



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE (CCBS)**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**

**AVALIAÇÃO BILATERAL DA CINEMÁTICA LINEAR E DA ATIVAÇÃO  
MUSCULAR DURANTE O ALCANCE COM ESTÍMULO FUNCIONAL EM  
INDIVÍDUOS HEMIPARÉTICOS CRÔNICOS**

**LUISA FERNANDA GARCIA SALAZAR**

São Carlos

2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**LUIZA FERNANDA GARCIA SALAZAR**

**AVALIAÇÃO BILATERAL DA CINEMÁTICA LINEAR E DA ATIVAÇÃO  
MUSCULAR DURANTE O ALCANCE COM ESTÍMULO FUNCIONAL EM  
INDIVÍDUOS HEMIPARÉTICOS CRÔNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Luiz de Russo

Apoio Financeiro: CNPq/PEC-PG - Processo N. 1903330-2012-0

São Carlos

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S161ab Salazar, Luisa Fernanda Garcia.  
Avaliação bilateral da cinemática linear e da ativação muscular durante o alcance com estímulo funcional em indivíduos hemiparéticos crônicos / Luisa Fernanda Garcia Salazar. -- São Carlos : UFSCar, 2015.  
56 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Fisioterapia. 2. Acidente vascular cerebral. 3. *Affordances*. 4. Reabilitação. I. Título.

CDD: 615.82 (20ª)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

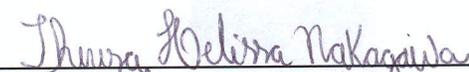
Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Luisa Fernanda García Salazar, realizada em 24/02/2015:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Thiago Luiz de Russo  
UFSCar

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Camila Torriani-Pasin  
USP

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Theresa Helissa Nakagawa  
UFSCar

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Prof. Dr. Thiago Luiz de Russo** por ter acreditado em mim e por ter oferecido esta grande oportunidade profissional e de vida. Obrigada pela paciência e por toda a ajuda durante todo o processo.

À **MS. Gabriela Lopez dos Santos** pela sua imensa colaboração e dedicação ao longo do projeto.

Aos **membros da banca** por se disponibilizarem a avaliar o trabalho e pelas contribuições.

À toda a **equipe do Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neurológica (LaFiN)** por seu imenso apoio, companheirismo e amizade oferecidos durante todo este tempo de convívio. Obrigada por fazer da minha estadia dentro do grupo, uma grata experiência de vida.

Ao **Programa de Estudante-Convênio de Pós-Graduação PEC-PG** pelo suporte financeiro.

À todos os novos **amigos** pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Não poderia deixar de agradecer a toda **minha família**, que desde longe, sempre acreditou em mim. Obrigada por cada uma das suas orações, força, amor e bons desejos, sem cada um deles isto não teria sido possível. Isto é por vocês e para vocês.

## RESUMO

Uma das principais queixas dos indivíduos pós-AVC refere-se à perda da funcionalidade do membro superior (MS), a qual limita a realização das atividades de vida diária, especialmente aquelas que envolvem o alcance. Dentre as alterações que prejudicam o desempenho da tarefa de alcance estão o aumento do tônus muscular, déficits sensoriais e fraqueza muscular, as quais podem interferir no padrão de ativação muscular do MS destes indivíduos e nas estratégias de movimento durante o alcance. A realização de tarefas funcionais específicas durante o processo de reabilitação deve ocorrer dentro de contextos enriquecido. A implementação de objetos úteis vem sendo recomendada para a facilitação do movimento de alcance. **Objetivo:** Descrever as estratégias de movimento e de ativação muscular bilateral dos membros superiores durante o alcance de um objeto com utilidade funcional em indivíduos hemiparéticos crônicos. **Metodologia:** Quinze indivíduos pós-AVC isquêmico e 15 sujeitos saudáveis pareados pela idade e gênero foram incluídos no estudo. Durante uma tarefa de tocar um copo com água e/ou um cilindro preto foram obtidas, de forma sincronizada, as seguintes variáveis: a) eletromiográficas: amplitude da atividade muscular dos músculos trapézio superior, peitoral maior, bíceps e tríceps braquiais, serrátil anterior, deltóide anterior e médio de ambos os hemicorpos; e b) cinemáticas: pico de velocidade, porcentagem para o tempo de pico, distância percorrida, índice de retidão, tempo de movimento e deslocamento de tronco. **Resultados:** Não foi observado efeito da utilidade funcional dos objetos nas estratégias de movimento, nem na ativação muscular de ambos membros superiores nos sujeitos hemiparéticos e controle. Foi observada uma redução na amplitude do sinal eletromiográfico, em ambos os membros superiores dos sujeitos hemiparéticos, nos músculos deltóide anterior e trapézio superior, enquanto que os músculos bíceps braquial e peitoral maior demonstraram aumento, comparado a indivíduos saudáveis. O músculo tríceps braquial apresentou aumento da amplitude no membro não parético quando comparado a o membro parético e ao MS de sujeitos saudáveis. Modificações na ativação muscular no MS que não executa o movimento também foram identificadas. Tanto o membro parético como o não parético apresentaram maior tempo de movimento, e deslocamento de tronco, bem como menor índice de retidão, pico de velocidade durante a fase de transporte, em relação ao membro superior de sujeitos saudáveis. **Conclusão:** Indivíduos hemiparéticos crônicos possuem alterações bilaterais na ativação muscular e nas estratégias do movimento durante o alcance. As estratégias compensatórias geradas por estes sujeitos parecem não ser afetadas pela utilidade funcional dos objetos, em ambientes controlados.

**Palavras claves:** Acidente Vascular Cerebral, affordance, reabilitação, Fisioterapia.

## ABSTRACT

One of the major clinical problems of post-stroke people is regarding the loss of upper limb function, which impairs daily activities performance, especially those involving reaching. Increased muscle tone, sensory deficits and weakness are alterations that affect both muscle activation pattern and movement strategies of upper limb during reaching. The performance of specific functional tasks during the rehabilitation process must occur within enriched contexts. The implementation of useful objects has been recommended for reach facilitation. **Objective:** To describe movement strategies and bilateral muscle activation during reaching an object with functional utility in chronic hemiparetic subjects. **Methods:** Fifteen ischemic post-stroke subjects and 15 healthy subjects matched for age and gender were included in the study. During a task of touching a glass of water and/or a black cylinder were obtained the following variables in a synchronized way: a) electromyographic: magnitude of muscular activity of superior trapezius, pectoral major, biceps brachii, triceps brachii, serratus anterior, anterior deltoid and middle deltoid of both sides; and b) kinematics: peak velocity, percentage of time to reach peak velocity, trajectory, reach path ratio, movement time, and trunk displacement during a reaching task. **Results:** There was effect of the functional utility of objects neither in movement strategies, nor in muscle activation of both upper limbs in hemiparetic and control subjects. A reduction in the magnitude of electromyographic signal was observed in both upper limbs of hemiparetic subjects in the anterior deltoid and upper trapezius muscles, while the brachial biceps and pectoral major were increased compared to healthy subjects. The triceps braquii muscle showed an increase magnitude in the non-paretic limb when compared to the paretic limb and upper limb of healthy subjects. Changes in upper limb muscle activation which did not perform the movement were also identified. Both paretic and non-paretic limbs showed higher movement time, and trunk anterior displacement, as well as, and lower peak velocity and reach path ratio during the transport phase, compared to the upper limb of healthy subjects. **Conclusion:** Subjects with chronic hemiparesis presented bilateral changes in muscle activation and in movement strategies during reaching. The compensatory strategies generated by these subjects did not seem to be affected by the functional utility of the objects in controlled environments.

