



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

RHODNEY GABRIEL DA ROCHA LINS

**CRIAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR A FREQUÊNCIA
CARDÍACA POR MEIO DA ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO
DE BORG (6-20)**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO ESPORTE

RHODNEY GABRIEL DA ROCHA LINS

**CRIAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR A FREQUÊNCIA
CARDÍACA POR MEIO DA ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO
DE BORG (6-20)**

TCC apresentado ao Curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Professor Ms. Saulo
Fernandes Melo de Oliveira

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2016

Catálogo na fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV
Bibliotecária Giane da Paz Ferreira Silva - CRB-4/977

L759c Lins, Rhodney Gabriel da Rocha.

Criação de um modelo matemático para estimar a frequência cardíaca por meio da escala de percepção subjetiva de esforço de Borg /Rhodney Gabriel da Rocha Lins. _ Vitória de Santo Antão, 2016.
32 folhas: il. fig.; tab.

Orientador: Saulo Fernandes Melo de Oliveira
TCC (Graduação)- Universidade Federal de Pernambuco. CAV,
Bacharelado em Educação Física, 2016.
Inclui bibliografia e anexos.

1. Frequência cardíaca. 2. Modelagem matemática. 3. Escala de Borg. 4. Percepção subjetiva de Esforço. I. Oliveira, Saulo Fernandes de Melo. II. Título.

796 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-

072/2016

RHODNEY GABRIEL DA ROCHA LINS

**CRIAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR A FREQUÊNCIA
CARDÍACA POR MEIO DA ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO
DE BORG (6-20)**

TCC apresentado ao Curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Aprovado em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Ms. Saulo Fernandes Melo de Oliveira
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Wilson Viana de Castro Melo
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Ary Gomes Filho
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, Cenildo da Rocha Lins e Edineide Firmino da Rocha, e meu irmão Eduardo Philipe da Rocha Lins que sempre confiaram em mim, me ajudaram e apoiaram no decorrer dessa jornada que apenas está começando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e a oportunidade de trilhar esse caminho.

Aos meus pais e meu irmão pelo apoio em todos os momentos, mas sobretudo a minha mãe que sempre priorizou meus estudos e ensinou que por mais que a vida estivesse difícil a busca por conhecimento deveria sempre permanecer em primeiro lugar.

Aos coordenadores, aos mestres e amigos, que proporcionaram amizade, conhecimentos, e a oportunidade da realização de mais uma etapa na minha vida. Sobre tudo a Wanderson Augusto da Silva Marinho Santos, colega de curso e grande amigo, pela ajuda e apoio durante a produção deste trabalho.

Ao meu Orientador, Saulo Fernandes Melo de Oliveira; e o Coordenador do curso, José Antônio dos Santos por serem exemplos de quem tem amor pelo o que se faz, sempre transmitindo calma, confiança e motivação.

Dificuldades preparam pessoas comuns para destinos extraordinários.

(C.S Lewis)

RESUMO

As escalas de percepção subjetiva de esforço possuem uma aproximação muito alta da frequência cardíaca real, porém a margem de erro aumenta de acordo com a idade, condicionamento físico e mobilidade do avaliado. Sendo assim, faz-se necessário desenvolvimento de adequações para melhorar a precisão dos dados obtidos através de testes existentes, quando aplicados a grupos específicos. **Objetivo:** Criar um modelo matemático para estimar a frequência cardíaca por meio da escala de percepção subjetiva de esforço de Borg (6-20). **Metodologia:** Este estudo caracteriza-se como sendo descritivo do tipo quase-experimental. O protocolo de esforço consistiu na realização de uma sessão de esforço físico incremental em um ergômetro de braço. Em todos os momentos da frequência cardíaca foi medida utilizando o cardiofrequencímetro digital. **Resultados:** Verificou-se uma correlação excelente, positiva e significativa entre as variáveis frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço de Borg (6-20). Por meio da análise de regressão foi possível verificar que os valores do coeficiente de determinação foram também excelentes, positivos e significantes. **Conclusão:** A fórmula de adequação criada no presente estudo é uma ferramenta promissora para monitorar frequência cardíaca, através de cargas internas obtidas com a escala de Borg (6-20), em indivíduos com falta ou dificuldade na mobilidade de membros inferiores e condições que possam gerar imprecisão na medida da frequência cardíaca. Podendo proporcionar uma melhor condução em sessões treinos e programas de reabilitação.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Percepção Subjetiva de Esforço. Frequência Cardíaca.

