas de alto rendimento. Já que quem não se encontra nesse nível de adaptabilidade precisa construir um acervo geral antes, onde irá preparar o organismo para maiores intensidades de treino.

1.4 Treinamento especial: método tracionado

O principal objetivo dos treinadores é de acarretar o aumento da força média pelo tempo de contato com o solo ou meio líquido. Desta forma, maior será o impulso (I) que é o produto da massa (M) pela variação da velocidade (Δv): $I = M \cdot \Delta v$. Influenciando diretamente na manifestação da velocidade (ALCARAZ, PALAO, ELVIRA, 2009).

Várias pesquisas têm apontado para investigações de diversas formas de ocasionar incremento da potência, através do treinamento da força e velocidade. Tais estudos têm sido feitos com atletas de modalidades individuais, principalmente com velocistas e nadadores e,

modalidades coletivas, futebol, rúgbi e futebol americano (MURRAY et al, 2005; PAPOTI et al, 2003; SPINKS et al, 2007).

Por meio de treinamentos especiais houve melhoras significativas na fase de aceleração e conseqüentemente no tempo do exercício, tanto em modalidades de água quanto de solo (CORN, KNUDSON, 2003; HARRISON, BOURKE, 2009; MYER et al, 2007; ZAFERIDIS et al, 2005).

A partir da primeira década do segundo milênio, houve muitas pesquisas na área de treinamento especial para a obtenção da potência. Tal feito foi conquistado por meio do método tracionado. Com a tração produzida pelo indivíduo em um determinado dispositivo, obtinha-se a potência externa produzida. O método tem como vantagem o aprimoramento da força e velocidade sem a perda do gesto técnico característico da modalidade esportiva.

Sabendo, portanto, que a potência é um parâmetro importantíssimo a ser aperfeiçoado, deu-se início a vários outros estudos, em modalidades realizadas em solo e água. Trouxeram como relevância, métodos de treinamento que visavam superar os níveis até então tidos de força e velocidade. Estes métodos protocolados foram muito dirigidos para comparações entre exercícios resistidos com peso ou por especiais, no viés de qual deles seriam a melhor opção para o aprimoramento esportivo.

De acordo com um estudo, exercícios resistidos globais e especiais alteram positivamente a velocidade máxima do indivíduo, não havendo diferença significativa entre ambos os modelos no incremento da velocidade. Ainda que não haja cientificamente diferença entre os dois modelos, os exercícios especiais apresentaram menor tempo de duração da avaliação, chegando a atingir maior velocidade, ou seja, melhor desempenho no tiro (GIROLD, et al, 2007). Transferindo estes resultados para o campo de trabalho, a melhora de frações de segundos é determinante de se tornar ou não campeão, podendo-se, portanto, acreditar que é mais importante maior utilização do treinamento de força especial ao invés do global.

Tendo em vista a importância deste modelo, existem como em todos os outros métodos preocupações a serem tomadas para que seja da melhor forma empregado. Um caso muito estudado no treinamento especial tracionado é a carga a ser utilizada, pois, de acordo com algumas pesquisas, existe relação entre carga utilizada e comportamento cinemático (ALCARAZ, PALAO, ELVIRA, 2009; LOCKIE, MURPHY, SPINKS, 2003; MAULDER, BRADSHAW,

KEOGH, 2008). A carga é considerada ótima quando não altera significativamente o padrão de movimento da modalidade esportiva.

Os autores argumentam que a melhor forma de trabalhar com essa relação (nos esportes em solo) seria através do percentual da massa corporal (% MC) do atleta. A carga não poderia ocasionar uma queda para níveis abaixo de 90% da velocidade máxima. Pois desta forma estaria mantendo o objetivo do treino de treinar em alta intensidade, próxima da máxima, para melhorar a velocidade máxima. Em suas pesquisas observaram que à medida que há o incremento da carga ocorre a diminuição da velocidade nas distâncias analisadas.

A diminuição da velocidade ocorre por detrimento da resistência imposta ao movimento. Este declínio é observado nos esportes praticados em solo com a queda e aumento de alguns parâmetros cinemáticos: frequência/ amplitude de passada e tempo de vôo (diminuem), enquanto inclinação do tronco e flexão do quadril (aumentam). Isto em esportes terrestres (LOCKIE, MURPHY, SPINKS, 2003). Já em esportes aquáticos, a queda é representada principalmente por redução da frequência de braçada (GIROLD et al, 2006).

Após um programa de treinamento contínuo, o treinamento especial semi-atado melhora significativamente o desempenho esportivo do atleta quando comparado ao grupo controle. Uma investigação realizada (ALCARAZ et al, 2008) com atletas velocistas, apresentou ganho da velocidade (fase de aceleração) por consequência do aumento da força.

Porém, esta relação de aumento da velocidade pelo treinamento da força ainda está em aberto, já que alguns estudos apresentam que para a melhora da velocidade e consequentemente da potência, tanto o treinamento global quanto o especial por meio da tração apresentam a mesma eficiência no ganho de força. Sendo importante um estudo longitudinal de treinamento (ao invés de programas curtos), em que seria visto realmente o efeito dos dois tipos de treinamento (CORN, KNUDSON, 2003). Segundo, ainda, Zafeiridis et al (2005), um treino combinado de força e velocidade traria mais benefício para velocistas. Já que o primeiro pelo método semi-atado melhoraria a fase de aceleração (0-20 metros) e, o segundo incrementaria a fase da máxima capacidade de velocidade (20-40 metros).

1.5 Capacidade metabólicas predominantes nos exercícios de curta e longa duração em alta intensidade

A necessidade de antecipar-se em relação ao adversário é essencial para o sucesso esportivo (BENNETT, SAYERS, BURKETT, 2009; CORN, KNUDSON, 2003; MURRAY et al, 2005). Sendo assim, é importante o aprimoramento da potência, caracterizando uma atividade de alta intensidade (GIROLD et al, 2006; PAPOTI et al, 2003).

A relação de deslocamento pelo tempo nos remete a uma das variáveis do treinamento, a intensidade do exercício. Segundo Marzzoco e Torres (2007), nosso organismo responde metabolicamente diferente de acordo com a duração da atividade, predominando em cada caso uma determinada via metabólica. O intuito final destas vias é a produção de adenosina trisofosfato (ATP), molécula de alta energia, responsável pelo fornecimento de energia para a realização dos movimentos (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 318). A figura a seguir demonstra o comportamento de nosso sistema metabólico ao gerar energia ao longo da intensidade do exercício.

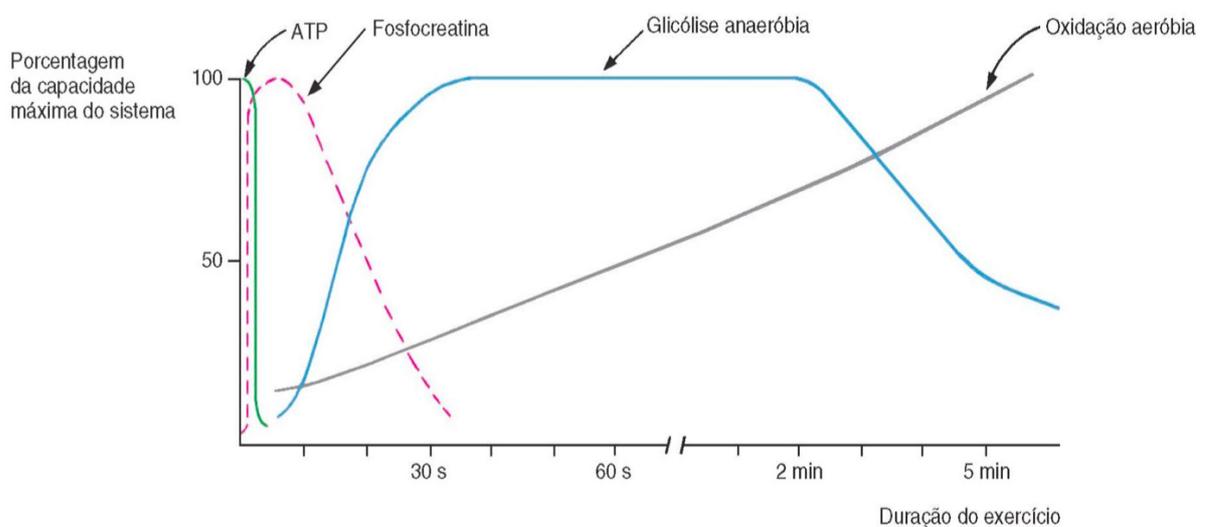


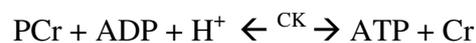
Figura 4 Vias metabólicas utilizadas para fornecimento de energia em diferentes durações de exercícios. (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 322).