**Keywords:** stroke, affordance, rehabilitation, Physiotherapy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxograma do estudo	32
<b>Figura 2</b> - Efeito da utilidade funcional dos objetos na ativação muscular.	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Características clínicas e demográficas da população	33
<b>Tabela 2</b> - Efeito da utilidade funcional dos objetos nas variáveis cinemáticas	35
<b>Tabela 3</b> - Amplitude RMS do membro que realiza o movimento durante fase de transporte.	37
<b>Tabela 4</b> - Amplitude RMS do membro que permanece em repouso durante a fase de transporte	38
<b>Tabela 5</b> - Amplitude RMS do membro que realiza o movimento durante a fase de retorno	38

## LISTA DE ABREVIATURAS

%TPV	Porcentagem do Tempo para Pico de Velocidade
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVDs	Atividades da vida diária
B	Bíceps braquial
DA	Deltóide Anterior
DM	Deltóide Médio
DT	Deslocamento de Tronco
EAM	Escala Modifica de Ashworth
EFM	Escala Fugl Meyer
EQVE-AVC	Escala de Qualidade de Vida Específica para AVC
GC	Grupo Controle
GH	Grupo Hemiparético
IMC	Índice de Massa Corporal
IR	Índice de Retidão
MIF	Medida de Independência Funcional
MS	Membro Superior
OMS	Organização Mundial da Saúde
PM	Peitoral Maior
PV	Pico de Velocidade
RMS	Root Mean Square
SA	Serrátil Anterior
T	Trapezio superior
TL	Tríceps cabeça longa
TM	Tempo de movimento
TPer	Trajectoria Percorrida
USE	Unidade de Saúde Escola

## Sumario

1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	11
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA .....	13
2.1 O movimento de alcance nos indivíduos pós-AVC.....	13
2.2 Importância do uso funcional dos objetos no movimento de alcance .....	16
3. OBJETIVOS .....	20
4. ARTIGO ORIGINAL.....	21
4.1 Resumo .....	22
4.2 Introdução.....	23
4.3 Métodos .....	26
4.3.1. Participantes.....	26
4.3.2 Avaliação clínica .....	27
4.3.3 Avaliação cinemática .....	27
4.3.4 Avaliação eletromiográfica .....	28
4.3.5 Processamentos dos dados e análises .....	29
4.3.6 Análise estatística .....	30
4.4 Resultados.....	31
4.4.2 Variáveis cinemáticas.....	33
4.4.3 Ativação muscular .....	36
4.5 Discussão .....	39
4.5.1 A utilidade funcional dos objetos não modifica as estratégias de movimento e a ativação muscular dos membros superiores de indivíduos hemiparéticos crônicos ...	39
4.5.2 As estratégias de movimento e ativação muscular durante o alcance está alterada bilateralmente em indivíduos hemiparéticos crônicos .....	41
4.6 Limitações .....	46
4.7 Conclusões.....	46
4.8 Agradecimentos .....	46
4.8 Referencias .....	47
5. PRODUÇÃO DURANTE O PERÍODO LETIVO .....	54

## ***APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO***

Esta dissertação de mestrado segue as recomendações do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Inicialmente será feita uma breve contextualização do problema, seguida por uma revisão da literatura. Serão então apresentados os objetivos deste estudo, o manuscrito inédito vinculado à dissertação e a produção científica da mestranda no período.

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Pela portaria nº 1.161/GM de Julho de 2005 e amparada pelas recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) foi instituído no Brasil a Política Nacional de Atenção ao Portador de Doença Neurológica, visando ampliar e qualificar a cobertura do atendimento aos portadores de doenças neurológicas no Brasil, garantindo a universalidade, a equidade, a integralidade, o controle social e o acesso a diferentes modalidades terapêuticas por meio de ações intersetorias de promoção, prevenção, tratamento e recuperação da saúde (Ministério da Saúde Brasileiro, 2005).

Dentre as doenças neurológicas mais frequentes encontra-se o Acidente Vascular Cerebral (AVC). No Brasil, segundo dados Organização Mundial da Saúde (OMS), o AVC é a principal causa de morte apresentando a maior taxa de mortalidade ajustadas por idade, entre diversos países latino-americanos (Lotufo, 2005; Lavados *et al.*, 2007). Além do impacto na taxa de mortalidade, também é considerado a primeira causa mundial de incapacidade em adultos (Faria-Fortini *et al.*, 2011; Oms, 2011). No ano 2004, aproximadamente 12,4 milhões de pessoas apresentaram incapacidades de moderada a severa decorrente do AVC em todo o mundo (Oms, 2011).

Em relação com estas incapacidades, a perda de funcionalidade do membro superior (MS) torna-se umas das principais queixas dos indivíduos pós-AVC, a qual limita a realização das atividades da vida diária (AVDs) e, em muitos casos, restringe a continuidade destes indivíduos nas atividades laborais.

Com o intuito de descrever fatores que compõem ou interferem o movimento de alcance em indivíduos pós-AVC, o Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neurológica (LaFiN) vem desenvolvendo estudos nesta temática. Recentemente, Santos et al. (in press) mostraram que hemiparéticos crônicos possuem déficits bilaterais no senso de posição articular do ombro, os quais são correlacionáveis com o nível de subluxação da articulação glenoumeral e também com o hemisfério cerebral afetado. O presente estudo avança nesta caracterização e descreve que a cinemática linear e a ativação muscular, durante o movimento de alcance, está alterada bilateralmente em indivíduos hemiparéticos crônicos.

Tais achados são importantes, pois permitem verificar os mecanismos do controle

do alcance facilitando o entendimento das estratégias de movimento utilizadas por estes indivíduos em decorrência dos déficits sensório-motores.

Dentro do programa de reabilitação, a realização de tarefas funcionais específicas deve ocorrer dentro de contextos enriquecidos, ou seja, o ambiente deve proporcionar informação suficiente para indicar que tipo de tarefa será realizada (Davis, 2006) facilitando o planejamento da ação. Neste sentido, a implementação de objetos úteis ou familiares dentro do contexto possui papel chave para o desempenho na tarefa. Baseado nestes princípios, o presente trabalho também investigou se o estímulo proporcionado por um objeto com utilidade funcional seria capaz de modificar a cinemática linear e a ativação muscular do ombro em indivíduos hemiparéticos crônicos.

## **2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

O AVC pode ser conceituado como uma lesão focal aguda do sistema nervoso central, causada pela interrupção do fluxo sanguíneo, em decorrência de eventos isquêmicos ou hemorrágicos, que causa déficits neurológicos (Sacco *et al.*, 2013), sendo considerada como a segunda maior causa de óbito no mundo (Cabral, 2009). Nas últimas quatro décadas, houve a duplicação dos números de casos nos países em desenvolvimento, ultrapassando em 20% os dados de países desenvolvidos (Feigin *et al.*, 2009). No Brasil, dados OMS indicam que o AVC é a principal causa de morte, apresentando a maior taxa de mortalidade ajustadas por idade, entre diversos países latino-americanos (Lotufo, 2005; Lavados *et al.*, 2007).

Além do impacto do AVC nas taxas de mortalidade, esta doença é a primeira causa de incapacidades em adultos no mundo (Faria-Fortini *et al.*, 2011; Oms, 2011). Segundo dados da OMS, referentes ao ano de 2004, aproximadamente 12,4 milhões apresentaram incapacidades de moderada a severa decorrente do AVC em todo o mundo (Oms, 2011; Garritano *et al.*, 2012). Nesses indivíduos, a incapacidade está relacionada com as alterações sensório-motoras decorrentes do déficit neurológico (Garritano *et al.*, 2012) que prejudicam a função do tronco e membros inferiores e superiores, conseqüentemente, a capacidade de realizar as AVDs (Carr, 2008).

Um dos principais movimentos prejudicados após o AVC é o alcance. Considerado como chave na funcionalidade do MS, o alcance destaca-se pela importância na realização de atividades como beber água, comer, escovar os dentes e os cabelos (Schaechter *et al.*, 2002; Van Vliet e Sheridan, 2007; Freitas *et al.*, 2011). A causa desta alteração inclui presença de paresia, tônus muscular anormal e/ou alterações somatosensoriais que vão influenciar no controle motor e na coordenação dos movimentos do MS (Lang *et al.*, 2013).

### **2.1 O movimento de alcance nos indivíduos pós-AVC**

Classicamente, o movimento de alcance é constituído por dois componentes principais, o transporte, em que a mão move-se de maneira rápida para a adjacência do alvo e a manipulação, na qual ocorrem os ajustes finais para a apreensão do objeto, sendo esta fase fortemente correlacionada com o controle visual (Carr, 2008).

Durante a fase de transporte as estruturas escapulotorácicas, glenoumerais, umeroulnares e umeroradiais contribuem por meio da flexão de ombro, extensão de cotovelo, pronação e supinação de antebraço e orientação geral da mão no espaço para possibilitar a execução desse movimento (Lacquaniti e Soechting, 1986; McClure *et al.*, 2001; Hardwick e Lang, 2011).

Além da interação entre as diferentes articulações do complexo escápulo-umeral, o movimento de alcance requer a ação altamente coordenada de músculos, para promover regulações temporais e sequenciais dos movimentos articulares. Durante a execução do ato motor, o sistema motor recebe informações oriundas dos músculos, articulações e superfície cutânea do membro, os quais permitem verificar se a tarefa está sendo realizado da forma planejada e correta, podendo corrigir erros de trajeto e execução que porventura podem estar ocorrendo (Carr, 2008; Lent, 2010). No entanto, tem-se reportado que nos indivíduos pós-AVC apresentam características cinemáticas durante o movimento de alcance diferentes dos indivíduos saudáveis.