ABSTRACT

The perceived exertion scales have a very high approximation of the actual heart rate, but the margin of error increases with age, fitness and mobility assessed. Thus, required adaptations development is done to improve accuracy of data obtained through existing testing, when applied to specific groups. **Objective:** To create a mathematical model to estimate the heart rate through the perception of exertion scale of Borg (6-20). **Methodology:** This study is characterized as descriptive of quasi-experimental type. The exercise protocol consisted of an incremental physical exertion session on a arm ergometer. At all times, the heart rate was measured using a digital cardiac frequencymeter. **Results:** There was an excellent correlation, positive and significant among the variables heart rate and perceived exertion Borg (6-20). Through regression analysis found that the values of the coefficient of determination were also excellent, positive and significant. **Conclusion:** the adequacy of the formula established in this study is a promising tool to monitor heart rate, through internal loads obtained with the Borg scale (6-20), in subjects with missing or difficulty in mobility of the lower limbs and conditions that may generate imprecision in measurement of heart rate. Being able to provide a better driving training sessions and rehabilitation programs.

Keywords: Mathematical Modeling. Subjective Perception of Effort. Heart Rate.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14

1 INTRODUÇÃO

Durante a pré-história os povos nômades tomavam dois grandes tipos de atitudes em relação às pessoas com deficiências: tolerância e destruição, atitudes essas tomadas com base na necessidade para sobrevivência, crenças e superstições (SILVA, 1986). Tais atitudes colocavam em risco a pessoa com deficiência assim como todo grupo.

Já na Grécia e Roma, entre 500 a. C. e 400 d. C., eram presadas as capacidades físicas dos soldados, a imagem dos corpos fortes e a proteção do estado contra inimigos externos. Apenas consideravam-se as amputações, outras deficiências eram desconsideradas e as crianças abandonadas.

Apenas após a 2ª Grande Guerra, por intermédio do crescimento advindo do esporte adaptado, principalmente nas parolimpíadas por parte do grande número de guerrilheiros com deficiências provenientes da guerra que passaram a serem atletas, iniciou-se período de grande interesse sobre os aspectos físicos e de saúde dos deficientes, com especial atenção aos usuários de cadeiras de rodas .

Desde então com objetivo de reabilitar deficientes e reintroduzi-los a sociedade, vê-se necessidade de métodos específicos pelo fato de testes físicos e métodos de avaliação convencionais não serem tão precisos quando aplicados a essa parcela da população, essa dificuldade na avaliação não se limita a deficientes mas também abrange qualquer indivíduo que venha a adquirir algum fator que comprometa suas aptidões motoras, sensoriais ou intelectuais. Em tempos atuais ainda há escarces de avaliações e ferramentas específicas ou mais precisas para determinadas condições ocasionadas por deficiências ou impedimentos.

Diversos fatores podem ser a causa de levar pessoas a terem dificuldade em movimentar-se na postura bípede, estes podem ser de origem congênita ou adquirido no decorrer da vida através de doenças ou acidentes que comprometam a integridade da coluna ocasionando deficiências ou levando a um estado de incapacidade.

Apesar de poder ser proveniente de doenças a deficiência e o impedimento possuem conceitos próprios como pode ser encontrado no Decreto Federal nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999 que regulamenta a Lei Federal nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência consolida as normas de proteção, e dá outras providências:

Art. 3º Para os efeitos deste Decreto, considera-se:

I - deficiência – toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano;

II - deficiência permanente – aquela que ocorreu ou se estabilizou durante um período de tempo suficiente para não permitir recuperação ou ter probabilidade de que se altere, apesar de novos tratamentos; e

III - incapacidade – uma redução efetiva e acentuada da capacidade de integração social, com necessidade de equipamentos, adaptações, meios ou recursos especiais para que a pessoa portadora de deficiência possa receber ou transmitir informações necessárias ao seu bem-estar pessoal e ao desempenho de função ou atividade a ser exercida. (BRASIL, 1999)

A importância da utilização de um método de controle de intensidade se dá pela necessidade do equilíbrio entre os momentos de estímulo e recuperação em um treinamento, fator importantes para o controle de carga e assim alcançar a adaptação ao treino de forma satisfatória sem exceder o limite do indivíduo treinado. Alcançando assim um equilíbrio entre desempenho e segurança (BUDGETT, 1998). Não sendo diferente na prática de esportes adaptados.

A Percepção Subjetiva de Esforço consiste em uma ferramenta em que avalia o indivíduo através de uma escala, onde a resposta se relaciona diretamente com a frequência cardíaca e portanto com a intensidade de esforço. A avaliação através da Percepção Subjetiva de Esforço é amplamente utilizados na Educação Física para monitorar a intensidade de seções de treino em diversas modalidades como corrida, natação, ciclismo entre outras.

