

**INVESTIGANDO A CORRELAÇÃO ENTRE A FADIGA MENTAL E O TEMPO DE REAÇÃO TOTAL:
ESTUDO PILOTO**

Tânia Brusque Crocetta¹
 Ricardo Luís Viana²
 Douglas Eric Silva²
 Alexandro Andrade¹

RESUMO

Quando se aplica um teste para medir o tempo de reação através de um software em computador, é possível registrar o tempo decorrido entre o aparecimento do estímulo e a conclusão da tarefa, e a isto chamamos Tempo de Reação Total (TRT). Este estudo teve como objetivo correlacionar a fadiga mental a partir do tempo de reação total (TRTFadiga) com o tempo de reação total simples visual (TRTSimples). Participaram 76 adultos saudáveis de 17 a 77 anos ($\bar{x}=40,0\pm 15,7$), que executaram as duas tarefas propostas pelo software TRT_S₂₀₁₂. A análise revelou uma correlação positiva entre a média do TRTSimples e o TRTFadiga, tanto para o estímulo inicial (TRTiFadiga) ($r=0,479$, $p<0,001$) quanto para o estímulo final (TRTfFadiga) ($r=0,509$, $p<0,001$), e entre TRTiFadiga e TRTfFadiga ($r=0,384$, $p<0,01$). Também houve correlação positiva entre a idade e TRTSimples ($r=0,351$, $p<0,01$) e TRTfFadiga ($r=0,499$, $p<0,001$). Os resultados sugerem que o Software TRT_S₂₀₁₂ é um instrumento válido para avaliação do desempenho no TRT, e o teste de avaliação da fadiga mental a partir do TRT é uma proposta inovadora, podendo ser aplicado nas áreas da Psicologia e Educação Física.

Palavras-chave: Fadiga Mental. Tempo de Reação Simples. Tempo de Movimento. Adultos Saudáveis.

1-Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
 2-Especialistas em Programação Java, Colaborador do Laboratório de Psicologia do Esporte e do Exercício-LAPE, Brasil.

ABSTRACT

Investigating the correlation between mental fatigue and Total Reaction Time: Pilot Study

When applying a test to measure the reaction time through a software, it is possible to register the time between the onset of the stimulus and the completion of the task, and this is called Total Reaction Time (TRT). This study aimed to relate the mental fatigue from the total reaction time (TRTFatigue) with a simple visual total reaction time (TRTSimple). The study included 76 healthy adults 17-77 years ($\bar{x} = 40.0 \pm 15.7$), who performed both tasks proposed by TRT_S₂₀₁₂ software. The analysis revealed a positive correlation between the average TRTSimple and TRTFatigue, for both initial stimulus (TRTiFatigue) ($r = 0.479$, $p < 0.001$) and final stimulus (TRTfFatigue) ($r = 0.509$, $p < 0.001$), and among TRTiFatigue and TRTfFatigue ($r=0.384$, $p<0.01$). There was a positive correlation between age and TRTSimple ($r = 0.351$, $p < 0.01$) and TRTfFatigue ($r = 0.499$, $p < 0.001$). The results suggest that TRT_S₂₀₁₂ Software is a valid tool for performance evaluation in TRT, and the evaluation of mental fatigue from the TRT test is an innovative proposal, it can be applied in the fields of Psychology and Physical Education.

Key words: Mental Fatigue. Simple Reaction Time. Movement Time. Health Subjects.

E-mails dos autores:
 tania.crocetta@udesc.br
 ryuujisensei@gmail.com
 sekkuar@hotmail.com
 alexandro.andrade@udesc.br

INTRODUÇÃO

A importância de se conhecer os processos da atenção levando em conta os aspectos biológicos, psíquicos e físicos que os orientam é preponderante no desporto contemporâneo (Filgueiras, 2010) bem como no exercício e na atividade física.

É um desafio para as Ciências do Movimento Humano e para a Psicologia do Esporte e do Exercício reconhecer que o comportamento “motor” examinado em seus estudos é na verdade uma mistura de comportamento social-cognitivo-afetivo-motor (Lewthwaite e Wulf, 2010).

Para executar com segurança estas tarefas básicas do dia-a-dia, os seres humanos dependem da capacidade de reagir rapidamente ao seu ambiente (Eckner, Chandran e Richardson, 2011).

Essa habilidade de um indivíduo reagir a um estímulo externo revela o nível de sua coordenação neuromuscular (Andrade e Portela, 2005), sendo o Tempo de Reação (TR) uma medida simples e eficaz para avaliar esta habilidade.

O TR vem sendo largamente estudado e é um dos mais antigos métodos de diagnóstico utilizados na psicologia moderna (Zajdel e Nowak, 2007), sendo uma das medidas dependentes favoritas da psicologia (Correll, 2011), porém o TR ainda mantém questões em aberto, como sua alteração em função da intensidade do estímulo (Jaskowski e Wlodarczyk, 2006) ou os efeitos do exercício físico, sendo um parâmetro sensível e objetivo, refletindo a função cognitiva e motora (Ozyemisci-Taskiran e colaboradores, 2008).

Aliado a estas questões, existem as recentes teorias de affordance que sugerem a existência de uma vantagem para o TR da resposta motora motivada pela visualização de um objeto que potencializa o plano motor, mesmo quando não há intenção de aplicar a ação em si (Makris, Hadar e Yarrow, 2011).

O tempo total para a resposta (Tempo de Reação Total – TRT) a estes testes de tempo de reação consiste de duas partes: o Tempo de Reação (TR) e o Tempo de Movimento (TM). O TR é o tempo necessário para reconhecer o estímulo e o TM é o tempo a partir do reconhecimento do estímulo até o registro da resposta (Kelly, Murphy e Backhouse, 2000; Zwierko e colaboradores, 2010).

Como a medição do TR de testes realizados e medidos por computador só pode identificar o tempo decorrido entre o início do estímulo e a conclusão da resposta, um software pode permitir o registro do Tempo de Reação Total (TRT), sendo objeto de diversos estudos (Erickson e colaboradores, 2011; Miyata, Watanabe e Minagawa-Kawai, 2011).