Zackowski e colaboradores (2004) demonstraram que indivíduos pós-AVC na fase crônica, apresentam desvios acentuados durante a trajetória do alcance comparado aos indivíduos controle. Além disso, observaram diminuição no pico de velocidade e anormalidades no direcionamento inicial do membro após instrução da tarefa, indicando que os indivíduos pós-AVC crônicos apresentam um movimento de alcance menos eficiente em comparação com os sujeitos saudáveis.

Em outro estudo com indivíduos hemiparéticos em fase aguda e subaguda, realizado por Wagner, Lang, *et al.* (2007) também foram destacadas alterações no desempenho durante o movimento de alcance. Os autores observaram que os indivíduos hemiparéticos agudos apresentaram um pobre desempenho relacionado com maiores tempos de movimento, menores picos de velocidade e maiores ajustes durante a trajetória do movimento. Também destaca-se a alteração na capacidade de gerar movimento fracionados e na percepção da posição articular em comparação com indivíduos saudáveis. No entanto, eles observaram que na fase subaguda, estes indivíduos apresentaram um desempenho, aproximando ao grupo controle demonstrado através de melhoras nas variáveis cinemáticas avaliadas com exceção do pico de velocidade, o qual permaneceu diminuído.

Em outro estudo, Alt Murphy e colaboradores (2011) observaram que indivíduos pós-AVC agudos e crônicos, durante a tarefa de beber um copo de água, apresentaram maior tempo de movimento, perfis de velocidade oscilatórios com múltiplos picos, menor tempo relativo para alcançar o pico de velocidade, indicando que estes indivíduos gastam maior tempo durante a fase de desaceleração, além de maior deslocamento anterior do tronco em comparação com os indivíduos saudáveis.

Tais resultados indicam que os indivíduos pós-AVC, tanto na fase aguda como na crônica apresentam determinadas características cinemáticas durante atividades que incluem o movimento de alcance indicando um pobre desempenho quando realizadas com o membro parético em comparação aos indivíduos saudáveis.

De forma complementar, inúmeros estudos têm ressaltado diferentes alterações neuromusculares que podem estar relacionadas com a modificações na execução do movimento de alcance nos indivíduos pós-AVC. McCrea e colaboradores (2005) destacaram que a perda de força muscular decorrente do AVC pode alterar potencialmente o controle e o desempenho das atividades, resultando em movimentos compensatórios relacionados à recrutamento adicional de músculos sinergistas para completar a tarefa de alcance. Os resultados mostraram que o membro superior parético, em comparação com o não parético e com indivíduos saudáveis, apresentou um aumento no uso relativo (porcentagem da capacidade total de ativação muscular) de todos os músculos avaliados, com destaque para a atividade do deltóide anterior e deltóide médio. Além disso, estes mesmos músculos apresentaram ativação prolongada e segmentada, bem como alteração na coativação dos músculos sinergistas.

Também tem sido observado que os indivíduos pós-AVC apresentam alterações no sequenciamento na ativação durante o movimento de alcance. Por exemplo, Wagner, Dromerick, *et al.* (2007) compararam a atividade dos músculos deltóide anterior, deltóide médio, bíceps braquial, tríceps braquial, flexores e extensores do punho durante o movimento de alcance, entre indivíduos pós-AVC agudos e subagudos. Os indivíduos pós-AVC agudos ativaram apenas o deltóide anterior, bíceps e tríceps antes do início do movimento, sugerindo maior recrutamento das fibras musculares e conseqüentemente, apresentaram maior esforço para realizar o movimento.

Em outro estudo, realizado por Rueda *et al.* (2012) foi registrado a ativação dos músculos trapézio superior, deltóide (fibras anteriores, médias e posteriores), bíceps braquial e tríceps braquial em um grupo de quatro indivíduos pós-AVC crônicos durante a atividade de beber um copo d'água. Foi observado que os indivíduos pós-AVC não apresentam uma ativação muscular sequenciada durante a atividade como foi observado nos indivíduos saudáveis os quais ativam determinado grupo muscular de acordo à fase do movimento.. Os autores ainda descrevem que os indivíduos pós-AVC apresentam um padrão de compensação em que o trapézio superior seria o principal responsável, ativando-se de forma concomitante com todas as fibras do deltóide durante o movimento de alcance.

De acordo com esta informação é possível afirmar que os indivíduos com hemiparesia, em decorrência de um AVC, apresentam alterações durante o movimento de alcance que podem estar relacionadas com déficit na ativação muscular do membro superior parético. No entanto, poucos estudos tem avaliado o membro superior não parético e sabe-se que parte das fibras do trato corticoespinal, oriundas do hemisfério lesionado, as quais não decussam no tronco encefálico influenciam no hemicorpo ipsilateral à lesão (Sunnerhagen *et al.*, 1999; Borich *et al.*, 2012).

Além disso, os estudos têm incluído indivíduos com AVC tipo hemorrágico e isquêmico sem considerar as características clínicas diante os processos de recuperação espontânea que ocorrem ao longo do tempo após um AVC. Ainda, tem sido realizada a normalização dos sinais eletromiográficos através da contração voluntária máxima em condições em que há lesão dos tratos corticoespinais, gerando dados que podem ser superestimados. Em conjunto, estes questionamentos metodológicos limitam a interpretação dos dados, gerando a necessidade de estudos que incluam análises bilaterais cinemáticos e eletromiográficos de maneira simultânea que permitam esclarecer as estratégias realizadas durante o movimento de alcance nos indivíduos hemiparéticos crônicos

## **2.2 Importância do uso funcional dos objetos no movimento de alcance**

A recuperação da funcionalidade do MS pós-AVC é, ainda hoje, um desafio para a equipe de reabilitação (Freitas *et al.*, 2011). Dentre as principais estratégias terapêuticas

para o tratamento do MS pós-AVC, a literatura destaca o treinamento tarefa específica (para revisão ver: Langhorne, Coupar e Pollock, 2009) . Este treinamento baseia-se em realizar sequências motoras repetitivas, dentro de uma única sessão de treinamento, com o objetivo de atingir uma meta funcional clara como agarrar um copo e beber água, pegar uma colher e levar o alimento à boca (Page, 2003; Kwakkel, 2006; Langhorne *et al.*, 2009).

Não obstante, dentro do programa de reabilitação, a realização de tarefas funcionais específicas deve ocorrer dentro de contextos enriquecidos, ou seja, o ambiente deve proporcionar informação suficiente para indicar que tipo de tarefa será realizada (Davis, 2006). Neste sentido, a implementação de objetos úteis ou familiares dentro do contexto possui papel chave para o desempenho na tarefa (Wu *et al.*, 2000; Gentilucci, 2002).

Num estudo realizado por Naish e colaboradores (2013) com indivíduos saudáveis, foi possível observar que o tempo de desaceleração durante o alcance dependia do tipo de objeto e tarefa que ia ser realizada. Quando a ação foi pegar um objeto para ser colocado na boca dos sujeitos, o tempo de desaceleração foi maior quando este era um elemento comestível, em comparação com uma bola de tênis. Por sua vez, quando a ação foi colocar um objeto em um determinado lugar, o tempo de desaceleração foi maior quando o objeto foi a bola de tênis e não o elemento comestível. Além disso, observaram que durante esta tarefa a ativação muscular do flexor digital superficial era menor em comparação a tarefa de transportar o objeto até a boca. Estes resultados confirmam o fato que a cinemática do alcance e inclusive a ativação muscular da mão é influenciada desde o início da execução pelo objetivo final da ação e pela a utilidade dos objetos.

Além disso, Fogassi e colaboradores (2005) destacam que comportamentos apetitivos podem interferir nas respostas motoras. O desejo de comer leva a modulação hemodinâmica não só nos circuitos neurais envolvidos na motivação, mas também, nas regiões que compõem o sistema dos neurônios espelho. Este conjunto de neurônios espelho participa na determinação do objetivo motor, pois discriminam repertórios motores semelhantes para atingir a meta (Fogassi *et al.*, 2005). Isto indica que tanto o estado motivacional quanto a utilidade do objeto influenciam sobre os sistemas de percepção e nos mecanismos de acoplamento de ação (Cheng *et al.*, 2007). Assim a intenção do movimento dependerá também do objeto utilizado durante o ato motor (Fogassi *et al.*, 2005).