Dentre as escalas de percepção subjetiva destaca-se a Escala de Borg 6-20, por ser a mais utilizada em estudos científicos. Existem diversas adaptações da escala de Borg objetivando a precisão ao avaliar situações específicas ou facilitar o

entendimento pelo avaliado como na Escala de Borg CR-10 onde o avaliado pode ter uma classificação de zero a dez referente ao seu esforço. As escalas possuem uma aproximação muito alta da frequência cardíaca real, porém a margem de erro aumenta de acordo com a idade, o condicionamento físico e mobilidade do avaliado.

O método da PSE da sessão é uma estratégia de monitoramento muito simples, que permite a avaliação da carga de treinamento. O ponto forte deste método (simplicidade) também é, ao mesmo tempo, a sua principal limitação. Apesar de as evidências atestarem a efetividade e a aplicabilidade prática do método da PSE da sessão, alguns profissionais do esporte (técnicos e preparadores físicos) ainda mantêm certo grau de ceticismo em relação ao mesmo, principalmente, pela sua simplicidade. (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010)

Sendo assim, faz-se necessário desenvolvimento de adequações para melhorar a precisão dos dados obtidos através de testes existentes, quando aplicados a grupos específicos, assim como propõe o presente estudo que consiste no desenvolvimento de um modelo matemático para estimar o esforço através de atividades com os membros superiores baseado na escala de Borg (6-20), visando obter mais precisão na avaliação de indivíduos com dificuldades em manter a postura bípede, falta de mobilidade em membros inferiores ou que buscam melhorar o condicionamento aeróbio em atividades através da utilização dos membros superiores por motivos específicos. Assim sendo possível uma melhor condução em programas de treinamento físico e reabilitação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Percepção Subjetiva de Esforço

Os estudos sobre percepção subjetiva de esforço começaram com o trabalho de Stevens em 1957 e com o trabalho de Ekman em 1958, que tinham o objetivo de estabelecer uma escala de proporção sobre a percepção de esforço. Borg, através destes trabalhos desenvolveu uma escala de categorização; nela há 15 pontos divididas em graus, que vão de 6 a 20, com objetivo de acompanhar a variação de frequência cardíaca de 60 a 200 batimentos por minuto. Na tabela há palavras descritivas que correspondem com a intensidade, a condição de esforço e a frequência cardíaca. A escala foi testada e validada em testes tanto com intensidade progressiva quanto aleatórias. (O' SULLIVAN, 1984)

O processamento de múltiplos sinais sensoriais que são recebidos através do desempenho físico individual, gera uma percepção geral de sinais de esforço, e também nos proporciona obter mais especificamente algumas sensações mais específicas como diminuição do ritmo respiratório, esforço muscular e dor articular. Sendo assim a percepção subjetiva de esforço é um conjunto de sensações, e definida como a quantificação subjetiva da intensidade do trabalho físico. (O' SULLIVAN, 1984)

A escala de Borg é um instrumento muito utilizado, pois é de fácil aplicação. É possível relacionar a percepção de esforço com outras variáveis fisiológicas e/ ou psicológicas, e por haver muitas diferenças metodológicas e amostrais em diferentes e diversos trabalhos, instituir uma correlação precisa entre ainda não é possível. Além disso, deve-se levar em consideração circunstâncias como sobrecarga, ritmos circadianos, eficácia individual para dado exercício, poder de resposta individual, influências do sistema nervoso central, acúmulo de lactato, entre outras variáveis. (COSTA; SANTOS, 2010)

2.2 Frequência Cardíaca em Populações Específicas

De acordo com Patil, Kerve e DiCarlo (1993) indivíduos quadriplégicos, indivíduos com transplante cardíaco, sedentários e atletas de resistência treinados são populações que possuem limitações e adaptações únicas que influenciam diretamente seu comportamento cardiovascular, são diferentes em relação a massa muscular disponível para o exercício, inervação aos seus corações e vasos sanguíneos e a eficiência do retorno venoso.

O sistema cardiovascular se comporta de forma diferente em populações específicas, essas diferenças ocorrem em relação a alguns fatores como tempo de ativação dos sistemas simpático e parassimpático resultando numa antecipação ou atraso no aumento e redução da frequência; a alteração dos níveis das catecolaminas circulantes (noradrenalina e adrenalina) que aumentam a frequência cardíaca pela ativação de receptores beta 1 - adrenérgicos; a ação da bomba muscular decorrente da ativação de musculaturas periféricas durante exercícios; a idade alterando o tempo de respostas fisiológicas ; o nível de condicionamento físico ocasionando mudanças na eficiência cardiovascular para uma mesma intensidade de treino.