Levando em conta estas pesquisas, o objetivo deste estudo foi analisar preliminarmente o Software TRT_S₂₀₁₂ para medição do tempo de reação total (TRT) simples com estímulo visual e para avaliar a influência da fadiga mental a partir do TRT.

Este estudo teve como objetivo correlacionar a fadiga mental a partir do tempo de reação total (TRTFadiga) com o tempo de reação total simples visual (TRTSimples)

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (parecer 63411/2012 e 102178).

Participantes

A amostra foi não probabilística intencional, e após convite, aceitaram participar do estudo, sendo residentes nos seguintes estados do Brasil: Santa Catarina (56,6%), São Paulo (40,8%) e Rio Grande do Sul (2,6%).

Participaram 76 adultos, respeitando uma estratificação em três grupos etários: a) 35 adultos jovens (Grupo Jovem), com idades entre 17 e 34 anos ($\bar{x}=25,3\pm 4,8$); b) 36 adultos (Grupo Adulto) com idade entre 36 e 63 anos ($\bar{x}=50,0\pm 6,8$); e 5 adultos mais velhos (Grupo Idoso) com idades compreendidas entre 67 e 77 anos ($\bar{x}=71,0\pm 3,9$). Esta estratificação respeita os critérios globalmente aceitos na literatura referente à Psicologia do Desenvolvimento do Adulto (Reis e Fradique, 2003).

Todos os participantes foram considerados saudáveis (autoavaliação) e não reportaram qualquer problema de visão que impedisse a realização dos testes.

Instrumentos

Software TRT_S₂₀₁₂. O software desenvolvido por Crocetta e colaboradores (Crocetta e colaboradores, 2014) foi validado

em uma amostra de mais de 200 adultos jovens além de realizar uma validação mecânica com o uso de um robô (Crocetta e colaboradores, 2015) que executava o movimento necessário para reagir ao estímulo luminoso apresentado na tarefa de TRT simples visual. Este software propõe dois testes para medição do Tempo de Reação Total (TRT) conforme descrição a seguir.

Teste de avaliação do TRT Simples Visual (TRTSimples)

O estímulo consistiu da mudança da cor de um quadrado de 150 pixels (aproximadamente 4 cm) apresentado no centro do monitor (configurado em 1280 x 800 pixels). O quadrado foi apresentado com um contorno em linha preta, com preenchimento da mesma cor de fundo (cinza).

Para os testes aqui propostos a alteração de cor foi parametrizada para amarelo. Os estímulos se apresentavam em um tempo previamente definido como intervalo entre estímulos (IEE). Cada estímulo era apresentado até o pressionamento da barra de espaço do teclado pelo participante. Caso não houvesse reação do participante, o estímulo era apresentado por um tempo máximo de 30 segundos quando então o teste era marcado como "Sem reação".

Foram programados 5 testes para treino e adaptação e 28 para compor o TRT medido.

Teste de avaliação da Fadiga mental a partir do TRT (TRTFadiga).

O estímulo consistiu do aparecimento de uma barra de cor amarela que teve início em um tempo previamente definido como intervalo entre estímulos (IEE), seguindo um deslocamento, da esquerda para direita (Figura 1).

Como indicativo anterior ao aparecimento do estímulo, uma fina barra vertical na cor preta, simulando um cursor, foi apresentada até que a cor amarela preenchesse a barra de estímulo (Figura 1B). A reação devia ser o pressionamento da tecla de espaço no momento em que a barra de estímulo amarela fosse percebida (Figura 1C).

A tecla de espaço devia ser mantida pressionada enquanto a cor amarela fosse mostrada (Figura 1D). Quando o estímulo amarelo fosse interrompido (Figura 1E), a tecla de espaço deveria ser liberada. Os tempos de apresentação do estímulo amarelo foram previamente definidos como tempo de apresentação do estímulo (TAE).

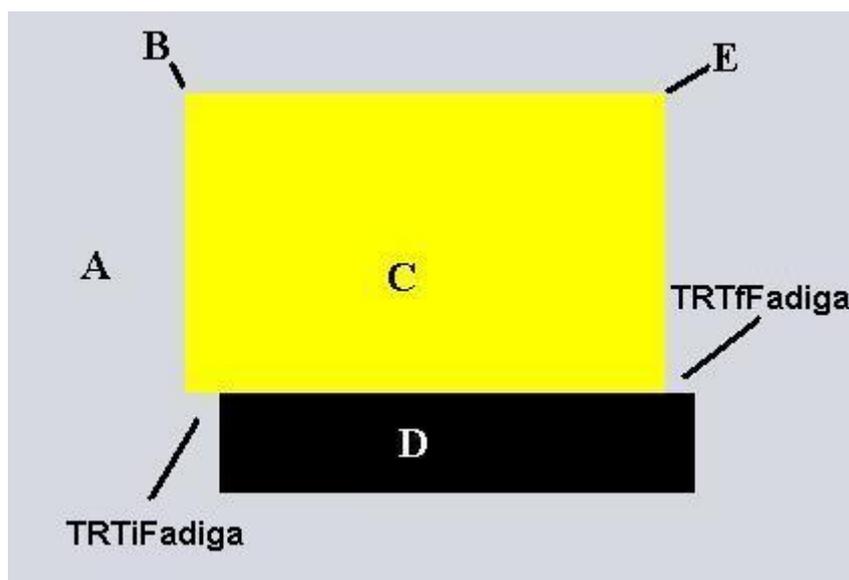


Figura 1 - Apresentação do teste de avaliação da fadiga mental a partir do tempo de reação total proposto no software TRT_S2012.

Portanto, o tempo decorrido entre o início do estímulo e o pressionamento da tecla de espaço foi considerado o TRT inicial (TRTiFadiga). O tempo decorrido entre o término do estímulo e a liberação da tecla de espaço foi considerado o TRT final (TRTfFadiga).