Mudanças nas variáveis cinemáticas durante atividades que incluem o alcance, em decorrência do uso de objetos funcionais, também tem sido observado em indivíduos pós-AVC. Wu e colaboradores (1998) puderam observar que o desempenho durante a ação de cortar, usando o braço parético, era melhor quando objetos suficientes, como uma faca e cogumelos, eram ofertados. Esta melhora foi detectada pelo menor tempo de movimento e deslocamento de tronco, menos unidades de movimento (definida como uma fase de aceleração e uma fase de desaceleração durante o alcance) e maior porcentagem da trajetória total de movimento para atingir o pico de velocidade.

Além disso, em comparação com os indivíduos saudáveis, os autores puderam observar que os indivíduos com hemiparesia eram mais susceptíveis à informação proporcionada pelo objeto, causando maiores mudanças nas variáveis cinemáticas durante o alcance. Isto está relacionado com a compensação que ocorre pelas experiências ou conhecimentos prévios da utilidade do objeto, em detrimento das desvantagens das alterações sensório-motoras nos indivíduos pós-AVC, que favorecem a representação interna da relação entre o objeto e a ação, para assim, obter um melhor desempenho durante o movimento de alcance (Wu *et al.*, 1998).

Isto também foi confirmado por Chen e colaboradores (2008) num estudo com indivíduos pós-AVC crônicos, no hemisfério direito, que tinha como objetivo avaliar o efeito do contexto no desempenho do alcance do braço não parético e no controle postural em pé. Eles observaram que estes indivíduos, em comparação com sujeitos saudáveis, conseguiram atingir maiores distâncias no movimento de alcance em pé, quando tinham que deslocar moedas de um lugar a outro sobre uma mesa, em comparação com a tarefa abstrata, que consistia em imitar o movimento de alcance, no mesmo trajeto da tarefa com moedas, mas neste caso sem objeto algum. Assim, puderam sustentar que a aplicação de tarefas funcionais, com objetos familiares, provocam automaticamente interações habituais com o sujeito favorecendo a execução no alcance e na postura, além de exercer efeitos positivos no controle postural nos indivíduos hemiparéticos.

Deste modo, existem evidências de que a previsão da ação pode ser baseada em pistas contextuais, como por exemplo, o objeto utilizado, e de que o desempenho do movimento de alcance, tanto em indivíduos saudáveis como em hemiparéticos, acontece de forma mais eficiente pela interação positiva entre a utilidade do objeto e a ação.

Contudo, os diferentes estudos que têm observado o efeito da utilidade dos objetos no movimento de alcance em indivíduos pós-AVC (Wu *et al.*, 1998; Lin *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008) apresentam alguns outros questionamentos metodológicos, como por exemplo, o uso do MS menos afetado para analisar o movimento de alcance nestes indivíduos (Lin *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008);

Além disso, nestes estudos (Wu *et al.*, 1998; 2000) incluíram indivíduos pós-AVC crônicos e agudos, obtendo resultados para uma população geral com alteração neurológica, ignorando as diferentes etapas do mecanismo de neuroplasticidade e suas implicações no processo de recuperação funcional.

Também cabe destacar que estes estudos (Wu *et al.*, 1998; 2000; Lin *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008) incluíram a manipulação dos objetos por parte dos sujeitos avaliados sem considerar, que nem todos os indivíduos pós-AVC crônicos conseguem realizar esta ação.

Portanto, torna-se importante avaliar o efeito da utilidade dos objetos no movimento de alcance, nas variáveis cinemáticas lineares em indivíduos hemiparéticos crônicos. Soma-se a estes fatos a importância de observar a atividade muscular do complexo do ombro, pois nenhum estudo tem relatado como a utilidade dos objetos reflete na ativação muscular de indivíduos hemiparéticos crônicos.

Portanto, com o intuito de entender os mecanismos do controle do alcance nos indivíduos hemiparéticos crônicos o presente estudo tem como objetivo avaliar as estratégias do movimento de alcance, através de variáveis cinemáticas lineares e a ativação muscular diante objetos com utilidade funcional em ambos os membros superiores dos indivíduos pós-AVC crônicos.

### 3. OBJETIVOS

- Avaliar bilateralmente as estratégias de movimento durante o alcance de um objeto funcional com objetos funcionais através das variáveis cinemáticas lineares: deslocamento de tronco, tempo de movimento, pico de velocidade, porcentagem do tempo para o pico de velocidade, distância percorrida do antebraço e índice de retidão em indivíduos hemiparéticos crônicos.
- Avaliar bilateralmente a amplitude da ativação de músculos relacionados ao complexo escápulo-umeral e o cotovelo durante o alcance com objetos funcionais em indivíduos hemiparéticos crônicos.

#### **4. ARTIGO ORIGINAL**

**Título:**

**Avaliação bilateral da cinemática linear e da ativação muscular durante o alcance com estímulo funcional em indivíduos hemiparéticos crônicos**

Luisa Fernanda García Salazar<sup>1</sup>, MS. Gabriela Lopes dos Santos<sup>1</sup>, MS. Lívia Gaspar Fernandes<sup>1</sup>, Rafaella Ferreira das Neves<sup>1</sup>, Thiago Luiz de Russo<sup>1</sup>, PhD.

<sup>1</sup>Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neurológica (LaFiN). Departamento de Fisioterapia. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil.

Autores para correspondência: Luisa Fernanda García Salazar e Thiago Luiz de Russo

Endereço: Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neurológica – LaFiN . Departamento de Fisioterapia. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. São Carlos, SP, Brazil. Rodovia Washington Luís, Km 235. CEP: 13565-905. Telefone: +551633519578. E-mail: lucha\_86@hotmail.com e thiagoluizrusso@gmail.com

## 4.1 Resumo

Uma das principais queixas dos indivíduos pós-AVC refere-se à perda da funcionalidade do membro superior (MS), a qual limita a realização das atividades de vida diária, especialmente aquelas que envolvem o alcance. Dentre as alterações que prejudicam o desempenho da tarefa de alcance estão o aumento do tônus muscular, déficits sensoriais e fraqueza muscular, as quais podem interferir no padrão de ativação muscular do MS destes indivíduos e nas estratégias de movimento durante o alcance. A realização de tarefas funcionais específicas durante o processo de reabilitação deve ocorrer dentro de contextos enriquecido. A implementação de objetos úteis vem sendo recomendada para a facilitação do movimento de alcance. **Objetivo:** Descrever as estratégias de movimento e de ativação muscular bilateral dos membros superiores durante o alcance de um objeto com utilidade funcional em indivíduos hemiparéticos crônicos. **Metodologia:** Quinze indivíduos pós-AVC isquêmico e 15 sujeitos saudáveis pareados pela idade e gênero foram incluídos no estudo. Durante uma tarefa de tocar um copo com água e/ou um cilindro preto foram obtidas, de forma sincronizada, as seguintes variáveis: a) eletromiográficas: amplitude da atividade muscular dos músculos trapézio superior, peitoral maior, bíceps e tríceps braquiais, serrátil anterior, deltóide anterior e médio de ambos os hemisferos; e b) cinemáticas: pico de velocidade, porcentagem para o tempo de pico, distância percorrida, índice de retidão, tempo de movimento e deslocamento de tronco. **Resultados:** Não foi observado efeito da utilidade funcional dos objetos nas estratégias de movimento, nem na ativação muscular de ambos membros superiores nos sujeitos hemiparéticos e controle. Foi observada uma redução na amplitude do sinal eletromiográfico, em ambos os membros superiores dos sujeitos hemiparéticos, nos músculos deltóide anterior e trapézio superior, enquanto que os músculos bíceps braquial e peitoral maior demonstraram aumento, comparado a indivíduos saudáveis. O músculo tríceps braquial apresentou aumento da amplitude no membro não parético quando comparado a o membro parético e ao membro de sujeitos saudáveis. Modificações na ativação muscular no membro superior que não executa o movimento também foram identificadas. Tanto o membro parético como o não parético apresentaram maior tempo de movimento e deslocamento de tronco, bem como menor pico de velocidade e índice de retidão durante a fase de transporte, em relação ao membro superior de sujeitos saudáveis. **Conclusão:** Indivíduos hemiparéticos crônicos possuem alterações bilaterais na ativação muscular e nas estratégias do movimento durante o alcance. As novas estratégias compensatórias geradas por estes sujeitos parecem não ser afetadas pela utilidade funcional dos objetos, em ambientes controlados.