De acordo com a figura 4, os exercícios de alta intensidade e pouca duração (até 30 segundos) seriam, predominantemente, abastecidos pelos sistemas de PCr e glicólise anaeróbia.

Durante esse tipo de atividade, rapidamente, a célula muscular precisa ter a disposição moléculas de ATP para assim ser possível a continuidade do exercício. A quantidade de ATP intramuscular disponível para sustentar contrações intensas é suficiente para um estímulo com duração de 1-2 segundos (Marzzoco, Torres, 2007, p. 320). De outro modo, exercícios mais duradouros necessitam de mais energia. A energia a mais necessária é adquirida de duas formas primordialmente, sendo elas: via PCr e via glicólise anaeróbia láctica (quebra da glicose com eventual produção de lactato).

Ao dar início a uma atividade muito intensa de pouca duração, o organismo fará uso das moléculas de ATP. Essas moléculas, todavia, não serão capazes de sustentar o exercício por mais de 2 segundos de contração. Por isso, a manutenção da intensidade da atividade durante todo o tempo de execução é dada por fontes energéticas de síntese de ATP.

Nos momentos iniciais, a via metabólica mais mobilizada é a de PCr. Esta predominância deve-se ao fato dela ser a mais rápida em ressintetizar ATP, pois: necessita apenas de uma reação, está presente na musculatura e é rica em energia. Durante um exercício intenso, esta fonte consegue disponibilizar ATP durante um tempo de aproximadamente 5-8 segundos (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 321), a partir daí, outras fontes seriam requisitadas para tal demanda. A reação a seguir demonstra como seria a reação para ressíntese de ATP através da PCr (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 321, fig. 22.7, esquema adaptado).



A via ocorre para duas direções, podendo ser de ressíntese de ATP ou ressíntese de PCr. A modulação dessas ressínteses se dará devido a razão ADP/ ATP. Se a concentração intramuscular for maior em adenosina difosfato (ADP), a via se deslocará para que haja a ressíntese de ATP, para isso, utilizando os estoques de PCr. Por outro lado, se a concentração de ATP já estiver elevada (não sendo necessária sua ressíntese), durante as pausas entre estímulos

intensos a via deslocar-se-á para que ocorra a gênese de PCr, para assim restabelecer seus estoques. Assim, quando necessário, poderá ressintetizar rapidamente o ATP. A figura a seguir representa o tempo ideal para que a PCr retorne às suas concentrações máximas na musculatura após o cessar do exercício.

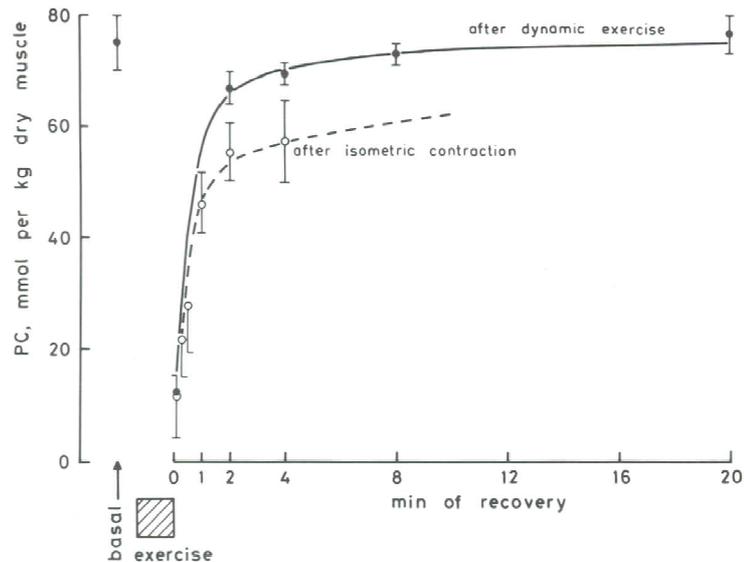


Figura 5 Ressíntese de PCr. Intervalo a ser esperado para o restabelecimento das concentrações máximas de PCr intra-muscular. (HARRIS, et al, 1976).

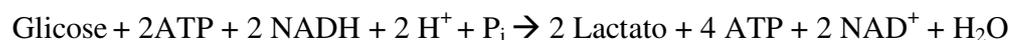
Segundo a figura 5, em exercícios dinâmicos, a ressíntese de ATP chega a nível máximo em aproximadamente 10 minutos. Porém, como para o treinamento a logística do tempo é importante, ao observar a curva no gráfico, entre 4 e 8 minutos de pausa, esta ressíntese quase chega ao nível máximo. Podendo, portanto, adotar esse intervalo como o tempo de pausa entre os estímulos intensos de curta duração.

Como a via da PCr é capaz de sustentar durante um pequeno período a demanda de ATP em atividades de alta intensidade, deste limiar em diante, outra via estaria mais mobilizada para esta função. Esse caminho de produção (atentando para a figura 2) seria da glicólise anaeróbia, por ser após a via PCr a mais rápida para o fim desejado. Porém, ao invés de se seguir em uma reação apenas, seriam necessárias onze reações. Mas, o que a torna muito

importante mesmo sendo mais demorada, é a produção final de ATP. Ao contrário da via da PCr, ela fornece saldo de 2 ATPs por glicose degradada anaerobiamente.

A glicólise anaeróbia pode ser dividida em dois caminhos. Um, teria como produção final duas moléculas de lactato, a outra, duas molécula de piruvato. Sendo assim, denominadas respectivamente como: glicólise anaeróbia láctica e aláctica. Com exercícios de alta intensidade e curta duração (até 30 segundos), a via glicolítica tomará o caminho, predominantemente, da produção final de lactato.

Essa via consegue com predominância de produção de energia, sustentar uma atividade com até 1-2 minutos de durabilidade. Para que dê início a maior participação da glicólise anaeróbia aláctica, deverá ser um estímulo mais duradouro, acima de 2-3 minutos. A reação abaixo demonstra os substratos e os produtos da via glicolítica anaeróbia com produção final de lactato (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 119, 122, fig. 9.5, esquema adaptado).

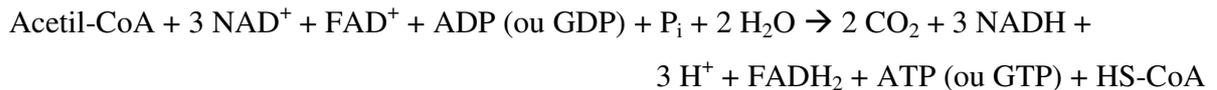


Ao transcender esse intervalo, a via glicolítica anaeróbia aláctica tornar-se-á mais presente no abastecimento energético assim como a utilização do ácido graxo como fonte energética. Ou seja, o metabolismo oxidativo aeróbio com o passar do tempo ganha peso no fornecimento de ATP (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 321).

A via glicolítica anaeróbia aláctica, como dito anteriormente, tem produção final do piruvato. Com isso, a nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzida ($\text{NADH} + \text{H}^+$) não é mais oxidado pela molécula de lactato. A partir daí, as duas moléculas de piruvato formadas tomam o caminho aeróbio de produção de energia. Esse caminho ocorre dentro da mitocôndria, através do ciclo de krebs e da cadeia de transporte de elétrons (principal meio de produção aeróbia de ATP).

No ciclo de krebs, o que o modulará será a concentração de acetil coenzima A (Acetil-CoA). Ela se condensa a molécula de oxaloacetato, originando a molécula de citrato. Com efeito, desde que em condições ideais, dará continuidade ao ciclo.

O esquema abaixo (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 128) representa a produção de energia pela oxidação de um dos piruvatos provenientes da oxidação aeróbia de uma molécula de glicose. Note que para cada molécula de Acetil-CoA, o ciclo rodará uma vez.



Desses produtos finais do ciclo de krebs, o $\text{NADH} + \text{H}^+$ e o FADH_2 tomarão o caminho para a cadeia de transporte de elétrons, onde por oxidação dessas coenzimas nos complexos, produzirá ATP. Sendo 3 ATPs para a coenzima $\text{NADH} + \text{H}^+$ e 2 ATPs para FADH_2 .