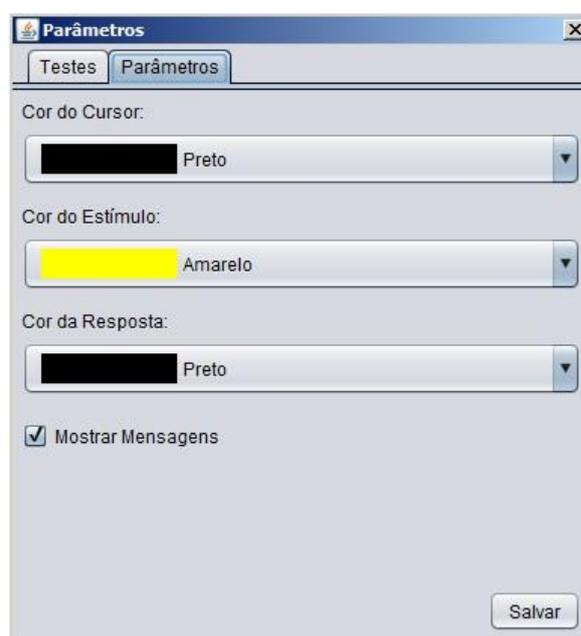
Foram programados 5 testes para treino e adaptação e 14 para compor o TRT medido.

Parametrização do Software

TRT_S₂₀₁₂. O software permite ajustes na cor da barra de estímulo, na barra de reação, e na cor do cursor indicativo da posição (Figura 2-B), como também mostrar ou não o resultado do TRT (em ms) após a execução de cada teste (conhecimento do resultado).



A



B

Figura 2 - Telas de parametrização dos testes do Software TRT_S₂₀₁₂.

A parametrização permitiu programar a bateria de testes que foram executados na sequência definida, com a indicação do número de testes para treino e adaptação e o número de testes para compor o TRT medido.

Além disso, foi possível indicar se o cursor deveria ser mostrado ou não antes do aparecimento da barra de estímulo, indicando o deslocamento até o aparecimento do estímulo na cor indicada (neste estudo, a cor amarela) para o teste TRTFadiga, e uma linha preta de contorno do quadrado para o teste TRTSimples (Figura 2-A).

Materiais

Todos os testes foram executados num notebook Dell com processador Intel® Core™2 Duo T5800 de 2.00GHz (clock

externo de 200 MHz), com 2 Gb de RAM, sistema operacional Windows 7 Enterprise de 32 Bits, Service Pack 1.

O equipamento foi formatado e instalado o Windows 7 Enterprise a partir do CD em sua forma mais básica, sem qualquer configuração adicional ou atualização. A máquina virtual Java (JVM) necessária para a execução do software foi a versão 7, atualização 21 (build 1.7.0_21-b11).

Os estímulos foram gerados no monitor LCD de 15,4 polegadas do próprio notebook, com resolução de 1280 x 800 pixels, com taxa de atualização de 60 Hz (adaptador gráfico Mobile Intel® 965 Express Chipset Family 384Mb). Processador gráfico Intel GL960/GM965 chipset – Graphics controller 0 (velocidade da GPU 500 MHz). Taxa de preenchimento de pixel 4000 Mpixel/s.

A resposta ao estímulo foi registrada pelo teclado do próprio notebook, um teclado padrão PS/2 (atraso de repetição igual a 1, que é a quantidade de tempo que decorre antes de um carácter ser repetido quando se mantém uma tecla pressionada. Frequência de repetição igual a 31, que é a velocidade à qual um carácter se repete quando se mantém uma tecla pressionada).

Procedimentos

Preparação do computador para execução do Software

Para que o sistema operacional fosse dedicado somente ao Software TRT_S₂₀₁₂, foi realizada a instalação do Windows 7 Enterprise sem qualquer tipo de atualização. Não foi instalado nenhum service pack nem qualquer outro aplicativo.

Preparação dos participantes

O estudo foi conduzido com cada participante em uma sala individual, com a presença apenas do pesquisador. Primeiro o participante assinava o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e em seguida sentava de forma confortável para execução dos testes na sequência parametrizada, primeiro o teste TRTSimples e em seguida o teste TRTFadiga. Não foram controladas algumas variáveis que podem influenciar no resultado do TRT, como ingestão de cafeína (Aguiar e colaboradores, 2012), mas todos os participantes declararam não terem praticado nenhum exercício físico nas últimas 5 horas.

Tratamento dos dados

Antes da análise, o conjunto de dados de desempenho no TRTSimples, TRTiFadiga e TRTfFadiga foi ajustado para eliminar os valores estatísticos discrepantes, ou seja, que apresentaram mais de 1000ms (> 3 desvios padrão da média calculada a partir de todos os participantes).

Foram eliminados também os valores inferiores a 100ms, considerados como possíveis antecipações da reação, mas que não foram registradas pelo software porque coincidiu com o envio do estímulo. O número de valores eliminados em cada uma das

tentativas nos respectivos testes está listado nas tabelas 4 e 5. Esta exclusão resultou na remoção de 35 valores discrepantes, menos de 1% do conjunto de dados. Um método de filtragem e eliminação de valores discrepantes é muito conservador se rejeitar menos de 5% dos casos (Baayen e Milin, 2010).

Estes valores foram removidos porque se tornou evidente durante o processo de observação dos dados que um grupo pequeno de valores apresentava a precisão muito abaixo de uma faixa média, quando comparados com as outras medidas do mesmo participante. Alguns autores utilizam o critério de eliminar as medidas de TR que diferenciam em 2 desvios padrão da média (menor ou maior) (Bassolino e colaboradores, 2010; Erickson e colaboradores, 2011).

O teste t com amostras independentes α fixado em 0,05 foi utilizado para comparar o desempenho entre os grupos de homens e mulheres e entre grupos etários. Todos os testes foram realizados no IBM® SPSS® 20.0.

RESULTADOS

O teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov confirmou a normalidade dos dados: para o TRT do teste de TRT simples com estímulo visual (TRTSimples), $D(74)=0,10$, $p>0,05$; para TRT inicial do teste de avaliação da fadiga mental a partir do TRT (TRTiFadiga), $D(74)=0,08$, $p>0,05$; e para TRT final do teste de avaliação da fadiga mental a partir do TRT (TRTfFadiga), $D(74)=0,09$, $p>0,05$.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados gerais dos desempenhos obtidos nos dois testes propostos, além dos resultados separados por sexo e divididos em três grupos de idade.