**Palavras claves:** Acidente Vascular Cerebral, affordance, reabilitação, Fisioterapia.

## 4.2 Introdução

Após um Acidente Vascular Cerebral (AVC) a função do membro superior (MS) permanece alterada em 55 a 75% dos sobreviventes, mesmo seis meses após a lesão (Lai *et al.*, 2002; Carod-Artal *et al.*, 2009). Um dos principais movimentos prejudicados é o alcance, o qual é considerado como chave na funcionalidade do MS, devido a sua importância na realização de atividades de vida diária, como beber água, comer, escovar os dentes e os cabelos (Schaechter *et al.*, 2002; Van Vliet, 2007; Freitas *et al.*, 2011).

A execução adequada do alcance exige uma complexa coordenação de ações entre articulações escapulo-umeral e glenoumeral, além do recrutamento muscular (Carr, 2008; Van Andel *et al.*, 2008; Lent, 2010). Por exemplo, inúmeras correções em tempo real são realizadas por músculos sobre as articulações do ombro e cotovelo, para que elas posicionem adequadamente a mão no espaço (Liu *et al.*, 2013). No entanto, após o AVC, uma série de alterações que prejudicam o desempenho da tarefa de alcance é instalada, como o aumento do tônus muscular, déficits sensoriais e fraqueza muscular (Mccrea *et al.*, 2005; Lang *et al.*, 2013; Scherbakov *et al.*, 2013).

Nos últimos anos uma série de estudos foi conduzida na tentativa de caracterizar a cinemática do movimento de alcance e a atividade muscular em indivíduos pós-AVC (Zackowski *et al.*, 2004; Mccrea *et al.*, 2005; Wagner, Dromerick, *et al.*, 2007; Wagner, Lang, *et al.*, 2007; Alt Murphy *et al.*, 2011; Massie *et al.*, 2012; Rueda *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014; Stewart *et al.*, 2014b). Entre as alterações cinemáticas no MS parético encontram-se: desvios acentuados durante a trajetória (Zackowski *et al.*, 2004; Lang *et al.*, 2006); perda dos movimentos seletivos das articulações (Zackowski *et al.*, 2004); menor pico de velocidade (Lang *et al.*, 2006; Alt Murphy *et al.*, 2011; Schaefer *et al.*, 2012; Stewart *et al.*, 2014b); e maior deslocamento anterior do tronco (Alt Murphy *et al.*, 2011).

Enquanto as alterações neuromusculares que podem interferir com o movimento de alcance incluem-se: atraso no tempo de latência muscular (Chae *et al.*, 2002); alteração na co-ativação de músculos sinergistas (Chae *et al.*, 2002; Mccrea *et al.*, 2005; Wagner, Dromerick, *et al.*, 2007); aumento do uso relativo do músculo (ou seja, usam maior porcentagem da sua capacidade de ativação muscular) (Mccrea *et al.*, 2005; Wagner,

Dromerick, *et al.*, 2007); e alteração no sequenciamento na ativação (Wagner, Dromerick, *et al.*, 2007; Rueda *et al.*, 2012).

Apesar de pioneiros, estes recentes trabalhos trazem uma série de questionamentos metodológicos para a real interpretação de seus resultados e a transferência deste conhecimento para a prática clínica. Por exemplo, a realização de normalização dos sinais eletromiográficos em condições em que há lesão do trato cortico-espinal não é recomendada, pois os dados podem ser superestimados (Patten *et al.*, 2004). Além disso, o treinamento em tarefas de alta velocidade se distancia de situações do dia a dia, em que tarefas são feitas de forma mais lenta visando o melhor desempenho. Deste modo, torna-se difícil o entendimento de quais os mecanismos compensatórios são utilizados por estes indivíduos durante o alcance. Além disso, nota-se que o membro não parético é considerado em muitos casos como um membro “são”. Contudo, evidências demonstram que existe comprometimento sensório-motor no lado não parético, embora sejam menos severos que o lado comprometido (Santos *et al.*; Desrosiers *et al.*, 1996; McCreary *et al.*, 2003; Chestnut e Haaland, 2008).

Uma das principais estratégias terapêuticas utilizadas para o tratamento do MS pós-AVC, é o treinamento tarefa-específica. Esse treinamento consiste em realizar sequências motoras repetitivas dentro de uma única sessão de treinamento com o objetivo de atingir uma meta funcional clara (para revisão ver: (Langhorne *et al.*, 2009).

Não obstante, dentro do programa de reabilitação, a realização de tarefas funcionais específicas deve ocorrer dentro de contextos enriquecidos, ou seja, o ambiente deve proporcionar informação suficiente para indicar que tipo de tarefa será realizada (Davis, 2006) facilitando o planejamento da ação. Neste sentido, a implementação de objetos úteis ou familiares dentro do contexto possui papel chave para o desempenho na tarefa (Wu *et al.*, 2000; Gentilucci, 2002).

Wu e colaboradores (1998) puderam observar em indivíduos pós-AVC agudos e crônicos um melhor desempenho do membro parético durante uma ação funcional propriamente dita (por exemplo, cortar uma fruta), quando comparado com uma tarefa que simulava o movimento de cortar o alimento usando apenas a faca. Os autores também puderam observar que estes indivíduos, ante a informação proporcionada pelo objeto,

geram maiores mudanças nas variáveis cinemáticas durante o alcance, em comparação com indivíduos saudáveis.

Contudo, os diferentes estudos que têm observado o efeito da utilidade dos objetos no movimento de alcance em indivíduos pós-AVC (Wu *et al.*, 1998; Lin *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008) têm avaliado o membro menos afetado para analisar o movimento de alcance nestes indivíduos (Lin *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008). Além disso, os estudos incluíram indivíduos pós-AVC em fase aguda e crônica (Wu *et al.*, 1998; 2000), ignorando as diferentes etapas do mecanismo de neuroplasticidade e suas implicações no processo de recuperação funcional. Outros estudos não têm relatado como a utilidade funcional dos objetos reflete na ativação muscular dos membros superiores nos indivíduos com hemiparesia crônica. Esta informação favorecerá o direcionamento do tratamento de reabilitação para atividades mais funcionais que incluam o membro parético e não parético destes indivíduos.

Desta forma, o presente estudo propõe-se a: 1) comparar as estratégias de movimento, através de variáveis cinemáticas lineares, e ativação muscular nos membros superiores parético e não parético durante o alcance de objetos com utilidade funcional com velocidade auto-selecionada em comparação a indivíduos controle ; 2) descrever as estratégias de ativação muscular no lado contra-lateral ao movimento realizado nos indivíduos hemiparéticos crônicos, em comparação com os controle. Maior enfoque será dado à ativação da musculatura do ombro, pois esta articulação é determinante para o desempenho da tarefa. Tais informações são importantes para entender as estratégias compensatórias de indivíduos hemiparéticos crônicos e permitem traçar objetivos terapêuticos que auxiliem na recuperação da funcionalidade dos membros superiores.

É possível hipotetizar que: 1) o estímulo da presença de objetos com utilidade funcional deve gerar melhor desempenho durante o alcance nos indivíduos hemiparéticos crônicos demonstrado através de menor tempo de movimento, maiores picos de velocidade, maiores valores de índice de retidão, menor trajetória percorrida, maior porcentagem do tempo para atingir o pico de velocidade e menor deslocamento de tronco quando o movimento for realizado com qualquer dos membros superior, além de apresentar menores valores de amplitude de ativação muscular; 2) o membro não parético apresenta características cinemáticas e eletromiográficas diferentes dos indivíduos controle como

menor tempo de movimento, menores picos de velocidade, menor porcentagem do tempo para o pico de velocidade, maior trajetória percorrida, menores valores de índice de retidão e maiores deslocamento anterior de tronco; 3) o membro que permanece em repouso durante o alcance apresenta valores elevados de amplitude de ativação muscular dos músculos sinergistas para facilitar a realização do movimento.

### **4.3 Métodos**

O estudo foi realizado de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras das Pesquisas Envolvendo Humanos (Resolução 196/1996, do Conselho Nacional de Saúde), sob a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (parecer no. 112.551/2012). Os participantes foram recrutados da comunidade local com uma amostra de conveniência. Todos os procedimentos foram explicados aos voluntários e foi assinado termo de consentimento informado antes dos procedimentos.

#### *4.3.1. Participantes*

Foram recrutados indivíduos hemiparéticos com idade entre 40-75 anos e indivíduos saudáveis pareados em gênero e idade (Booth e Lees, 2006), os quais foram divididos em grupo hemiparético (GH) e o grupo controle (GC), respectivamente.