Por sua vez, a oxidação de uma molécula de ácido graxo, que pode possuir diversos tamanhos de cadeia carbônica e grau de saturação, antes de chegar ao mesmo destino da oxidação da glicose, passa por alguns processos antes. Porém, um deles, mais pertinente será tratado. Esse processo é denominado de β -oxidação ou, ciclo de Lynen. Nesse ciclo, a molécula de ácido graxo será reduzida à molécula de Acetil-CoA, a qual “comanda” o ciclo de krebs (MARZZOCO, TORRES, 2007, p. 192). O esquema a seguir representa como ocorre esse processo.



Observando o esquema acima, para cada volta que o ácido graxo faz, há a produção de uma molécula de acetil CoA com, conseqüentemente, perda de dois carbonos (C) da molécula original. Na última volta do ciclo, há a produção de duas moléculas de acetil-CoA. A partir daí, o acetil-CoA é utilizado no ciclo de krebs, do mesmo modo que a glicose aerobiamente.

Desse modo, tem-se como ocorre o funcionamento das vias anaeróbias e

aeróbias de produção de energia. Com isso, para então treinar uma dessas vias, ou até mesmo ambas, é necessário que seja estabelecido e seguido um protocolo de treinamento. Desse protocolo ocorrerão adaptações características à cada uma delas, vigentes à modalidade. E, com essas adaptações a nível celular, acarretará no incremento do desempenho esportivo.

2 – Materiais e Métodos

Na figura 6, está representado esquematicamente o dispositivo para mensuração da potência em exercícios semi-atados (DMPES-A).

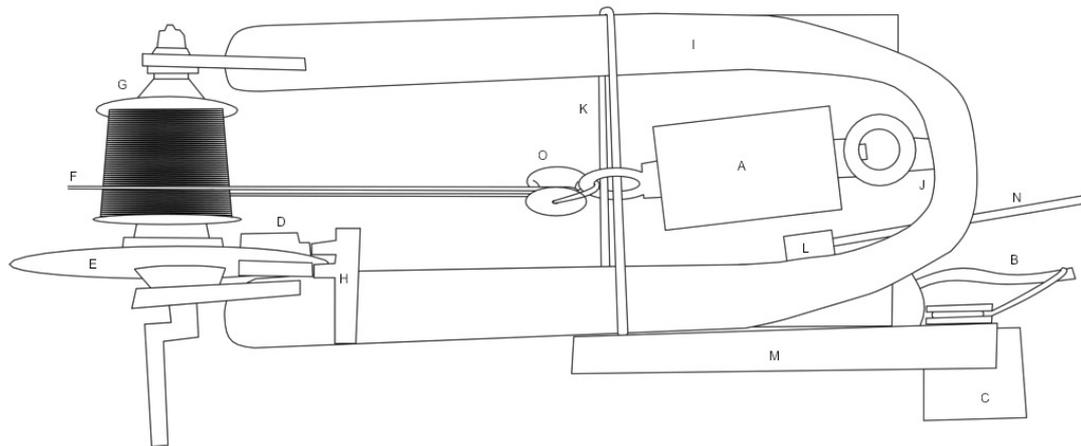


Figura 6 Esboço do DMPES-A. [A] Célula de carga; [B] Manete; [C] Motor; [D] Freio do disco; [E] Disco do freio; [F] Cabo; [G] Cubo; [H] Fotomicrosensor; [I] Garfo; [J] e [K] Cabo para estabilizar a célula de carga; [L] Conectores: macho e fêmea; [M] Cano acoplado ao garfo; [N] Cabo de condução dos sinais do motor e do fotomicrosensor; [O] Roldana.

2.1 Princípios operacionais do dispositivo para mensuração da potência em exercícios semi-atados

O presente estudo especifica um dispositivo para avaliar a potência de indivíduos através da medida da força e velocidade durante uma atividade de esforço máximo semi-atado. A figura 7 mostra o diagrama de blocos do dispositivo.

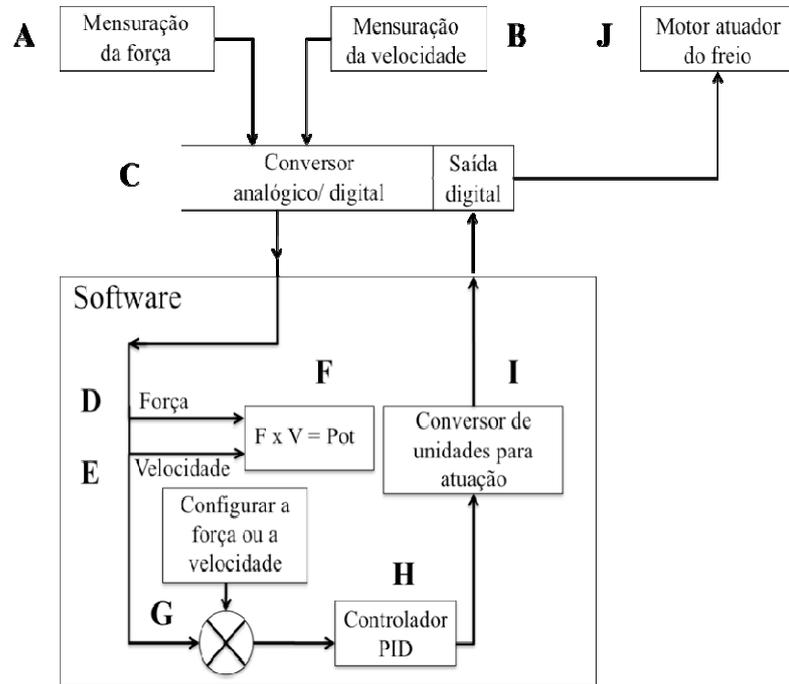


Figura 7 Diagrama de blocos do dispositivo. Ilustração esquemática de como é coletada e ajustada as variáveis de força e velocidade.

A atividade física será realizada com restrições ao movimento, gerando uma potência aplicada ao dispositivo. Essa restrição é realizada por um sistema de freio a disco de comando hidráulico controlado por um motor de passo [J]. Será calculada a potência instantânea aplicada pelo indivíduo em teste ao dispositivo através da mensuração da força [A] e da velocidade [B]. Um programa de computador [F] faz as leituras das duas variáveis ([D] e [E]) e as compara com os valores desejados [G], um controlador do tipo PID [H] (proporcional, integral e derivativo) calcula a posição do motor de passo para que a variável controlada permaneça constante. O operador determina um dos modos de operação: força constante ou velocidade constante.

2.2 Protocolo de montagem do DMPES-A

1. Conectar o disco do freio [E], passando pelo freio do disco [D], com o cubo [G];
2. Enrolar o cabo [F] no cubo [G];
3. Conectar o motor [C] com o manete [B] por meio do cano [M];
4. Acoplar o cubo [G] e o cano [M] ao garfo [I];
5. Estabilizar a célula de carga [A] no garfo [I] através dos cabos [J] e [K];
6. Unir o cabo [F] à célula de carga [A] por meio da roldana [O];
7. Fixar o fotomicrosensor [H] no garfo [I];
8. Ligar os sinais advindos do fotomicrosensor [H] e do motor [C] ao conector macho [L];
9. Inserir no garfo [I] o conector macho [L];
10. Ligar os sinais que vierem pelo cabo de condução [N] ao conector fêmea;
11. Encaixar o conector fêmea [L] no macho [L].

2.3 Funcionamento mecânico do DMPES-A

Este dispositivo é capaz de mensurar tanto a velocidade quanto a força, para tanto, estaremos apresentando o seu funcionamento. A velocidade é mensurada através do disco de freio [E] perfurado com distâncias constantes tendo um fotomicrosensor óptico [H]

responsável pela leitura da velocidade de pulso, esta é dada pela distância entre os furos no tempo. A velocidade só poderá ser alterada por um comando externo e seu controle é conduzido pelo motor de passo [C] que atua na alavanca do manete [B], a qual é responsável por exercer maior ou menor tensão no freio do disco [D].

Para medir a força tem-se a célula de carga [A] que capta a tensão do cabo [F] e como a velocidade só poderá ser alterada por fator externo, o seu controle também será comandado pelo motor de passo e manete que exercerá um grau de resistência no freio de disco transferindo esta tensão ao cubo [G] onde o cabo está enrolado. Alguns detalhes do DMPES-A serão apresentados nas figuras da próxima página.