O teste t com medidas repetidas revelou que existe um relacionamento forte positivo entre as medidas de TRT obtidos nos dois testes propostos (Tabela 2).

A média para o TRTSimples ($\bar{x}=267,0\pm 32,4$) foi significativamente menor que o TRTiFadiga ($\bar{x}=344,7\pm 42,3$, $EP=4,6$, $t(73)=-17,1$, $p<0,0001$, $r=0,89$) e também significativamente menor que o TRTfFadiga ($\bar{x}=383,9\pm 43,6$, $EP=4,5$, $t(73)=-25,9$, $p<0,0001$, $r=0,95$). O TRTiFadiga ($\bar{x}=344,7\pm 42,3$) foi significativamente menor que TRTfFadiga ($\bar{x}=383,9\pm 43,6$, $EP=5,6$, $t(73)=-7,0$, $p<0,0001$, $r=0,64$).

O teste t com amostras independentes revelou diferença significativa entre os sexos, com as mulheres com média maior no TRTiFadiga ($\bar{x}=353,6\pm 47,7$, EP=8,3) quando comparado os homens ($\bar{x}=337,5\pm 36,5$,

EP=5,7, $t(72)=1,6$, $p>0,05$, $r=0,19$); também apresentaram um tempo maior para o TRTfFadiga ($\bar{x}=392,4\pm 43,9$, EP=7,6) quando comparado aos homens ($\bar{x}=377,1\pm 42,6$, EP=6,7, $t(72)=1,5$, $p>0,05$, $r=0,18$).

Tabela 1 - Médias e desvio padrão das medidas de TRT obtidas nos dois testes propostos pelo Software TRT_S₂₀₁₂.

Variável	Grupo Jovem 17-35		Grupo Adulto 36-65		Grupo Idoso Acima de 65		Todas idades	
	n	Média (DP)	n	Média (DP)	n	Média (DP)	n	Média (DP)
Idade								
Todos	35	25,3 (4,8)	36	50,0 (6,8)	5	71,0 (3,9)	76 ¹	40,0 (15,7)
Homens	18	25,4 (4,6)	22	50,9 (7,1)	1	72,0 (0,0)	41	40,2 (14,9)
Mulheres	17	25,2 (5,0)	14	48,6 (6,2)	4	70,8 (4,5)	35	39,8 (16,7)
TRTSimples								
Todos	35	256,4 (30,1)	35	274,7 (32,6)	4	291,5 (23,6)	74	267,0 (32,4)
Homens	18	246,9 (23,0)	22	264,4 (25,1)	1	265,0 (38,4)	41	256,8 (25,1)
Mulheres	17	266,5 (33,9)	13	292,1 (37,2)	3	300,3 (19,1)	33	279,6 (36,2)
TRTiFadiga								
Todos	35	338,3 (38,7)	35	347,1 (43,6)	4	379,0 (54,3)	74	344,7 (42,3)
Homens	18	336,4 (40,8)	22	338,2 (34,4)	1	341,0 (71,1)	41	337,5 (36,5)
Mulheres	17	340,2 (37,5)	13	362,2 (54,0)	3	391,7 (59,9)	33	353,6 (47,7)
TRTfFadiga								
Todos	35	363,1 (37,6)	35	397,1 (34,3)	4	450,0 (62,5)	74	383,9 (43,6)
Homens	18	354,2 (38,6)	22	392,7 (36,5)	1	443,0 (73,7)	41	377,1 (42,6)
Mulheres	17	372,5 (35,2)	13	404,6 (30,1)	3	452,3 (76,3)	33	392,4 (43,9)

Legenda: ¹ Os resultados dos testes de TRT para duas participantes foram excluídos das análises por serem consideradas discrepantes. n = Número de participantes; DP = Desvio padrão da média.

Tabela 2 - Teste t com medidas repetidas entre pares das medidas de TRT obtidas nos dois testes propostos pelo Software TRT_S₂₀₁₂.

Pares	Diferenças entre pares					t	gl	Sig
	\bar{x}	DP	EP	IC 95% Menor	Maior			
TRTSimples e TRTiFadiga	-77,703	39,165	4,553	-86,776	-68,629	-17,067	73	0,000
TRTiFadiga e TRTfFadiga	-39,243	47,901	5,568	-50,341	-28,145	-7,047	73	0,000
TRTSimples e TRTfFadiga	-116,946	38,889	4,521	-125,956	-107,936	-25,868	73	0,000

Legenda: \bar{x} = Média; DP = Desvio padrão da média; EP = Erro padrão; IC = Intervalo de confiança; gl = Graus de liberdade; Sig = Significância; $\alpha = 0,05$.

As mulheres também apresentaram maior TRTSimples ($\bar{x}=279,6\pm 36,2$, EP=6,3) quando comparados os homens ($\bar{x}=256,8\pm 25,1$, EP=3,9). Essa diferença não foi significativa $t(72)=3,1$, $p<0,01$; entretanto, ela representou um tamanho de efeito médio $r=0,34$.

A ANOVA oneway entre sujeitos para idade (três fatores: Jovem, Adulto e Idoso) revelou não haver um efeito significativo da idade no TRTSimples ($F[2, 71]=4,3$, $p<0,05$) e

TRTfFadiga ($F[2, 71]=13,8$, $p<0,01$), mas um efeito significativo da idade no TRTiFadiga ($F[2, 71]=1,8$, $p>0,05$).

O teste post hoc de Bonferroni indicou que o TRTSimples é menor no grupo Jovem do que no grupo Adulto ($p<0,05$), no entanto, não houve diferença significativa no TRTSimples obtido pelo grupo Jovem quando comparado com o grupo Idoso ($p>0,05$).