Os critérios de inclusão para o GH foram: (1) ocorrência do último episódio de AVC há pelo menos 6 meses antes do início do estudo (Barker *et al.*, 2009; Chern *et al.*, 2010); (2) AVC isquêmico; (3) nível de espasticidade inferior ou igual a 2 na Escala de Ashworth Modificada (EAM) para membros superiores; (4) pontuação mínima no Mini-Exame do Estado Mental de acordo com a escolaridade do voluntário (Folstein *et al.*, 1975; Brucki *et al.*, 2003); (5) capacidade de se manter na postura sentada sem apoio de tronco e mãos por um minuto (adaptado de Messier *et al.*, 2006); (6) capacidade de realizar alcance sem preensão (Van Vliet, 2007; Thielman *et al.*, 2008).

Os critérios de exclusão de ambos os grupos foram: presença de doenças cardiovasculares graves (insuficiência cardíaca, arritmias ou angina pectorais); dor no MS durante o movimento ativo ou passivo; índice de massa corporal (IMC) maior que 28

kg/m<sup>2</sup>; antecedentes de lesões articulares ou musculares nos MS e na coluna cervical, tais como, fraturas, luxações ou cirurgia bem como frouxidão ligamentar generalizada. No GH também foram excluídos indivíduos com AVC agudo e/ou hemorrágico ou com qualquer insulto do lobo occipital, tronco cerebral e cerebelo. Déficits da acuidade ou do campo visual foram considerados. Os indivíduos do GC não deveriam ter o ombro instável verificado por seguintes critérios: ausência de sinal do sulco, apreensão negativa e Testes Hawkins (Wilk *et al.*, 1997).

#### 4.3.2 Avaliação clínica

Os sujeitos do GH e GC foram submetidos a uma entrevista clínica que incluiu a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, anamnese e exame físico, para posteriormente obter a caracterização da amostra. Para o GH foram utilizados o testes de Medida de Independência Funcional (MIF) (Riberto, 2004) e a Escala de Fugl-Meyer para membros superiores (Maki, 2006). Para avaliação da preferência manual dos indivíduos foi utilizado o Inventário de Dominância Lateral de Endimburg (Oldfield, 1971), para o GH foi indagado sobre o membro dominante antes do AVC. Foi aplicado para o GC o questionário de qualidade de vida SF-36 e para o GH a escala de qualidade de vida específica para AVC (EQVE-AVC).

#### 4.3.3 Avaliação cinemática

O protocolo de avaliação cinemática foi realizado no Laboratório de Cinemática do Departamento de Fisioterapia da UFSCar. Para a avaliação do movimento de alcance foi utilizado o sistema Qualisys ProReflex MCU (Motion Capture Unit – QUALISYS MEDICAL AB, Gothenberg, Suécia) composto por oito câmeras. Inicialmente, foi realizada a calibração do sistema na área de coleta, de acordo com as recomendações do manual de instruções do equipamento. Marcadores passivos refletivos foram posicionados sobre os processos estilóide da ulna direito e esquerdo, sobre o processo xifóides e sobre os objetos utilizados durante a tarefa. Todos os dados cinemáticos foram coletados com frequência de amostragem de 120 Hz.

Para realização da tarefa de alcance foi colocado um objeto cilíndrico (8 cm de diâmetro e 15 cm de altura) sobre mesa de madeira com tampo circular (34 cm de diâmetro) a uma distância de 80% do comprimento do MS (distância entre a linha axilar anterior e processo estiloide medial) e altura do processo xifoide (Subramanian *et al.*, 2010). A posição de início e final de cada tarefa foi definida como a mão pronada sobre o joelho. Antes de cada teste, os sujeitos foram orientados a sentar-se na posição vertical, em seguida, a tarefa foi demonstrada e uma tentativa de familiarização foi realizada.

A tarefa consistiu em alcançar o objeto (fase de transporte) e trazer a mão sobre os joelhos (fase de retorno), sendo realizada em duas condições: objeto com utilidade funcional e objeto sem utilidade funcional. Na condição de objeto com utilidade funcional, o alcance foi realizado com um copo de acrílico transparente preenchido com água na frente do participante. Na condição de objeto sem utilidade funcional o alcance foi realizado com um cilindro preto das mesmas dimensões do copo. Para iniciar o movimento o avaliador deu o comando de “atenção, prepara” indicando que o participante devia estar preparado para realizar o alcance, seguido do comando “vai”, o qual indicava que o movimento deveria ser iniciado naquele instante. Foi solicitado ao participante realizar as tarefas a uma velocidade confortável (auto-selecionada). Se os indivíduos pós-AVC não conseguissem realizar a preensão dos objetos, foi permitido simplesmente tocá-los. Foram realizadas cinco repetições com cada membro para cada tarefa, em ambos os grupos. Sendo assim, foram realizados 20 movimentos de alcance por indivíduo. O MS e a condição em que a tarefa era realizada foi randomizado por meio de envelope.

#### 4.3.4 Avaliação eletromiográfica

Para o registro dos sinais eletromiográficos foi utilizado um sistema portátil de eletromiografia (Trigno™ Wireless System, Delsys, Boston, USA) e eletrodos com geometria de detecção em barras paralelas (Sensor™ Wireless). Os sinais foram amostrados a 1200 Hz e acondicionados pelo amplificador principal com ganho definido de 1000 vezes, frequência passa banda de 20-450 Hz, resolução de 16 bits e ruído de 12  $\mu$ V.

Foi realizada a coleta da atividade elétrica muscular, bilateralmente de forma simultânea, durante a avaliação do movimento de alcance. A coleta ocorreu de forma

sincronizada à avaliação cinemática. Os eletrodos foram posicionados paralelos à orientação das fibras musculares dos músculos deltóide anterior e médio, peitoral maior, trapézio superior, serrátil anterior, bíceps braquial e tríceps cabeça lateral (Hermens *et al.*, 2000).

Inicialmente, antes do posicionamento, as áreas da pele onde foram posicionados os eletrodos foram tricotomizadas e limpas com álcool. O eletrodo do trapézio superior foi posicionado 2 cm lateralmente ao ponto médio entre a sétima vértebra cervical e o acrômio (Mathiassen, 2006), o eletrodo do serrátil anterior foi posicionado lateralmente ao ângulo inferior da escápula, anterior às fibras musculares do músculo grande dorsal (Perotto, 1994; Lin *et al.*, 2005) e o eletrodo do peitoral maior foi posicionado aproximadamente 2 cm medialmente da dobra axilar (Park *et al.*, 2013). Os eletrodos dos músculos deltóide anterior e médio, bíceps e tríceps braquial foram posicionados de acordo com as diretrizes do SENIAM (Jensen *et al.*, 1993; Hermens *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2013). Posteriormente, foram coletados 5 segundos de atividade eletromiográfica na posição de repouso (mãos pronadas sobre a coxa) seguido pela realização da atividade de alcance.

#### *4.3.5 Processamentos dos dados e análises*

Para análise dos dados, o alcance foi dividido em duas fases: transporte e retorno. A fase de transporte foi definida visualmente como o período em que o marcador do processo estilóide começou a se mover em direção ao objeto e o momento anterior ao movimento do marcador em direção ao participante. A fase de retorno correspondeu ao período em que encerrou o transporte até o momento em que o marcador cessou o movimento em direção ao participante. Estas divisões foram realizadas por único avaliador, utilizando o software Qualisys Track Manager v. 2.9.

Todos os dados referentes à cinemática foram processados no MatLab (v. 7.6.0 – R2012a, MathWorks Inc., Natick, MA, EUA). Os dados da cinemática (coordenadas X, Y e Z) foram filtrados utilizando um filtro Butterworth passa baixa de segunda ordem com frequência de corte de 7Hz. As variáveis analisadas para cada uma das fases de movimento foram: deslocamento de tronco (DT), tempo do movimento (TM), trajetória percorrida do antebraço (TPer), índice de retidão (IR) (definido como a relação entre a menor distância

possível em relação à distância percorrida, sendo que quanto mais próximo a 1,0 mais retilíneo é o movimento (Wagner *et al.*, 2008)), pico de velocidade do antebraço (PV) e porcentagem do tempo para o pico de velocidade (%TPV) (Alt Murphy *et al.*, 2011). As variáveis TM, PV, TPer e IR são variáveis que indicam a eficiência do movimento através da quantificação do tempo, a velocidade, a direção e a suavidade da execução respectivamente. A %TPV reflete se o indivíduo usa estratégias motoras programadas antecipadamente ou se é mais dependente da informação proporcionada pelo ambiente para realizar o movimento (Wagner *et al.*, 2008; Alt Murphy *et al.*, 2011).