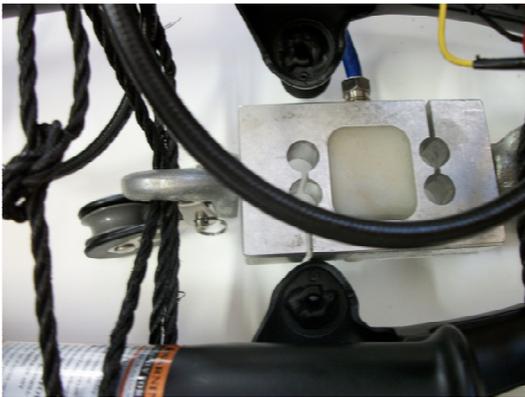


Figura 8 Célula de carga para mensuração da força.



Figura 9 Conexão entre o motor de passos e o manete.



Figura 10 Interação entre o fotomicrosensor, disco do freio, freio a disco e o cubo. Atuam na velocidade facilitando ou dificultando o deslocamento. Note os furos no disco do freio, eles que serão os responsáveis pela geração do sinal por parte do fotomicrosensor.

No quadro abaixo, está descrita a característica dos principais componentes do dispositivo.

Quadro 1 Descrição dos principais componentes e suas funções no dispositivo.

Descrição do Componente	Função
A – Célula de carga	Medir a força produzida
B – Manete	Atuar no freio do disco
C – Motor	Posicionar a alavanca do manete
D – Freio do disco	Pressionar o disco do freio
E – Disco do freio	Possibilita a mensuração da velocidade por meio de furos existentes no disco
F – Cabo	Fornecer tração
G – Cubo	Armazenamento do cabo
H – Fotomicrosensor	Quantificar os sinais produzidos
L - Conectores	Macho e fêmea: conduzir sinais entre dois aparelhos
N – Cabo de condução	Conduzir sinais do dispositivo para o computador

* Os demais componentes têm como função apenas a estabilização do dispositivo.

2.4 Fixação do DMPES-A

Com a necessidade em posicionar e manter o equipamento estático foi confeccionado uma base para ele. Essa base possui altura ajustável, para que deste modo permita que o cabo seja ligado ao indivíduo, mantendo o equipamento na altura do quadril. Com isso, os sinais transmitidos por parte da célula de carga será mais próximo da força externa produzida. A figura 11 representa o DMPES-A alocado na sua respectiva base para fixação.



Figura 11 Base de fixação do DMPES-A. Fixação com altura ajustável.

2.5 Determinação da força

A captação da força por parte da célula de carga será maior quando o movimento em relação ao desenrolar da corda for mais próximo da linha horizontal do movimento em relação ao quadril do executante. Isso porque a célula de carga estará posicionada no DMPES-A na horizontal. Caso seja feita uma tração para cima ou para baixo, ela irá se direcionar em relação ao sentido que a corda for estirada. Perdendo desse modo a leitura da força externa total empregada. A figura 12 a seguir demonstra como seria essa intervenção relacionada a angulação de estiramento do cabo.

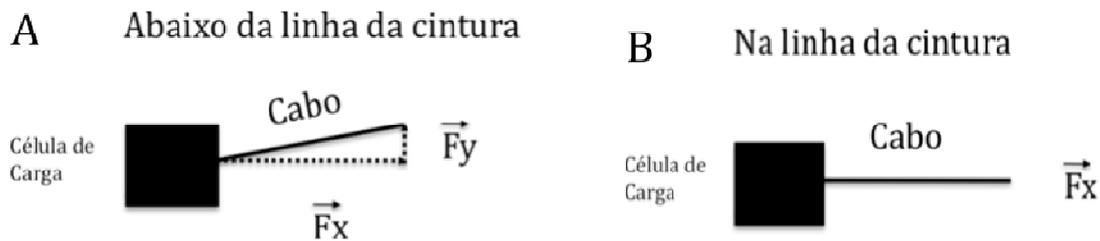


Figura 12 Representação da força externa atuando na célula de carga de acordo com a angulação com que o cabo é estirado.

Como demonstrado na figura 12A, quando o cabo é desenrolado durante o exercício abaixo da linha da cintura (vale também se estiver acima, mudando a direção do cabo e do “Fy”) a componente “Fx” da força, que é exatamente a força a ser lida pela célula de carga terá menor valor devido a existência de uma componente “Fy”. Sendo desse modo a força lida pela célula de carga menor nesse caso do que no caso em que o desenrolar do cabo vai de encontro com a linha da cintura. Diferentemente da situação anterior, na figura 12B apenas o componente “Fx” existe. Sendo a força externa empregada pelo sujeito igual a lida pela célula de carga, a qual será passada para o LabView 8.6 e visualizada em forma de gráfico. Gráfico esse, de força (N) pelo tempo (s).

2.6 Determinação da velocidade

Para a definição da velocidade, foram realizados dois cálculos através do programa MatLab 7.5. No primeiro momento foi feita uma rotina “Enrola” (vide apêndice 1) em que levava em consideração o diâmetro do cubo, onde a cada volta preenchida pelo cabo, haveria um aumento consequente do comprimento de cabo utilizado por volta. Com isso, a cada volta completa dada pelo cubo, varia a distância de cabo percorrido em relação a camada em que se encontra. A figura 13 a seguir demonstra essa variação.

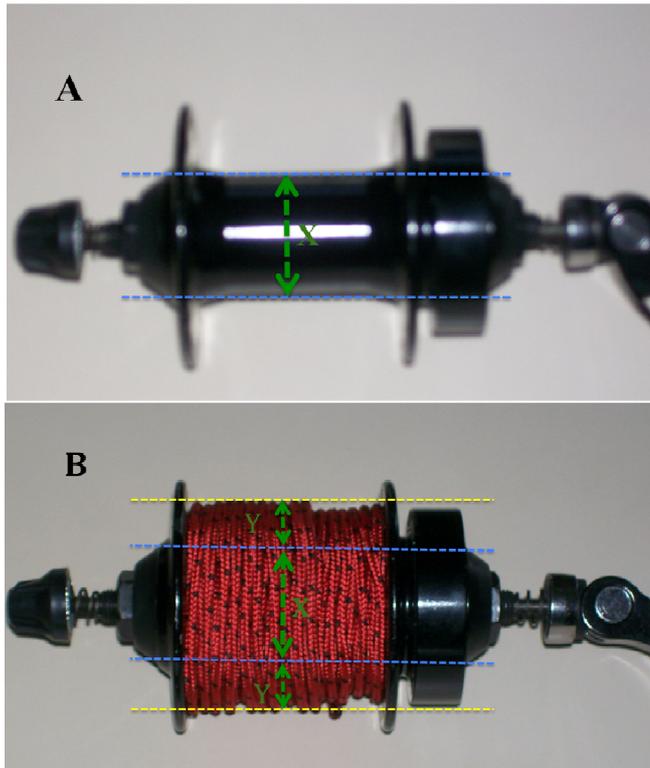


Figura 13 Relação entre a diferença do diâmetro do cubo sem e com o cabo enrolado. A figura 13A cubo sem o cabo enrolado. Enquanto a figura 13B representa o cubo com o cabo enrolado. As linhas tracejadas em azul representam o diâmetro real do cubo, ou seja, com ausência do cabo. Enquanto as linhas tracejadas em amarelo representam o diâmetro do cubo após o enrolar do cabo. Note ainda que é possível obter uma camada inferior de cabo enrolado, através do tracejado em amarelo.

* o cabo tem diâmetro de 3 mm e 10 metros de comprimento.

De acordo com a figura acima, o diâmetro do cubo sem o cabo enrolado (A) é menor em relação com o cabo enrolado (B). A linha tracejada em azul representa o diâmetro real do cubo. Enquanto, que a linha tracejada em amarelo representa o diâmetro final do cubo após o enrolar do cabo.

No segundo momento, foi feito a rotina “Desenrola” (vide apêndice 2). O disco do freio, que está acoplado ao cubo, gira conforme o cabo é estendido. Nele, existem pequenos orifícios. À medida que o disco do freio roda, o fotomicrosensor que à ele está ligado, decodifica os sinais devido as alternâncias entre os orifícios presentes nele. O intervalo de tempo entre dois orifícios, denominado também como “pulso”, será lido pelo fotomicrosensor.