2.3 Dificuldades na Locomoção em Cadeiras de Rodas

A cadeira de rodas é um equipamento importante para a locomoção e funcionalidade no dia-a-dia de indivíduos com comprometimento nos membros inferiores, que encontram como principal fonte de preocupação e dificuldade para a vida social as barreiras arquitetônicas advindas dos ambientes públicos (PIERCE, 1998) impossibilitando a movimentação e diminuindo o acesso dos indivíduos aos espaços de lazer e locais de trabalho (SOUZA, 2009). Diante dessas limitações muitas vezes cadeirantes só tem reconhecimento social através da prática esportiva, assim sendo de grande importância a prática de atividade física.

A falta de atividade física por parte dos usuários de cadeira de rodas aumenta a probabilidade de desenvolvimento de patologias hipocinéticas (QUINTANA; NEIVA, 2008), ao mesmo tempo em que o esforço quando realizado de maneira inadequada pode traduzir-se em lesões por sobrecargas repetitivas nos membros superiores (BONINGER, 2002). Fazendo assim necessários testes adequados de modo a obter o melhor direcionamento em treinos e reabilitação.

A utilização de cadeiras de rodas por parte das pessoas com deficiência constitui-se uma quebra de paradigma no campo da locomoção humana. A necessidade de deslocar-se no dia-a-dia ou de transpor barreiras arquitetônicas passa a ser uma tarefa que requer aos usuários altos níveis de capacidades físicas (KOONTZ et al., 2005). Acompanhado junto ao nível de lesão ou tipo de incapacidade, utilizar cadeiras de rodas de forma eficiente e eficaz nas diversas atividades da vida diária pode ser considerada um objetivo primário às pessoas com deficiência. Neste sentido, avaliações físicas específicas tornam-se um aspecto de fundamental importância no preparo de usuários de cadeira de rodas para o seu dia a dia e prática esportiva objetivando prevenir lesões e obter o melhor desempenho em sua locomoção.

Por outro lado, a diminuição da capacidade de locomoção dos usuários diminui a capacidade de realizar atividades da vida diária e reduz o condicionamento físico de uma forma geral. Diversos estudos (JACOBS, NASH, 2004; VALENT et al , 2007), recomendam a prática regular de atividade física como sendo um meio de reduzir os efeitos deletérios das incapacidades sobre a aptidão física e o desempenho atlético. No âmbito esportivo, a busca pela eficiência de movimento é objetivo em diversas modalidades, por se tratar de uma característica relacionada diretamente com o desempenho (MASON et al, 2012). O controle do esforço, em um dado momento, torna-se então variável de interesse em diversas situações para o usuário de cadeiras de rodas.

2.4 Dificuldades em Realizar Atividades Físicas com Membros Inferiores

Alguns mecanismos fisiológicos podem dificultar pessoas com patologias específicas na realização de atividades físicas com uso dos membros inferiores, esses mecanismos podem ser advindos de doenças, deficiências, ou doenças que levam a deficiência.

As deficiências físicas podem ser divididas em duas espécies: congênitas, aquelas que acompanham o indivíduo desde a concepção, e adquiridas, todas que vierem a se estabelecer ou afetar os "modos de ser do físico" da pessoa normal, ao longo de sua existência. Essa deficiência também pode ser causada por doenças como: a poliomielite, lesões neurológicas, osteomielite, tuberculose óssea. Enfim, a pessoa portadora de deficiência física possui uma limitação, para assegurar certas necessidades da vida, como decorrência de "deficiências", congênita ou não. (DIFERENTES..., [(2011)])

Um indivíduo que sofre uma lesão na medula espinhal pode ter a mobilidade comprometida em todos os membros abaixo do nível da lesão, isso se dá através de traumatismos que podem romper a região total ou parcialmente, fazendo com que não haja comunicação adequada entre neurônios centrais e periféricos podendo resultar em "plégias" perda total do movimento na região afetada, ou "paresias" perda parcial ou dificuldade na movimentação na região afetada.

No caso da Paralisia Cerebral, em um indivíduo que tenha o comprometimento em membros inferiores, pode levá-lo a sofrer com distúrbios motores nessa região, como a ataxia onde apresentam tremores, incoordenação na região afetada e quando andam, não conseguem fazê-lo em linha reta. Há casos em que apresentam comportamento espasmódico, onde os músculos têm, ao mesmo tempo, a força diminuída e o tônus aumentado, o que se chama espasticidade. Os pacientes apresentam os músculos enrijecidos na região afetada, sendo difícil fazer o movimento tanto pelo próprio paciente como por outra pessoa (ASSOCIAÇÃO...)