Para os dados eletromiográficos foram desenvolvidas rotinas no software MatLab (v. 7.6.0 – R2008a, MathWorks Inc., Natick, MA, EUA). Todos os sinais foram filtrados com filtro Butterworth passa-banda de 20-400 Hz e com filtro Notch de 22 a 122 Hz ambos de 4° ordem. Foi realizada a conversão em Root Mean Square (RMS) a partir de janelas móveis de 60 ms e os dados foram expressos em mV. Foi analisada a variável amplitude definida como a subtração do valor mínimo ao valor máximo.

#### *4.3.6 Análise estatística*

Os resultados foram analisados no software SPSS, versão 17.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois), comparando o membro parético e não parético do GH e o membro dominante do GC por ser o mais utilizado na realização das AVD.

Com o teste Shapiro-Wilk foi constatado que as variáveis cinemáticas DT, PVA, %TPV e os dados eletromiográficos apresentaram distribuição normal. Assim, foi utilizado o teste ANOVA two-way (membro superior x condição) com medidas repetidas (condição), com post-hoc de Tukey para observar diferenças entre os membros superiores. O nível de significância definido foi de 5%.

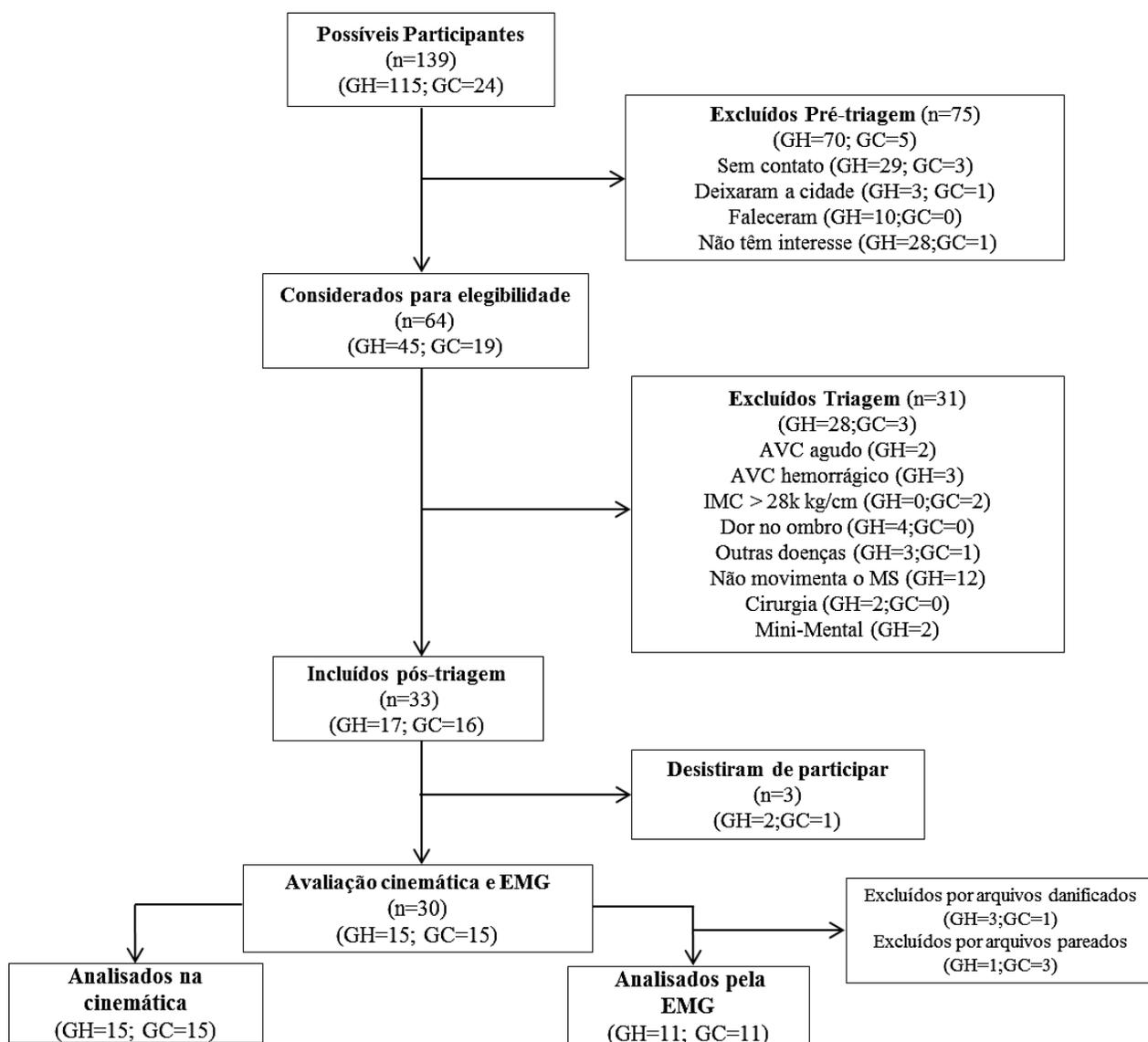
As outras variáveis (TM, TPer, IR) não apresentaram distribuição normal. Desta forma, foi aplicado o teste Kruskal-Wallis seguido de Mann-Whitney com ajuste de Bonferroni, considerando um  $p < 0,017$  para comparar os membros superiores em cada uma das condições. Foi utilizado o teste Wilcoxon para comparar as condições para cada membro superior.

## 4.4 Resultados

### 4.4.1 Participantes

A figura 1 apresenta o diagrama de fluxo experimental. Cento e trinta e nove sujeitos foram contatados inicialmente. Setenta e cinco foram excluídos porque não atenderam ao telefone, não tiveram interesse em participar no estudo, não moram mais em São Carlos ou faleceram. De sessenta e quatro sujeitos que foram considerados elegíveis para o estudo, 31 foram excluídos pelos critérios. Trinta sujeitos foram incluídos no estudo e usados para a análise cinemática. No entanto, apenas os dados de 22 indivíduos foram utilizados para as análises eletromiográficas (11 hemiparéticos e 11 controle).

Em cada um dos grupos foram avaliados três mulheres e doze homens. Os indivíduos do GH e GC não diferiram quanto a idade, altura e IMC ( $p>0,05$ ; Tabela 1). Além disso, os indivíduos do GH tiveram o AVC em torno de 34 meses antes da avaliação. Seu comprometimento motor do membro superior foi considerado como moderado segundo a escala de Fugl-Meyer e apresentaram dependência modificada (assistência de até 50% da tarefa) segundo a MIF. O GH apresentou uma pontuação total em mediana de 182 a EQVE-AVC e o GC uma pontuação de 91 na saúde física e 77 na saúde mental. Ambos os grupos demonstraram uma distribuição similar para o lado dominante (Tabela 1).



**Figura 1.** Fluxograma do estudo. GH: grupo hemiparéticos. GC: grupo controle. IMC: Índice de Massa Muscular. MS: Membro Superior. EMG: Eletromiografia.

**Tabela 1.** Características clínicas e demográficas da população.

	<b>Grupo controle (n=15)</b>	<b>Grupo Hemiparético (n=15)</b>	<b>P</b>
<b>Gênero (M/H)</b>	3/12	3/12	NA
<b>Idade</b>	60,13 (7,66)	60,06 (7,87)	0,784
<b>Peso (kg)</b>	70,03 (8,53)	71,33 (6,42)	0,574
<b>Altura (m)</b>	1,67 (0,06)	1,75 (0,08)	0,072
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	25,18 (2,44)	24,53 (2,07)	0,341
<b>Tempo após AVC (meses)</b>	NA	34,54 (34,80)	NA
<b>Lado parético (direito/esquerdo)</b>	NA	8/7	NA
<b>EAM (0/1/1+/2/3/4)</b>			
<b>Flexores de ombro</b>	NA	(7/7/1/0/0/0)	NA
<b>Extensores de ombro</b>	NA	(13/2/0/0/0/0)	NA
<b>Flexores de cotovelo</b>	NA	(7/3/5/0/0/0)	NA
<b>Extensores de cotovelo</b>	NA	(7/2/6/0/0/0)	NA
<b>Lado dominante (direito/esquerdo)</b>	14/1	15/0	NA
<b>EFM: membros superiores</b>	NA	52 (20)	NA
<b>MIF</b>	NA	65 (4)	NA
<b>SF-36</b>			
<b>Saúde física</b>	91(12)	NA	NA
<b>Saúde mental</b>	77(31)	NA	NA
<b>EQVE-AVC</b>	NA	182 (54)	NA

M: Mulher. H: Homen. NA: Não aplica IMC: Índice de Massa Corporal. EAM: Escala de Ashworth Modificada. EFM: Escala Fugl-Meyer para membros superiores. MIF: Medida de Independência Funcional. SF-36: Escala de Qualidade de Vida SF-36. EQVE-AVC: Escala de Qualidade de Vida Específica para AVC. Dados apresentados em média e desvio padrão para as variáveis Idade, Peso, Altura, IMC e Tempo após AVC. Número de observações para: Lado parético, EAM e Lado dominante. Mediana e distancia interquartil para EFM, MIF, SF-36 e EQVE-AVC.