Contudo, o objetivo dessas funções (“Enrola” e “Desenrola”) foi para saber qual é a metragem de cabo desenrolado para cada pulso, sabendo que ela varia conforme há o decaimento das camadas enroladas no cubo. Pois, durante o deslocamento, conforme o cabo é estirado, as camadas enroladas irão ser desfeitas sendo diferente a quantificação dos pulsos por camada, já que na mais superior, será utilizado maior comprimento de cabo para cada pulso quando comparado as inferiores.

Feito, portanto, este cálculo pelo MatLab, ao transpassar essa rotina para um software – o LabView 8.6 – será possível obter a velocidade do indivíduo. Essa velocidade será obtida pelo gráfico de pulso x tempo.

2.7 Determinação da potência

O cabo é estirado à medida que o indivíduo analisado se movimenta, pressionando assim, a célula de carga. Com a extensão, ela faz a leitura da força produzida, mandando os sinais para a placa de conexão em bloco.

O estiramento também faz com que o cubo rotacione em seu eixo, provocando desta forma, a rotação do disco do freio a ele ligado. Esta rotação, à medida que os furos passam pelo fotomicrosensor causará a leitura de sinais. Estes sinais também serão enviados para a placa conectora em bloco.

Com isso, os sinais emitidos pela célula de carga e pelo fotomicrosensor serão quantificados no computador por meio de um software, que transmitirá estas informações em forma de gráfico, onde o eixo “x” corresponderá o tempo (s), enquanto o eixo “y” os seus respectivos sinais em milivolt (mV). Deste modo, se tem à variação do sinal por unidade de tempo ($\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$).

Por fim, a potência ($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) será obtida através de um software que irá fazer a calibração das unidades de medidas (força e velocidade). Transformando seus sinais (mV) em newton (N)*deslocamento (m). Tornando possível o seguinte cálculo onde se terá a determinação da potência em um tempo (t) devido a quantificação dos sinais de força e velocidade no referido tempo, sendo que a avaliação ocorrerá a partir do tempo zero (inicial) até o tempo máximo ($t_{\text{máx}}$):

$$\text{Pot}(t) = F(t) \times v(t), 0 < t < t_{\text{Máx}}$$

2.8 Programação do DMPES-A

Para ter a capacidade de controlar a atuação da força e da velocidade, é necessário que exista uma programação que proporcione esse gerenciamento de intensidade. Para tal, o software produzido a partir do NI LabView 8.5 fará essa função, mantendo a força ou velocidade de deslocamento do indivíduo na faixa desejada. Mas, para que isso se torne possível, os sinais analógicos recebidos pelos componentes (fotomicrosensor, célula de carga e motor de passos) deverão ser convertidos em sinais digitais e armazenados em uma placa. Podendo então ser quantificados (os sinais) e programados (ação do motor de passos no freio a disco).

Para a conexão de sinais de entrada e saída do dispositivo com a placa de conversão analógico/ digital (A/ D), foi utilizado o NI SSC-68 que é um conector em bloco de entrada/ saída para fácil conexão de sinais para um NI X séries, ou mais precisamente, M séries, que é a utilizada, para aquisição de dados de um dispositivo. Ele foi desenvolvido para simples e expansível sistema de mensuração dos dados. Dispõe de 68 terminais de pino para sinal de entrada/ saída de conexão, uma área de *breadboard* geral e, *bus terminals* de energia para alimentação externa e aterramento.

O SCC-68 tem quatro conectores de SCC para a integração de termopares, *strain gage*, *integrate device technology* (IDT), frequência de entrada, atenuador de tensão, filtro passa-baixa, entrada da célula de carga, acelerômetro, passagem direta, relé *single pole double throw* (SPDT), entrada e saída digitais isoladas e, módulo de tensão de saída isolado em seu sistema de mensuração. O conector em bloco está representado na figura a seguir.

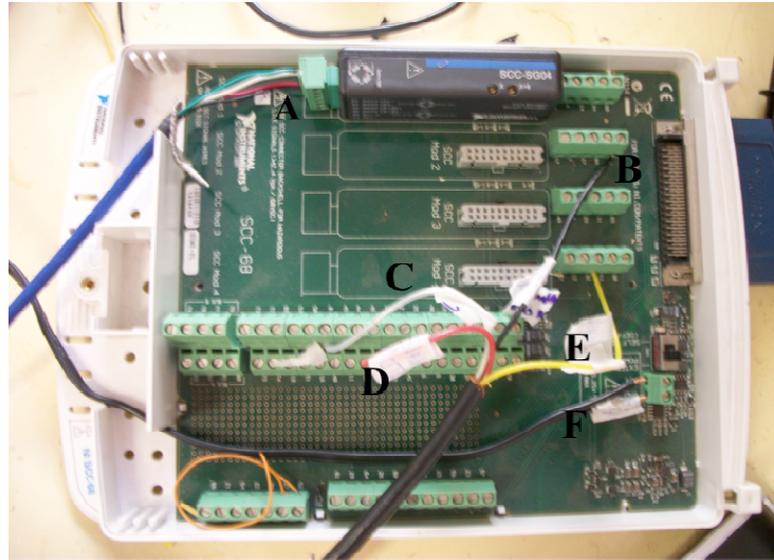


Figura 14 Conector em bloco de entrada/ saída. [A] Conector SCC-SG04 para célula de carga; [B] Sinal de pulso luminoso proveniente do fotomicrosensor; [C] *Common-collector voltage* (Vcc) – tensão de corrente contínua para alimentação do fotomicrosensor e do motor; [D] Sinal do controlador do motor; [E] Ground – sistema de aterramento do fotomicrosensor e do motor; [F] Alimentação externa do conector.

Portanto, o controle da intensidade dos exercícios será através de um conversor A/ D da NI, *peripheral component interconnect* (PCI) modelo 6220 (NI-PCI-6220, National Instruments, EUA), que torna possível o processamento dos dados no programa NI LabView 8.5. Ela é uma multifuncional de baixo custo da série M de aquisição de dados abordo otimizados para aplicações sensíveis ao custo. Além disso, possui alta velocidade para dispositivos da série M 5X. Mais rápida taxa de amostragem ou a alta precisão de dispositivos da série M para resolução 4X e precisão de mensuração superior. Observe a próxima figura que está representando a placa.



Figura 15 Conversor A/ D. A placa armazena os dados que foram convertidos no conector em bloco de entrada/ saída.

Armazenados os dados, eles serão utilizados no NI LabView 8.5, numa plataforma para desenvolvimento gráfico para teste, controle e desenvolvimento de sistemas embebidos, ou seja destinado apenas para o funcionamento do dispositivo. Nele foi elaborado um *software* que irá fazer o controle do motor de acordo com os sinais que são recebidos do fotomicrosensor e célula de carga. A figura 13 abaixo representa o diagrama do software.

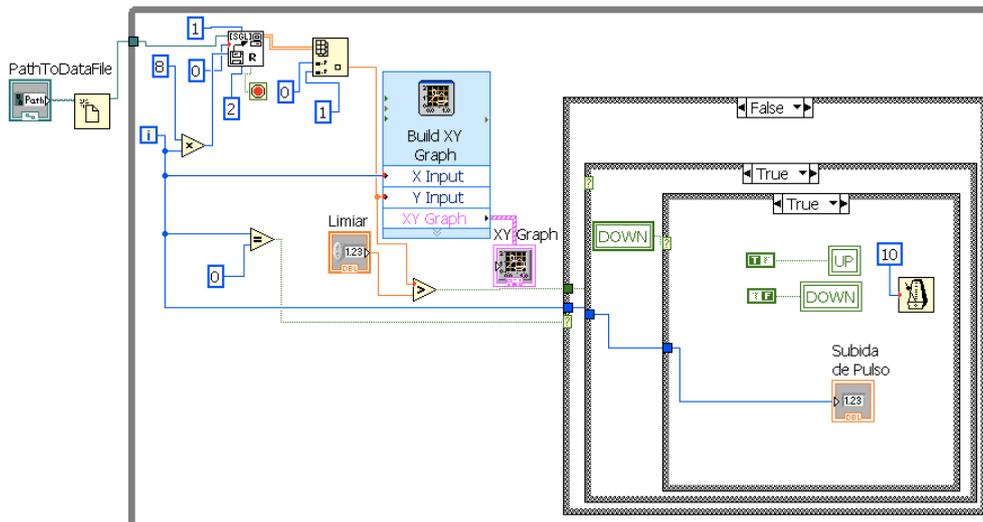


Figura 16 Diagrama em bloco do *software*. Representa a parte estrutural do *software* elaborado.