A capacidade de praticar exercícios físicos com membros inferiores também podem ser afetada por doenças arteriais periféricas que podem estar relacionadas a hipertensão arterial e processo aterosclerótico, resultando em claudicação intermitente que pode ser descrita pelo paciente como fadiga, desconforto, câimbra, paralisia, aperto ou dor em um grupo muscular específico dos membros inferiores durante o esforço. (SILVA; CONSOLIM-COLOMBO, 2011)

3 OBJETIVOS

Objetivo Geral: Criar um modelo matemático para estimar a frequência cardíaca.

Objetivo Específico: Criar um modelo matemático para estimar a frequência cardíaca, por meio da escala de percepção subjetiva de esforço de Borg (6-20), em atividades físicas praticadas apenas com membros superiores.

4 METODOLOGIA

4.1 Pesquisa e Indivíduos

Este estudo caracteriza-se como sendo descritivo do tipo quase-experimental. Todos os procedimentos metodológicos contidos na presente investigação estão devidamente protocolizados no Comitê de Ética da Universidade de Pernambuco sob o número 078/11, e observaram os cuidados contidos na Lei Complementar 466/12, que trata dos procedimentos éticos de pesquisa com seres humanos. Optamos por recrutar sujeitos saudáveis, e sem deficiência física ou baixa mobilidade, por conta das condições correlatas geralmente observadas e que pudessem alterar as respostas cardiovasculares ao exercício físico.

Os indivíduos recrutados para participarem da pesquisa são todos do gênero masculino, destreinados e inexperientes na utilização do ergômetro de braço. Nenhum dos participantes reportaram dor nos membros superiores ou quaisquer desconfortos que pudessem impedir a participação em exercícios com os membros superiores e assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido previamente à participação no estudo. Da mesma forma, não reportaram utilização de medicamentos ou outros recursos ergogênicos que pudessem interferir nas respostas hemodinâmicas da frequência cardíaca ou da pressão sanguínea.

4.2 Protocolo Experimental

Todos os procedimentos de coleta de dados foram realizados em condições laboratoriais controladas de temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica (24°C, 44% e 760mm/Hg, respectivamente). Os voluntários foram orientados a não praticarem exercícios ou atividades físicas vigorosas 24h antes da sessão experimental, além de comparecerem devidamente alimentados e hidratados em até 2h que antecederam as coletas. O protocolo de esforço consistiu na

realização de uma sessão de esforço físico incremental em um ergômetro de braço (CEFISE, Brasil). O ponto central da manivela do equipamento foi ajustado para cada sujeito de forma que coincidissem com a mesma altura do ombro dos voluntários na posição sentada. Além disso, o encosto do ergômetro foi movimentado para proporcionar uma condição de semiflexão dos cotovelos dos sujeitos em todo o arco do movimento rotacional.

4.3 Coleta dos Dados e Sessão Experimental

Inicialmente, foram mensuradas as variáveis hemodinâmicas (frequência cardíaca e pressão sanguínea) coletadas em condições de repouso na posição sentada por um período de dez minutos. Em seguida, todos os voluntários passaram por um período de 5 minutos de aquecimento e familiarização ao ergômetro sem acréscimo de carga de frenagem. Em seguida, foi iniciado um teste incremental até a exaustão voluntária do participante, com carga inicial de 25W e com adição de 25W de potência a cada minuto (a gradação da carga do ergômetro obedeceu protocolos realizados em estudo anterior (ALMEIDA, 2010). Tanto na condição de aquecimento quanto na condição incremental o ritmo de cadência no ergômetro foi controlado por um metrônomo auditivo (M&M, Alemanha) em uma taxa de 60 RPM. Além da desistência voluntária de cada sujeito ao protocolo, também foram observadas como condições de interrupção do teste a não manutenção do ritmo pré-estabelecido de manivela (60 RPM) ou do alcance de 95% da frequência cardíaca prevista para a idade ($220 - \text{idade}$). Ao final de cada minuto a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço por meio da escala de Borg de 6 a 20 (PSE/B6-20) foram anotadas em pranchetas. Em todos os momentos da frequência cardíaca foi medida utilizando o cardiofrequencímetro digital (POLAR, FT1, Finlândia).