Também não houve diferença significativa do TRTSimples do grupo Adulto

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpex.com.br

quando comparado com o grupo Idoso ($p>0,05$). Nenhuma diferença significativa foi observada entre os três grupos para o TRTiFadiga ($p>0,05$). Para o TRTfFadiga houve diferença significativa nas condições para os três grupos comparados entre si ($p<0,05$), com o grupo Jovem apresentando um menor tempo quando comparado ao grupo Adulto ou Idoso; e o grupo Adulto um tempo menor quando comparado com o grupo Idoso.

Os coeficientes de correlação de Pearson são mostrados na tabela 3.

Houve uma correlação significativamente positiva entre a média do TRTSimples e o TRTiFadiga ($r=0,477$, $p<0,001$) e o TRTfFadiga ($r=0,509$, $p<0,001$), bem como entre TRTiFadiga e TRTfFadiga ($r=0,384$, $p<0,01$). Também houve correlação positiva entre a idade e TRTSimples ($r=0,351$, $p<0,01$) e TRTfFadiga ($r=0,499$, $p<0,001$).

Não houve correlação significativa entre os desempenhos obtidos para os TRTs nos testes propostos e o tempo de uso de

computador e vídeo game, nem para a prática regular de exercício físico.

A consistência interna do Software TRT_S₂₀₁₂ medida através do alfa de Cronbach foi alta, tanto para o TRTSimples ($\alpha=0,84$) como para o TRTiFadiga ($\alpha=0,62$) e TRTfFadiga ($\alpha=0,87$).

A tabela 4 apresenta o número de ocorrências de anormalidades em cada uma das 28 tentativas para execução do teste de TRTSimples. As antecipações são registradas pelo Software TRT_S₂₀₁₂ para os casos em que o participante pressionou a barra de espaço ANTES do envio do estímulo (registrado com o valor = "-2").

A tentativa é considerada "sem reação" para os casos em que o limite máximo de apresentação do estímulo (30.000ms) é atingido sem que o participante pressione a barra de espaço. Também estão computadas os TRTs superiores a 1.000ms e inferiores a 100ms.

Tabela 3 - Correlações entre os desempenhos obtidos nas medidas de TRT nos dois testes propostos pelo Software TRT_S₂₀₁₂, idade, horas de uso diário de computador e horas de uso diário de jogos de vídeo game.

	TRTiFadiga	TRTfFadiga	Idade	Computador	Vídeo Game	Exercício
TRTSimples	0,477**	0,509**	0,351*	0,020	-0,004	0,019
TRTiFadiga		0,379*	0,187	0,076	0,120	-0,035
TRTfFadiga			0,499**	-0,117	-0,178	-0,088
Idade				-0,150	-0,211	-0,038
Computador					0,348**	0,068
Video game						0,001

Legenda: ** Correlação é significativa ao nível de 0,000; * Correlação é significativa ao nível de 0,01.

Tabela 4 - Número de ocorrências de antecipações registradas pelo Software TRT_S₂₀₁₂.

Seq	IEE	Antecip	> 1000 ms	< 100 ms	Sem reação	Seq	IEE	Antecip	> 1000 ms	< 100 ms	Sem reação
1	2,5	1				15	2,0	1	2		
2	6,5	7				16	3,0	1			
3	4,5	2				17	4,0	1		1	
4	5,5	4	1	2		18	1,5		2		
5	3,5	1	1			19	4,0	3			
6	3,0	1				20	6,5	6			
7	6,0	5				21	2,5				
8	4,5	3				22	6,5	5			
9	5,0	1				23	4,5	1			
10	4,0					24	5,5	2			
11	3,5					25	3,5	1	1		
12	5,5	1				26	3,0				1
13	4,5	1		1		27	6,0	5			
14	3,5					28	4,5	1			

Legenda: Seq=ordem de apresentação do estímulo das 28 tentativas; IEE=Intervalo entre estímulos em milissegundos; Antecip.=Número de antecipações registradas pelo Software TRT_S₂₀₁₂; >1000ms=Número de tentativas registradas com tempo superior a 1.000 milissegundos; < 100ms=Número de ocorrências de tentativas registradas com tempo inferior a 100 milissegundos; Sem reação=Número de ocorrências em que não houve reação do participante.

Tabela 5 - Número de ocorrências de antecipações registradas no teste de avaliação da fadiga mental a partir do TRT (TRTFadiga) do Software TRT_S₂₀₁₂.

Seq	IEE	Antecip	TRTiFadiga			TAE	Antecip	TRTfFadiga			
			> 1000 ms	< 100 ms	Sem reação			> 1000 ms	< 100 ms	Sem reação	
1	3,5	6				4,0	14	1			
2	2,0	3	2			3,0	5	1			
3	3,0	6	2	1		2,0	6	3			
4	4,0	13		2		3,5	25		1		
5	1,5	5	1			4,5	17				
6	4,0	10	1			5,5	21				
7	6,5	10				3,5	11				
8	2,5	2				4,0	6				
9	6,5	11				5,0	12	1			
10	4,5	4				4,5	6		1		
11	5,5	5				6,0	16				
12	3,5	3	1			3,0	5	4			
13	3,0	2				3,5	4				
14	6,0	12		1		5,5	21				
A						B					

Houve 54 antecipações para o teste de TRTSimples, representando 2,5% do total das execuções.

A tabela 5 apresenta o número de ocorrências de anormalidade em cada uma das 14 tentativas para execução do teste de TRTFadiga, sendo 5-A para o início do estímulo, quando devia ser pressionada a barra de espaço e 5-B para o fim do estímulo, quando a barra de espaço deveria ser liberada.

As antecipações foram registradas pelo Software TRT_S₂₀₁₂ para os casos em que o participante pressionou a barra de espaço ANTES do início do estímulo, neste caso foi registrado com o valor "-1" para TRTiFadiga e TRTfFadiga, e o teste foi encerrado.

Em (A) são apresentadas as ocorrências para o início do estímulo (TRTiFadiga) e em (B) para o final do estímulo (TRTfFadiga). Seq = Sequência de apresentação do estímulo das 14 tentativas para o teste de avaliação da influência da fadiga mental a partir do TRT; IEE = Intervalo entre estímulos em milissegundos; TAE = Tempo de apresentação do estímulo, em milissegundos (tempo em que a barra de espaço devia ser mantida pressionada); Antecip.=Número de antecipações registradas pelo Software TRT_S₂₀₁₂; > 1000ms=Número de tentativas registradas com tempo superior a 1.000 milissegundos; < 100ms = Número de ocorrências de tentativas registradas com

tempo inferior a 100 milissegundos; Sem reação = Número de ocorrências em que não houve reação do participante.