A elaboração do diagrama em bloco fornece, concomitantemente, a estruturação da apresentação do *software*. Esta apresentação é o painel frontal, que corresponde como serão visualizados os dados emitidos pelo dispositivo. Abaixo a representação do *software*.

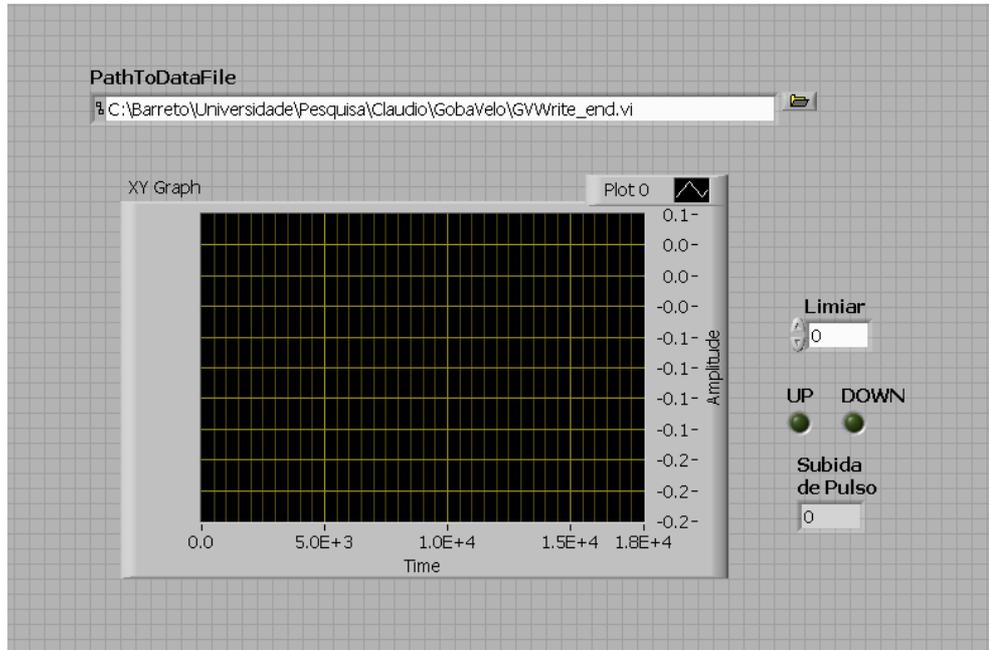


Figura 17 Painel frontal do *software*. Apresentação do *software*, onde será informado os resultados.

3 – Resultados e Discussão

Os resultados que serão apresentados a seguir: sinais da célula de carga e do fotomicrosensor no decorrer do estímulo, são dados em milivolts (mV). Para que se torne possível transformar esses sinais em força (N) e velocidade (m.s^{-1}) é necessário que haja uma calibração dos componentes.

Segue, portanto, os resultados obtidos por simulações para testar o funcionamento dos componentes de força (célula de carga) e velocidade (fotomicrosensor).

3.1 Simulação dos sinais de força

A célula de carga ao responder à uma tração feita à ela, como já dito anteriormente, envia ao computador sinais que serão traduzidos para um gráfico no programa *NI LabView 8.5*. A seguir está representada uma figura de um possível comportamento desse componente.

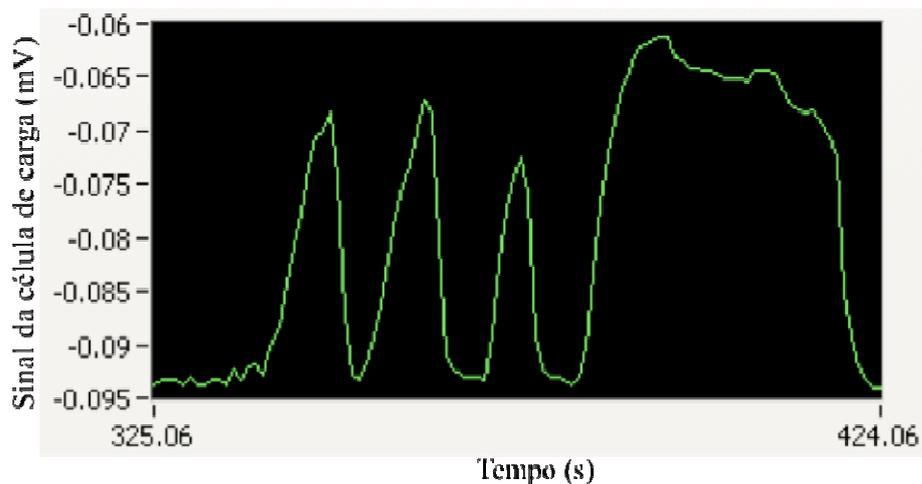


Figura 18 Relação entre o sinal da célula de carga e o tempo de duração do estímulo.

A leitura dos sinais advindos da célula de carga permite observar o comportamento dos sinais produzidos por unidade de tempo. Nesse comportamento é facilmente notado picos de produção de sinais e a capacidade de permanecer nesses níveis por um longo período. Quanto maior o pico dos sinais e a capacidade de permanecer nesses níveis durante o deslocamento, maior será a capacidade do indivíduo de produção de força e resistência.

3.2 Simulação dos sinais de velocidade

Além dos sinais de força obtidos pela célula de carga, o *software* quantifica também os sinais de velocidade que são fornecidos pelo fotomicrosensor. Essa tradução de sinais se dá em dois momentos. Quando o feixe fotoelétrico do fotomicrosensor for barrado, não havendo emissão de sinal, sendo, portanto, zero. Ou, quando o furo presente no disco do freio passar pelo fotomicrosensor, onde o feixe fotoelétrico neste intervalo de tempo não será barrado, emitindo sinal negativo.

Adiante está uma simulação da resposta apresentada pelo fotomicrosensor no programa LabView 8.6.

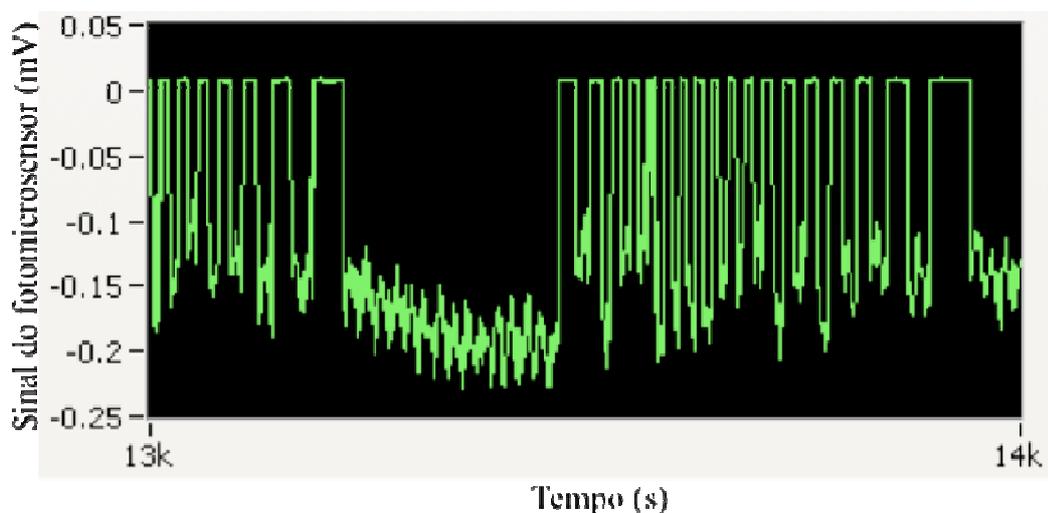


Figura 19 Relação entre o sinal do fotomicrosensor e o tempo de duração do estímulo.

Na figura, os pulsos são representados de um sinal nulo até o próximo sinal nulo. Pode ser demarcado também através de um sinal negativo ao próximo sinal negativo.

Entretanto, como os sinais negativos estão se apresentando muito irregulares, devido a diferença de amplitude de sinais, não torna fácil essa demarcação. Isto só será possível através de um desacoplamento de impedância, ou seja, uma forma de que não haja interferência entre os componentes do equipamento que possa alterar os dados desejados.