4.4 Análise dos Dados

Para análise dos dados procedeu-se a análise da normalidade por meio do teste de Kruskal-Wallis. Em seguida, no intuito de verificar a associação existente entre a FC e a PSE/B6-20 procedeu-se uma análise de correlação por meio do teste de Spearman. Optou-se por uma análise não paramétrica por conta do número reduzido de sujeitos. Em seguida, recorreu-se a uma análise de regressão linear simples, no intuito de derivar um modelo matemático, de acordo com FIELD(2009), preditor da FC a partir de valores observados de PSE/B6-20. Todas as análises foram realizadas no software Graphpad Prism versão 6.0 (Graphpad, Estados Unidos). O nível de significância determinado foi de 5% ($P \leq 0.05$).

5 RESULTADOS

Na tabela 1 encontram-se os valores de repouso para FC e das características demográficas dos sujeitos avaliados.

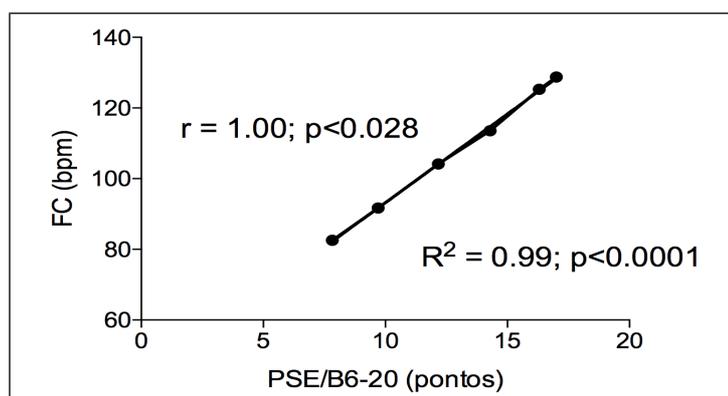
Tabela 1. Dados descritos da amostra de sujeitos recrutada para o estudo (n=7)

Sujeitos	Idade (anos)	Peso (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m ²)	FC (bpm)
1	19,00	97,00	170,00	33,56	70,00
2	18,00	78,70	173,00	26,30	74,00
3	20,20	57,50	173,40	19,12	60,00
4	20,20	82,80	175,50	26,88	85,00
5	21,00	118,00	190,40	32,55	85,00
6	20,20	61,40	186,70	17,61	86,00
7	20,20	83,60	181,10	25,49	84,00

Legenda: IMC (índice de massa corporal); FC (frequência cardíaca de repouso);

Na figura 1 é apresentado o gráfico de correlação entre a FC e a PSE/B6-20. Verificou-se uma correlação excelente, positiva e significativa entre ambas variáveis.

Figura 1. Correlação entre a FC e a PSE/B6-20; PSE/B6-20.



Legenda: Percepção subjetiva de esforço de BORG (6-20); FC: frequência cardíaca; r: correlação momento produto de Spearman; R²: coeficiente de determinação da regressão linear; p: valor da significância estatística utilizada (5%).

Da mesma maneira, por meio da análise de regressão foi possível verificar que os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram excelentes, positivos e significantes. O detalhamento dos valores obtidos por meio da análise de regressão, bem como o modelo matemático derivado a partir da análise, encontram-se apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros da regressão utilizados para derivar o modelo matemático.

a	b	r	R^2	p	Modelo matemático
5,025	42,93	1,00	0.99	>0.0001	$FC = 5,025 * (PSE/B6-20) + 42,93$

Legenda: a: coeficiente de interceptação; b: coeficiente de inclinação; r: correlação de Spearman; R^2 : coeficiente de determinação; FC: frequência cardíaca; PSE/B6-20: escala de Borg 6-20.

Esse estudo teve como finalidade correlacionar classificação na escala de Borg com a frequência cardíaca real durante a prática de exercício físico unicamente através dos membros superiores, a fim de assegurar dados mais precisos quando utilizada a escala de Borg (6-20) em populações com limitações em membros inferiores ou que busquem mensurar a alteração da frequência cardíaca em treinos sem a utilização de membros inferiores.

A presente adequação da escala de Borg se faz de grande utilidade para grupos específicos, sobre tudo com dificuldade na locomoção, por proporcionar uma ferramenta aos mesmos que oferece a possibilidade de prever a frequência cardíaca e monitorar a intensidade do treino de forma mais precisa ao usar a escala de Borg. Ainda assim, continuando sendo acessível financeiramente e de fácil aplicação, assim proporcionando um melhor direcionamento nas práticas de exercício físico por esses indivíduos.

Treinamento em diversas modalidades podem ser contemplados com a utilização dessa adequação, dentre elas o basquete em cadeira de rodas, corrida em cadeira de rodas, vôlei sentado, esgrima em cadeira de rodas, natação, rúgbi em cadeira de rodas, tênis em cadeira de rodas, canoagem, remo, entre outras. Pois em todas essas práticas esportivas há em comum a alta requisição dos membros superiores ou unicamente os membros superiores, dependendo da classificação dos atletas, além da necessidade de executar movimentos cíclicos e rápidos para se deslocar.