Quando o participante liberava a barra de espaço ANTES que o estímulo fosse interrompido, foi registrado o valor "-1" para TRTfFadiga. A tentativa foi considerada "sem reação" para os casos em que o limite máximo de apresentação do estímulo (30.000ms) foi atingido sem que o participante pressionasse ou liberasse a barra de espaço. Também foram computados os TRTs superiores a 1.000ms e inferiores a 100ms.

Houve 92 antecipações para o estímulo inicial TRTiFadiga, representando 8,6% do total das execuções. Já para a identificação do final do estímulo TRTfFadiga houve 77 antecipações (sem considerar a antecipação causada pelo TRTiFadiga), representando 7,2% do total das execuções.

O maior número de ocorrência de antecipações para o TRTfFadiga deveu-se ao fato de que a antecipação do TRTiFadiga invalida a execução do teste como um todo, e por consequência, invalida o TRTfFadiga.

DISCUSSÃO

Este estudo objetivou analisar preliminarmente o Software TRT_S₂₀₁₂, que permitiu a execução de dois testes para medição do tempo de reação total (TRT): um de TRT simples visual (TRTSimples) e outro para avaliar a fadiga mental a partir do TRT. O

software permitiu o ajuste de determinados parâmetros experimentais, como o número de execuções para treino e experimento, cor do estímulo e da resposta, indicador de posição do estímulo e mensagem do tempo obtido em cada teste.

O software não requer nenhum recurso adicional além de um computador desktop ou notebook que tenha uma máquina virtual Java instalada (basta baixar gratuitamente do site do fabricante).

Da mesma forma que o Software TRT_S₂₀₁₂, a distribuição livre de um software para medição do TRT não é uma novidade. Deary e colaboradores (2011) disponibilizaram um software para medição de TRT simples visual onde um quadrado branco é mostrado no centro da tela, sendo o estímulo o aparecimento de um X preto, no centro do quadrado.

O software proposto por Spruyt e colaboradores (2010) permite que o pesquisador configure o estímulo que será apresentado podendo ser uma imagem, string de caracteres ou som.

A preocupação com todos os softwares desenvolvidos diz respeito à característica do sistema operacional dos computadores, o Windows. Este, por ser multitarefa requer cuidados especiais na programação para garantir a precisão na medida do tempo.

Os resultados são discutidos em função dos temas idade, sexo, fadiga mental, antecipações e relação do TRT com a prática de exercício físico e jogos de vídeo game.

Idade

O aumento do TRT em função da idade tem sido indicado em alguns estudos (Philip e colaboradores, 2004; Jiménez-Jiménez e colaboradores, 2011).

Macdonald e colaboradores (2008) apud Kosinski (2010) encontraram que a variabilidade do tempo de reação em adultos mais velhos foi geralmente associada com tempos de reação mais lentos e pior no reconhecimento de estímulos. O estudo de Jiménez-Jiménez e colaboradores (2011) mostrou uma clara influência da idade sobre o desempenho motor em testes de TRT, com resultados inversamente correlacionados com a idade.

A identificação inicial do estímulo no teste de avaliação da fadiga mental a partir do TRT (TRTiFadiga) proposta pelo Software TRT_S₂₀₁₂ mostrou diferença significativa entre os grupos de idade. O mesmo não ocorreu para a identificação do final do estímulo (TRTfFadiga). Já o teste de TRTsimples não apresentou diferença significativa entre os três grupos de idade.

Sexo

Estudos confirmam a influência do gênero sobre o desempenho motor com testes de TRT (Jiménez-Jiménez e colaboradores, 2011). Uma meta-análise histórica conduzida por Silverman (2006) em 21 estudos (n = 15.003) publicados ao longo de 73 anos indica que as diferenças de desempenho entre os sexos estão diminuindo.

A amostra deste estudo também revelou diferença significativa entre os sexos com as mulheres apresentando um desempenho inferior, e por consequência um tempo maior, para os dois testes propostos neste estudo.

Fadiga Mental

Em um teste de TR simples, adultos jovens (entre 20-25 anos) tiveram seu desempenho reduzido quando submetidos à fadiga provocada por privação do sono por 24 horas, sendo que não houve diferença entre adultos (entre 52-63 anos) (Philip e colaboradores, 2004).

Em um estudo de revisão conduzida por Alhola & Polo-Kantola (2007) sobre a influência da fadiga causada por falta de sono foi encontrado dois estudos que apontam uma diminuição do TR simples.

O desempenho significativamente menor para o TRTsimples comparado com o TRTiFadiga e TRTfFadiga parece demonstrar a sensibilidade do teste proposto pelo Software TRT_S₂₀₁₂. Isto pode ser devido aos diferentes estímulos utilizados nos dois testes.

O TRTsimples requer apenas a reação do pressionamento da barra de espaço, enquanto que o teste TRTiFadiga exige que a barra seja mantida pressionada até que o estímulo desapareça (quando então, deve ser liberada).

Além disso, a percepção da alteração do estímulo no teste TRTiFadiga requer maior

atenção, pois a cor é gradativamente alterada e não repentinamente como no teste de TRTSimples.

Mesmo para o TRTSimples, deve-se considerar que sempre está presente um componente de fadiga mental resultante da deterioração, do desgaste visual e atencional, resultante do tempo em que o indivíduo concentrado na tarefa, espera para reagir. Tal fadiga é o desgaste resultante do gasto energético, da entropia do sistema atencional.

Assim, é consenso na literatura que quanto maior o tempo de espera, maior o desgaste do sistema cognitivo e/ou visual que pode ou não resultar num aumento do TRT. Estes comentários servem para entender que tanto no TRTiFadiga quanto no TRTfFadiga espera-se um resultado de tempo que demonstre este processo, com maior TRT no TRTfFadiga.