Na leitura dos sinais, a frequência de pulso é o período de tempo entre dois sinais produzidos. É essa relação temporal entre os pulsos que irá determinar a capacidade do indivíduo em ser veloz. É possível também, a avaliação da resistência do indivíduo, que será determinada pelo período em que o indivíduo consegue sustentar essas altas frequências de pulsos por um determinado tempo. Desse modo, quanto maior a frequência de sinais, assim como, por quanto tempo o indivíduo conseguir permanecer nessas frequências, maior será a velocidade e a resistência durante o deslocamento.

4 – Considerações Finais

Proponho nesse projeto a elaboração de um dispositivo de mensuração da potência em exercícios semi-atados que fornece duas medidas: força e velocidade. O qual atenderá a especificidade de várias modalidades esportivas.

A importância desse projeto se dá, pois os dispositivos comerciais que pretendem contemplar esta função ainda estão englobados em pelo menos uma das seguintes deficiências:

- Não são móveis: impossibilitando seu deslocamento para os locais de realização do teste;
- São utilizados para apenas uma finalidade: por exemplo, treino de corrida;
- Possuem aspectos relevantes, como exemplos: o tipo de solo que pode afetar a tração do trenó de reboque e a velocidade do vento com relação ao pára-quedas (situação do atleta de velocidade) e; no caso de nadadores, o pára-quedas, devido à dificuldade em aplicar uma sobrecarga, pois possui poucas variedades de tamanho;
- Alto preço de aquisição: preços inacessíveis para a maioria da população;
- Método indireto de determinação da potência: os valores não são dados simultaneamente ao exercício.

Esse equipamento, como foi visto, ainda está em fase final. Já foram finalizadas: sua confecção e elaboração da fixação (para ser utilizada em corrida). Além, da realização de teste inicial para confirmar o funcionamento dos componentes de força e velocidade através de simulações. Faltando apenas, o término do *software* para controle das intensidades e leitura da força e velocidade, elaboração de uma fixação que atenda também a natação e construção de um circuito auxiliar para o fotomicrosensor, devido seu baixo sinal.

A confecção do equipamento teve que ser de muita cautela devido a interferências que poderiam ser geradas através dos sinais, preocupação dos locais em que os fios deveriam ser conectados e/ ou soldados e, os componentes corretos para o funcionamento:

conector em bloco, fotomicrosensor, célula de carga e placa de conversão analógico/ digital. Além da parte elétrica do equipamento, a parte mecânica foi muito importante. Isso, porque era necessário se preocupar com os lugares a serem furados (para passar os fios ou acoplar estruturas), disposição dos componentes (para que se tornasse possível a interação entre eles) e a capacidade do motor de gerar ou não torque suficiente para mover a alavanca.

Quanto à elaboração da base para fixação do equipamento, essa que apresentamos, é própria apenas para exercícios que forem feitos em terra. Sendo, portanto, necessário a criação para a natação. Essa fixação possui altura ajustável, porém, não atende ao ser colocado na beira da piscina à especificação de posicionar o equipamento horizontalmente ao movimento do indivíduo. Além dessa mudança, a célula de carga terá que ser trocada por uma mais sensível, já que a potência gerada em meio aquoso é menor que em terra.

As simulações dos componentes (célula de carga e fotomicrosensor) mostraram que estão funcionando, pois foi apresentado o comportamento esperado. Porém, apenas o fotomicrosensor apresentou baixa amplitude de sinais, sendo necessária a elaboração de um circuito auxiliar para ampliá-los. Essa necessidade está no fato de que o *software* a ser elaborado apresentará instantaneamente no mesmo gráfico os valores emitidos de força e velocidade pelo tempo de duração do estímulo. Com a baixa amplitude de sinal, não foi possível visualizar o comportamento dos sinais apresentados na simulação na hora que foi incorporado junto com os sinais advindos da célula de carga.

Por fim, falta também, projetar o controlador *PID* (proporcional, integral e derivativo) que será responsável por controlar o motor de passos para permanecer constante o módulo da força ou velocidade. Esse controle será programado para atuar em faixas de sinais. Será incorporado ao *software* no momento da avaliação ou treinamento, o limiar que se pretende manter a intensidade do exercício.

Levando em consideração a componente força como variável a ser mantida constante no momento em que a força produzida pelo indivíduo for maior ou menor que os limites superiores ou inferiores que um determinado valor estabelecido, o controlador *PID* atuará no motor de passos que por sua vez atuará no freio a disco. Podendo essa influência ser tanto para restringir ou liberar o movimento.

Essa ação de controle de intensidade será igualmente aplicada à velocidade, quando for mantida numa constante. O único elemento que as diferenciam, será na questão da

leitura dos sinais. Diferente da força que é controlada pelos valores produzidos, a velocidade será controlada através das frequências de pulsos. Ou seja, na relação de pulsos por tempo. Quando a frequência de pulsos estiver elevada, isso denotará que a velocidade estará alta, caso contrário, velocidade baixa. Por tanto, após ser estabelecido um limite superior e inferior de frequência de pulsos, se a frequência for superada ou inferiorizada em relação aos valores estabelecidos, será da mesma forma que na força, controlada de modo a dificultar ou facilitar a progressão.

Embora não tenha sido o foco do trabalho, é possível também na avaliação com esse aparelho, detectar a capacidade aeróbia e anaeróbia do sujeito. Dependendo do protocolo utilizado para avaliação aeróbia ou anaeróbia, pode ser analisada no gráfico a resistência que o indivíduo tem em suportar a intensidade imposta ao exercício. Em protocolo onde a avaliação é voltada para exercícios intensos de curta duração, a potência, isso é, a força e velocidade que estão sendo geradas e lidas serão predominantemente a partir de fontes anaeróbias de produção de energia. Ao passo que, o protocolo sendo de exercícios intensos de longa duração estará avaliando a potência gerada por mecanismos aeróbios de produção de energia.

Por fim, ao término da construção desse equipamento proposto, tomando construção como: confecção e programação do equipamento, assim como suas respectivas bases para fixação, acredito que será de grande importância para aferição da potência e resistência nas mais diversas modalidades esportivas. Sendo ainda muito interessante por possibilitar os recrutamentos metabólicos e cinemáticos específicos da modalidade que se deseja avaliar ou treinar.

Referências Bibliográficas

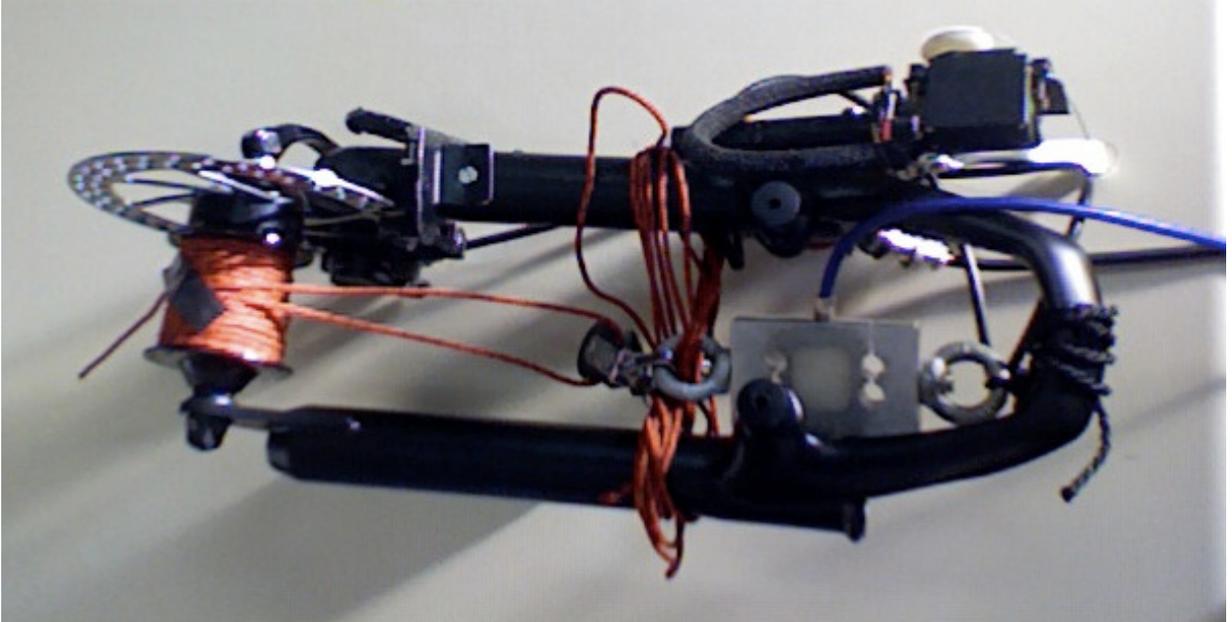
1. ALCARAZ, P. E.; PALAO, J. M.; ELVIRA, J. L. L. Determining the optimal load for resisted sprint training with sled towing. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 23, n. 2, p. 480-485, mar. 2009.
2. ALCARAZ, P. E. et al. Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 22, n. 3, p. 890-897, may. 2008.
3. BENNETT, J. P.; SAYERS, M. G. L.; BURKETT, B. J. The impact of lower extremity mass and inertia manipulation on sprint kinematics. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 23, n. 9, p. 2542-2547, dec. 2009.
4. BROOKS, G.A.; FAHEY, T.D. **Exercise Physiology: human bioenergetics and its applications**. New York: Macmillan, 1984.
5. CORN, R. J.; KNUDSON, D. Effect of elastic-cord towing on the kinematics of the acceleration phase of sprinting. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 17, n. 1, p. 72-75, feb. 2003.
6. GIROLD, S. et al. Assisted and resisted sprint training in swimming. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 20, n. 3, p. 547-554, aug. 2006.
7. GIROLD, S. et al. Effect of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercise on swimming sprint performances. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 21, n. 2, p. 599-605, may. 2007.
8. HARRIS, R. C. et al. Time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. **Pflügers Archiv**, Berlin, v. 367, n. 2, p. 137-142. 1976.
9. HARRISON, A. J.; BOURKE, G. The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 23, n. 1, p. 275-283, jan. 2009.
10. LOCKIE, R. G.; MURPHY, A. J.; SPINKS, C. D. Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 17, n. 4, p. 760-767, nov. 2003.
11. MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