Exercícios normalmente utilizados nos treinos desses esportes ou reabilitação como atividades com ciclo ergômetro, bicicleta manual, medicine ball, corda naval, treinamentos funcionais, exercícios com peso ou aeróbicos em geral, também podem ser monitoradas quanto a intensidade através dessa ferramenta. Por terem a mesma repercussão no gasto energético e alteração na frequência cardíaca.

A frequência cardíaca pode ser usada como um indicador de intensidade do treino, sobretudo nos treinos aeróbicos, por ser um variável diretamente relacionada ao consumo de oxigênio e gasto energético. Na prática de

exercícios com incremento de intensidade tanto progressiva quanto aleatória pode se observar que a medida que a intensidade altera o comportamento também é acompanhado pela frequência cardíaca. Através de tal relação que foi possível desenvolver escalas de percepção subjetiva de esforço. (O' SULLIVAN, 1984)

Tabela 3. Exemplificação da aplicação prática da fórmula de adequação:
 $FC = 5,025 * (PSE/B6-20) + 42,93$.

Sujeitos hipotéticos	PSE/B6-20	FC(bpm) PSE/B6-12	FC (bpm) Adequação	Diferença (bpm)
1	14	140,00	113,28	26,72
2	10	100,00	93,18	06,82
3	19	190,00	138,40	51,60

Legenda: PSE/B6-20: escala de Borg 6-20; FC: Frequência Cardíaca; bpm: batimentos por minuto.

Para exemplificar o aplicação da adequação, pode se supor os seguintes casos: Um atleta de basquete em cadeira de rodas (indivíduo 1), tem a sua frequência cardíaca identificada durante o treino através da escala de Borg (6-20) afim de monitorar a intensidade da sessão, onde respondeu 14 na classificação da escala que multiplicado por 10 equivale a 140 batimentos por minuto. Mas quando o valor da escala é posto na fórmula de adequação, onde o 14 obtido na escala é multiplicado por 5,025 e em seguida acrescido de 42,93, a frequência cardíaca encontrada é de 113,28 batimentos por minuto, o que mostra uma diferença de 26,72 batimentos. Isso significa que a intensidade do treino seria superestimada quando orientada apenas através da correlação entre escala de Borg e frequência cardíaca, levando indivíduo a treinar em uma intensidade inferior da objetivada pela sessão de treino, deixando de obter o rendimento máximo da sessão.

O indivíduo 2, uma pessoa com diparesia ocasionada por paralisia cerebral, ao ter sua frequência cardíaca verificada através apenas da escala de Borg durante uma sessão de reabilitação física, obteve a classificação 10, que é equivalente a 100 batimentos por minutos. Caso a equação for aplicada, a frequência encontrada será 93,28. Evidenciando uma diferença de 6,82 batimentos por minutos.

O indivíduo 3, um hipertenso e sedentário que sofre de claudicações intermitentes a quem foi recomendada a prática de exercícios físicos, e por conta de sua limitação, se torna mais adequada a prática de atividade física através dos membros superiores. Ao fazer exercício num cicloergômetro de braço, a frequência cardíaca verificada pela escala de Borg foi de 190 batimentos por minuto, porém após usar o valor da classificação na fórmula de regressão foi possível observar que a frequência cardíaca real era de 138,40 batimentos por minuto. Apresentando uma diferença de 51,60 batimentos por minutos.

Por meio dos exemplos dados é possível ter uma noção da praticidade e utilidade da aplicação da equação, assim como a diferença encontrada na frequência cardíaca prevista através da escala de Borg (6-20) quando comparada ao valor corrigido para pessoas com dificuldade ou falta de mobilidade em membros inferiores, através da utilização da adequação.

No presente estudo foram encontradas as seguintes limitações: O número amostral composto ser apenas de 7 indivíduos. A amostra não ser composta por pessoas com deficiência. A equação não foi validada.

7 CONCLUSÃO

A adequação na escala de Borg (6-20) apresentou uma correlação excelente, positiva e significativa entre as variáveis FC e PSE/B6-20. Assim como, por meio da análise de regressão foi possível verificar que os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram também excelentes, positivos e significantes.