Antecipações

O número de antecipações registradas pelo software representou 9,9% do total dos dados coletados. A resposta antecipatória ocorre antes do estímulo surgir (Choshi, 2000), e isto poderia nos levar a pensar em aumentar a fase de treinamento (aqui proposto com 5 execuções), porém Choshi (Choshi, 2000), afirma que quando o indivíduo começa a responder com respostas antecipatórias, ele demonstra entender a estrutura do padrão de estímulos.

Não parece haver um consenso quanto ao número de execuções de prática para testes de TRTSimples, com estudos utilizando quatro (Eckner, Chandran e Richardson, 2011), cinco (Kircheis e colaboradores, 2009) ou vinte (Chan e colaboradores, 2011) tentativas.

O que poderia ser importante é alterar esta versão do software para que fossem registrados os tempos das respostas antecipatórias para análises futuras.

Relação do TRT com a prática de exercício físico e jogos de vídeo game

Era esperado que houvesse uma relação entre a prática regular de exercício físico com o desempenho no TRT, com os praticantes de exercício físico e atletas apresentando um menor TRT (Chung e Ng, 2012).

Foram utilizados os escores anuais, por terem obtido melhores resultados em sua validação e contabilizarem os exercícios físicos e esportes (Silva e colaboradores, 2012), resultando em uma média anual de 94,3 horas. Porém esta média não apresentou correlação significativa com o desempenho no TRT nos dois testes propostos.

Alguns autores afirmam que a familiaridade do executante com o computador pode afetar o seu desempenho em um teste de TRT executado em computador (Sakong e colaboradores, 2007), porém, não houve uma correlação significativa entre o desempenho do TRT nos dois testes propostos e o uso do computador, indicado em número de horas diárias.

Como o objetivo deste estudo foi analisar preliminarmente o Software TRT_S₂₀₁₂ os dados obtidos nos permitem concluir que o Software TRT_S₂₀₁₂ é válido e preciso, apresentando valores condizentes com outras pesquisas com tempo de reação total (TRT).

Este software constitui-se em um instrumento preciso, prático e sensível à medida do tempo exigindo um computador devidamente configurado para responder apenas aos testes do Software TRT_S₂₀₁₂ com o uso do teclado.

A proposta de um teste que possa avaliar a fadiga mental a partir do TRT que seja fácil de ser aplicado pode responder às questões que envolvem atividades que requerem atenção e rápida resposta, principalmente aquelas de alto risco.

Um maior aprofundamento da avaliação da fadiga mental a partir do TRT é fundamental, fazendo uma verificação simultânea do estado mental autoreportado pelo participante e comparando estes resultados.

AGRADECIMENTOS

Programa UNIEDU Pós-graduação, Programa de bolsas universitárias de Santa Catarina, Brasil.

REFERÊNCIAS

1-Aguiar, R. A.; Turnes, T.; Cardoso, T. E.; Vasconcellos, D. I. C.; Caputo, F. Efeito da ingestão de cafeína em diferentes tarefas de tempo de reação. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. Vol. 34. p.465-476,

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

2012. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_artt_ext&pid=S0101-32892012000200015&nrm=iso>.
- 2-Alhola, P.; Polo-Kantola, P. Sleep deprivation: Impact on cognitive performance. *Neuropsychiatr Dis Treat*. Vol. 3. Núm. 5. p. 553-67. 2007.
- 3-Andrade, A.; Portela, A. Tempo de reação em praticantes de escalada em rocha. In: Fontoura, P. (Ed.). *Coleção Pesquisa em Educação Física*. Jundiaí-SP. Fontoura. Vol.3. 2005. cap. 191-197.
- 4-Baayen, R. H.; Milin, P. Analyzing Reaction Times. *International Journal of Psychological Research*. Vol. 3. Núm. 2. p. 12-28. 2010. Disponível em:
<<http://mvint.usbmed.edu.co:8002/ojs/index.php/web/article/view/483>>.
- 5-Bassolino, M.; Serino, A.; Ubaldi, S.; Lâdavas, E. Everyday use of the computer mouse extends peripersonal space representation. *Neuropsychologia*. Vol. 48. Núm. 3. p. 803-811. 2010. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393209004412>>.
- 6-Chan, J. S. Y.; Wong, A. C. N.; Liu, Y.; Yu, J.; Yan, J. H. Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport and Exercise*. Vol. 12. Núm. 5. p. 509-514, 2011. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1469029211000549>>.
- 7-Choshi, K. Aprendizagem motora como um problema mal-definido. *Rev. paul. educ. fís*. Núm. 3. p. 16-23. 2000.
- 8-Chung, P.; Ng, G. Taekwondo training improves the neuromotor excitability and reaction of large and small muscles. *Physical Therapy in Sport*. Vol. 13. Núm. 3. p. 163-169. 2012. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466853X11000691>>.
- 9-Correll, J. Order from chaos? 1/f noise predicts performance on reaction time measures. *Journal of Experimental Social Psychology*. Vol. 47. Núm. 4. p.830-835.
2011. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022103111000473>>.
- 10-Crocetta, T. B.; Kroich, T.; Thiesen, A. C.; Borges, L.; Borges Júnior, N. G.; Abreu, L. C. de; Andrade, A. A Robot for Verifying the Precision of Total Reaction Time Measurement. *Motriz*. Vol. 21. Núm. 1. p. 11. 2015.
- 11-Crocetta, T. B.; Viana, R. L.; Silva, D. E.; Monteiro, C. B. de M.; Arab, C.; Andrade, A. Validity of software for measurement of total reaction time with simple stimulus - TRT_S2012. *Journal of Human Growth and Development*. Vol. 24. Núm. 3. 2014. Disponível em:
<<http://www.journals.usp.br/jhgd/article/view/88963>>.
- 12-Deary, I. J.; Liewald, D.; Nissan, J. A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time programme: The Deary-Liewald reaction time task. *Behavior Research Methods*. Vol. 43. Núm. 1. p. 258-268. 2011.
- 13-Eckner, J. T.; Chandran, S.; Richardson, J. K. Investigating the Role of Feedback and Motivation in Clinical Reaction Time Assessment. *PM&R*. Vol. 3. Núm. 12. p. 1092-1097. 2011a. ISSN 1934-1482. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1934148211002802>>.
- 15-Erickson, G. B.; Citek, K.; Cove, M.; Wilczek, J.; Linster, C.; Bjarnason, B.; Langemo, N. Reliability of a computer-based system for measuring visual performance skills. *Optometry - Journal of the American Optometric Association*. Vol. 82. Núm. 9. p. 528-542. 2011. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529183911002740>>.
- 16-Filgueiras, A. Abordagem neuropsicológica dos processos de orientação da atenção visuo-espacial e manutenção da concentração em atletas da categoria sub-13 de futebol de campo. *Ciências & Cognição*. Vol. 15. p. 142-154p. 2010.
- 17-Jaskowski, P.; Włodarczyk, D. Task modulation of the effects of brightness on