12. MAULDER, P. S.; BRADSHAW, E. J.; KEOGH, J. W. L. Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 22, n. 6, p. 1992-2002, nov. 2008.
13. McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
14. MEDBØ, J. I. et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 64, n. 1, p. 50-60, jan. 1988.
15. MURRAY, A. et al. The effect of towing a range of relative resistances on sprint performance. **Journal of Sports Sciences**, Liverpool, v. 23, n. 1, p. 927-935, sep. 2005.
16. MYER, G. D. et al. Predictors of sprint start speed: the effect of resistive ground-based vs. inclined treadmill training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 21, n. 3, p. 831-836, aug. 2007.
17. PAPOTI, M. et al. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. Porto, v. 3, n. 3, p. 36-42, jul./dez. 2003.
18. SHARP, R. L.; TROUP, J. P.; COSTILL, D. L. Relationship between power and sprint freestyle swimming. **Medicine and Science in Sports Exercise**. Philadelphia, v. 14, n. 1, p. 53-56. 1982.
19. SHIONOYA, A. Development of ergometer attachment for power and maximum anaerobic power measurement in swimming. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, Tokyo, v. 18, n. 1, p. 13-21. 1999.
20. SPINKS, C. D. et al. The effects of resisted sprint training on acceleration performance in kinematics in soccer, rugby union, and australian football players. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 21, n. 1, p. 77-85, feb. 2007.
21. TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 8, p. 73-80. 1955.
22. WEINECK, J. **Treinamento Ideal**. 9. ed. São Paulo: Manole, 2003.
23. ZAFEIRIDIS, A. et al. The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v. 45, n. 3, p. 284-290, sep. 2005.

24. ZATSIORSKY, V. M. **Biomechanics in Sport:** performance enhancement and injury prevention. Oxford: Blackwell Science, 2000.

APÊNDICES

Apêndice A: dispositivo para mensuração da potência em exercícios semi-atados (DMPES-A).



Apêndice B: imagem ilustrativa da interação do dispositivo com o computador.



Apêndice C: função “Enrola” feita no MatLab 7.5.

```

function [NCamadas,NVoltas] = Enrola(LCabo,PhiCabo)
%%% Esta função informará quantas voltas serão dadas na última camada, a partir do
comprimento total inicial do cabo e de seu diâmetro.
%%% O comprimento e diâmetro do cabo será dado como argumento de entrada.

LRestante = LCabo; %%% LRestante inicialmente tem o valor do comprimento total do cabo.
NCamadas = 1; %%% No início não haverá cabo enrolado ao cubo da bicicleta.

while (LRestante) > 0

    %%% Função while utilizada para condição.
    %%% Quando o LRestante não for mais o tamanho total do cabo.
    %%% Função de repetição.

    if (NCamadas == 1);
        delta=(35/PhiCabo)*((30+(2*NCamadas-1)*PhiCabo)*pi);
        LRestante = LRestante-delta;

        %%% Quando NCamadas for 0, o comprimento (central) do cubo será de 35mm.

    else
        delta = (50/PhiCabo)*((30+(2*NCamadas-1)*PhiCabo)*pi);
        LRestante = LRestante - delta

        %%% Assim que se forma a primeira camada, o comprimento (total) do cubo será de 50mm.

    end

    NCamadas = NCamadas+1; %%% Após passar a primeira camada, fará o mesmo com as
camadas seguintes.

end
NCamadas = NCamadas-1;
LRestante = LRestante+ delta %%% Comprimento restante do cabo.
den=((30+(2*NCamadas-1)*PhiCabo)*pi); %%% Função do diâmetro do carretel em relação a
inserção de novas camadas.
NVoltas = LRestante/den; %%% Informará quantas voltas deram com o restante do cabo da última
camada.

End

```

Apêndice D: função “Desenrola” feita no MatLab 7.5.

```

function [LPulso,Pulsos] = Desenrola(LCabo,PhiCabo)

[NCamadas,NVoltas] = Enrola(LCabo,PhiCabo);

Camadas = NCamadas;
Pulsos = [];
ss=0;

while (Camadas) > 0

    if Camadas == NCamadas; Voltas = NVoltas;

    elseif (Camadas > 1); Voltas = 50/PhiCabo;

    else Voltas = 35/PhiCabo;

    end

    PhiCarretel = 30+((2*Camadas-1)*PhiCabo); %% Diâmetro da circunferência.
    LVolta = pi*PhiCarretel; %% Comprimento de cada volta.
    LPulso = LVolta/14; %% Comprimento dos pulsos.
    NPulsos = floor(14*Voltas); %% Número de pulsos por camada.
    ss = ss+LVolta*Voltas
    Pulsos = [Pulsos; LPulso*ones(NPulsos,1)];
    Camadas = Camadas-1;

end

end

```

Apêndice E: Custo para confecção do equipamento.

O orçamento que será apresentado a baixo servirá só para se ter uma idéia do quão acessível é a construção desse equipamento quando comparado com a aquisição de muitos dos dispositivos comerciais para a determinada função. A baixo, tabelado, estão apresentados os valores das peças utilizadas, ficando claro que o valor pode ser maior ou menor dos apresentados dependendo dos materiais a serem comprados.

Tabela Valores das principais peças utilizadas no dispositivo

Produto	Valor (R\$)
Cabo de escalada de 3 mm	29,50
Cabo manga blindado – 22 awg x 4 vias (2 metros)	6,00
Cabo manga blindado – 26 awg x 2 vias (2 metros)	4,00
Célula de carga de 50 kg – RSCA	180,00
Conector macho e fêmea de 4 pinos para cabo (1 par)	6,00
Cubo de bicicleta – GTS-GM100	59,00
Fio de aço de 0,6 mm	9,00
Fotomicrosensor – EE-SX4009-P10 (Omron)	6,73
Freio a disco hidráulico (Shimano)	530,00
Garfo de bicicleta – MT (Suntour)	160,00
Motor de passos de aeromodelismo – CS-60 (Hobbico)	14,91
Parafuso cabeça chata – NR. 21 (1 unidade)	0,40
Parafuso cabeça chata – NR. 14 (2 unidades)	6,32
Prensor de flaps de aeromodelismo – PRC-BR	20,00
Roldana de veleiro – Line 57 (Holt Nautos)	177,00
Ruelas de PVC (2 unidades)	8,00
Total	1216,86

* Preços tabelados em dezembro de 2010.