O que indica que a formula de adequação criada no presente estudo é uma ferramenta promissora para monitorar frequência cardíaca, através de cargas internas obtidas com a escala de Borg (6-20), em indivíduos com falta ou dificuldade na mobilidade de membros inferiores e condições que possam gerar imprecisão na medida da frequência cardíaca. Podendo proporcionar uma melhor condução em sessões treinos e programas de reabilitação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. S. et. al. Post-exercise blood pressure responses to cycle and arm-cranking. **Science & Sports**, v. 25, p. 74-80, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PARALISIA CEREBRAL, PARALISIA CEREBRAL – Perguntas e Respostas. Disponível em: <<http://paralisiacerebral.org.br/saibamais05.php>> Acesso em: 10 jun. 2016

BONINGER, M. L. et al. Propulsion patterns and pushrim biomechanics in manual wheelchair propulsion. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 83, n. 5, p. 718-723, 2002.

BRASIL. Decreto nº 3.298 de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a lei nº 7.7853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a política Nacional para Integração da pessoa portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção e dá outras providencias. Brasília: CORDE, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 27 maio 16

BUDGETT, R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. **British Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 2, p. 107-110, 1998

COSTA, A. M. D.; SOUZA, S. B. Educação física e esporte adaptado: história, avanços e retrocessos em relação aos princípios da integração/inclusão e perspectivas para o século XXI. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 25, n. 3, p. 27-42, maio 2008.

COSTA, L. P.; SANTOS, N. S. Comparação da percepção subjetiva de esforço em atletas de basquete em cadeira de rodas com poliomielite e outras deficiências, após o piçarro teste adaptado. 2010. Disponível em: <http://www.latoneuro.com.br/common/pdf/tcc/tcc2009/leandro_nathalia.PDF> Acesso em: 08 jun 2016

DIFERENTES DEFICIÊNCIAS E SEUS CONCEITOS. Curitiba: MPPR, [2011] Disponível em: <<http://www.ppd.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17>> Acesso em: 30 maio 16

FIELD, A. P. **Discovering statistics using SPSS: and sex and drugs and rock 'n' roll** 3ª ed. Los Angeles ; London: SAGE Publications, 2009.

JACOBS, P. L.; NASH, M. S. Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. **Sports medicine, Auckland**, v. 34 n. 11, p. 727–51, 2004.

KOONTZ, A. M. et al. A kinetic analysis of manual wheelchair propulsion during start-up on select indoor and outdoor surfaces. **The journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 42, n. 4, p. 447-458, 2005.

MASON B. et al. **The effect of wheel size on mobility performance in wheelchair athletes. International Journal of Sports Medicine.** p. 807-812. 16 maio 2012

NAKAMURA, F. Y. et al. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá. v. 21, p. 1-11, 1 trim 2010.
<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/6713>>. Data de acesso: 03 jun 16

O' SULLIVAN, S. B. Perceiver Exertion: A Review. **Physical Therapy**, v. 64, n.3, p. 343-346, March 1984. Disponível em:
<<http://ptjournal.apta.org/content/ptjournal/64/3/343.full.pdf>> Acesso em: 07 jun 2016

PATIL, R. D.; KARVE, S. V.; DICARLO, S. E. Integrated cardiovascular physiology: a laboratory exercise. **Advances in Physiology Education Published**, v. 265, n. 6, p. 20-31, 1 dez 1993. Disponível em:
<<http://advan.physiology.org/content/ajpadvan/265/6/S20.full.pdf> > Acesso em 29 maio 2016

PIERCE, L. Barriers to access: frustrations of people who use a wheelchair for full-time mobility. **Rehabilitation nursing: the official journal of the Association of Rehabilitation Nurses**, v. 23, n. 3, p. 120-125, maio 1998.

QUINTANA, R.; NEIVA, C. M. Fatores de risco para síndrome metabólica em cadeirantes: jogadores de basquetebol e não praticantes; Risk factors for the metabolic syndrome in wheelchair users: basketball players and non-practitioners. **Rev. bras. med. esporte**, v. 14, n. 3, p. 188-191, 2008.

SILVA, O. M. **A Epopeia Ignorada: A Pessoa Deficiente na História do Mundo de Ontem e de Hoje.** São Paulo: CEDAS, 1986.

SILVA, R. C. G.; CONSOLIM-COLOMBO, F. M. Aspectos relevantes para identificação da claudicação intermitente. **Acta Paulista de Enfermagem**. São Paulo v. 24, n. 3, p, 426-429, 2011

VALENT, L. et al. The effects of upper body exercise on the physical capacity of people with a spinal cord injury: a systematic review. **Clinical rehabilitation**, v. 21, n. 4, p. 315–330, 2007.

VAN DER WOUDE, L. H. V. et al. Mechanical advantage in wheelchair lever propulsion: effect on physical strain and efficiency. **Development**, v. 34, n. 3, p. 286-294, 1997.