reaction time and response force. *International Journal of Psychophysiology*. Vol. 61. Núm. 2. p.98-112. 2006.

18-Jiménez-Jiménez, F. J.; Calleja, M.; Alonso-Navarro, H.; Rubio, L.; Navacerrada, F.; Pilo-de-la-Fuente, B.; Plaza-Nieto, J. F.; Arroyo-Solera, M.; García-Ruiz, P. J.; García-Martín, E.; Agúndez, J. A. G. Influence of age and gender in motor performance in healthy subjects. *Journal of the Neurological Sciences*. Vol. 302. Núm. 1-2. p.72-80. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022510X10005691>>.

19-Kelly, D. D.; Murphy, B. A.; Backhouse, D. P. Use of a mental rotation reaction time paradigm to measure the effects of upper cervical adjustments on cortical processing: A pilot study. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. Vol. 23. Núm. 4. p. 246-251. 2000.

20-Kircheis, G.; Knoche, A.; Hilger, N.; Manhart, F.; Schnitzler, A.; Schulze, H.; Häussinger, D. Hepatic Encephalopathy and Fitness to Drive. *Gastroenterology*. Vol. 137. Núm. 5. p. 1706-1715.e9. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016508509013948>>.

21-Kosinski, R. J. A Literature Review on Reaction Time. Clemson University, 2010. Disponível em: <<http://biae.clemson.edu/bpc/bp/Lab/110/reaction.htm>>. Acesso em: nov. 2011.

22-Lewthwaite, R.; Wulf, G. Grand challenge for movement science and sport psychology: embracing the social-cognitive-affective-motor nature of motor behavior. *Front Psychol*. Vol. 1. p. 42. 2010.

23-MacDonald, S. W. S.; Nyberg, L.; Sandblom, J.; Fischer, H.; Backman, L. Increased response-time variability is associated with reduced inferior parietal activation during episodic recognition in aging. *Journal of Cognitive Neuroscience*. Vol. 20. Núm. 5. p. 779-786. 2008.

24-Makris, S.; Hadar, A. A.; Yarrow, K. Viewing objects and planning actions: On the

potentiation of grasping behaviours by visual objects. *Brain and Cognition*. Vol. 77. Núm. 2. p. 257-264. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278262611001291>>.

25-Miyata, H.; Watanabe, S.; Minagawa-Kawai, Y. Two successive neurocognitive processes captured by near-infrared spectroscopy: Prefrontal activation during a computerized plus-shaped maze task. *Brain Research*. Vol. 1374. Núm. 0. p. 90-99. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899310027125>>.

26-Ozyemisci-Taskiran, O.; Gunendi, Z.; Bolukbasi, N.; Beyazova, M. The effect of a single session submaximal aerobic exercise on premotor fraction of reaction time: An electromyographic study. *Clinical Biomechanics*. Vol. 23. Núm. 2. p. 231-235. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026800330700188X>>.

27-Philip, P.; Taillard, J.; Sagaspe, P.; Valtat, C.; Sanchez-Ortuno, M.; Moore, N.; Charles, A.; Bioulac, B. Age, performance and sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*. Vol. 13. Núm. 2. p. 105-110. 2004.

28-Reis, J. C.; Fradique, F. S. Significações sobre causas e prevenção das doenças em jovens adultos, adultos de meia-idade e idosos. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. Vol. 19. p. 47-57. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-37722003000100007&nrm=iso>.

29-Sakong, J.; Kang, P.; Kim, C.; Hwang, T.; Jeon, M.; Park, S.; Lee, S.; Won, K.; Lee, S.; Chung, J. Evaluation of reliability of traditional and computerized neurobehavioral tests. *NeuroToxicology*. Vol. 28. Núm. 2. p. 235-239. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161813X06000799>>.

30-Silva, R. B.; Matias, T. S.; Viana, M. da S.; Andrade, A. Relação da prática de exercícios físicos e fatores associados às regulações motivacionais de adolescentes brasileiros. *Motricidade*. Vol. 8. Núm. 2. p. 8-21. 2012.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

31-Silverman, I. W. Sex differences in simple visual reaction time: A historical meta-analysis. *Sex Roles*. Vol. 54. Núm. 1-2. p. 57-68. 2006.

32-Spruyt, A.; Clarysse, J.; Vansteenwegen, D.; Baeyens, F.; Hermans, D. Affect 4.0 A Free Software Package for Implementing Psychological and Psychophysiological Experiments. *Experimental Psychology*. Vol. 57. Núm. 1. p.36-45. 2010.

33-Zajdel, R.; Nowak, D. Simple and complex reaction time measurement. A preliminary evaluation of new approach and diagnostic tool. *Computers in Biology and Medicine*. Vol. 37. Núm. 12. p.1724-1730. 2007.

34-Zwierko, T.; Osinski, W.; Lubinski, W.; Czepita, D.; Florkiewicz, B. Speed of Visual Sensorimotor Processes and Conductivity of Visual Pathway in Volleyball Players. *Journal of Human Kinetics*. Vol. 23. p. 21-27. 2010.

Recebido para publicação 14/03/2016
Aceito em 30/10/2016