#### 4.4.2 Variáveis cinemáticas

Na tabela 2 são apresentados os dados referentes às variáveis cinemáticas durante as fases de transporte e retorno durante o alcance de objetos com e sem utilidade funcional. Em relação ao efeito da utilidade funcional, não houve interação entre grupo e condição (objeto com ou sem utilidade funcional) para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 2).

Contudo, diferenças significativas entre os membros foram observadas. Para a fase de transporte, os membros paréticos e não paréticos apresentaram aumento no TM e no DT e diminuição no PV e no IR comparados ao membro dominante (Tabela 2). Tanto a %TPV quanto o TPer dos membros parético e não parético apresentaram valores similares ao dominante (Tabela 2). Não houve diferença entre os membros parético e não parético em qualquer das variáveis investigadas (Tabela 2). Já para a fase de retorno, apenas o TM encontra-se aumentado nos membros parético e não parético em relação ao dominante, sem diferença entre os membros do GH. Entretanto, todas as demais variáveis cinemáticas foram semelhantes entre os grupos (Tabela 2).

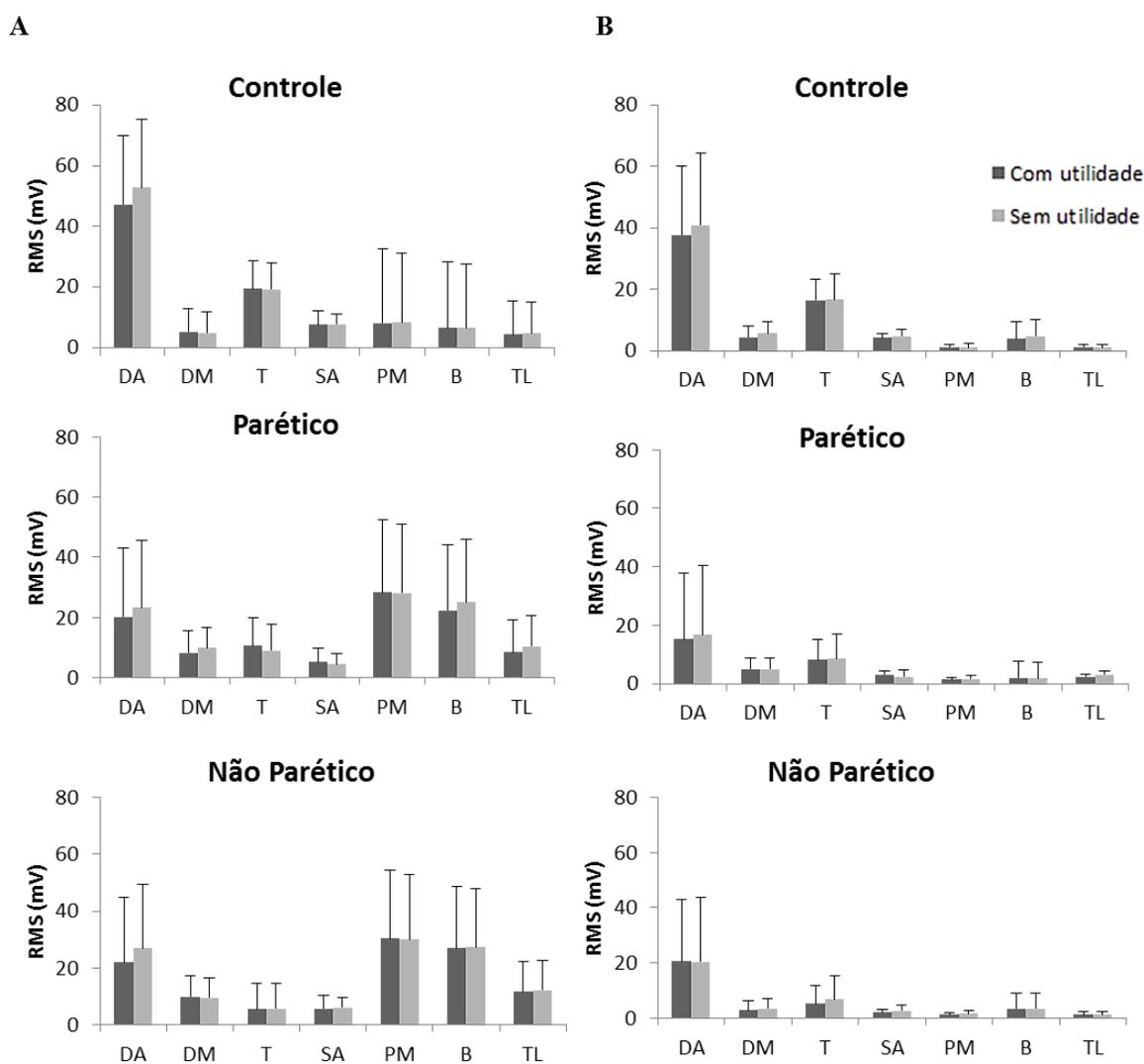
**Tabela 2.** Efeito da utilidade funcional do objeto nas variáveis cinemáticas

Variável	COM UTILIDADE FUNCIONAL			SEM UTILIDADE FUNCIONAL		
	Dominante (n=15)	Não Parético (n=15)	Parético (n=15)	Dominante (n=15)	Não Parético (n=15)	Parético (n=15)
<i>Fase de transporte</i>						
TM (s)	1,79 (0,46)	2,72 (1,16)†	3,40 (1,68)†	1,75 (0,54)	2,78 (1,39)†	3,43 (1,86)†
PV (mm/s)	353,65 (121,68)	237,10 (127,93)*	235,03 (87)*	371,39 (98,61)	262,74 (99,58)*	236,13 (78,75)*
%TPV	35,30(8,40)	33,30 (8,39)	33,62 (11,15)	38,33 (7,41)	35,71 (9,73)	35,69 (10,62)
TPer (mm)	207,87 (32,62)	193,45 (36,78)	245,83 (68,01)	214,30 (39,93)	198,79 (32,01)	254,90 (75,79)
IR	0,89 (0,04)	0,79 (0,07)†	0,79 (0,09)†	0,89 (0,03)	0,77 (0,09)†	0,78 (0,03)†
DT (mm)	28,03 (5,87)	70,01 (32,44)*	75,24 (38,34)*	27,39 (4,92)	50,49 (31,69)*	65,8 (31,69)*
<i>Fase de retorno</i>						
TM (s)	2,13 (0,74)	2,79 (1,46)†	3,31 (0,99)†	2,11 (0,83)	2,67 (1,17)†	3,44 (1,55)†
PV (mm/s)	311 (121,07)	241,88 (106,23)	237,04 (98,38)	307,73 (133,82)	244,13 (108,84)	223,32 (90,46)
%TPV	49,87 (14,09)	51,71 (18,50)	59,42 (20,47)	50,57 (10,08)	45,52 (16,27)	51,65 (11,50)
TPer (mm)	206,73 (68,29)	203, 10 (57,86)	256,90 (132,46)	210,46 (65,49)	205,59 (58,87)	237, 54 (85,11)
IR	0,83 (0,14)	0,78 (0,09)	0,75 (0,12)	0,84 (0,14)	0,77 (0,11)	0,79 (0,09)

TM: Tempo de movimento. PV: Pico de velocidade do antebraço. %TPV: Porcentagem do tempo para o pico de velocidade. TPer: Distância percorrida do antebraço. IR: Índice de Retidão. DT: Deslocamento de tronco. \*  $p < 0,05$  em comparação com o grupo controle. †  $p < 0,017$  (por ajuste de Bonferroni) em comparação com o grupo controle.

#### 4.4.3 Ativação muscular

Os resultados referentes à amplitude da atividade eletromiográfica dos músculos deltoide anterior (DA) e médio (DM), trapézio fibras superiores (T), serrátil anterior (SA), peitoral maior (PM), bíceps braquial (B) e tríceps braquial cabeça longa (TL), durante as fases de transporte e retorno do alcance de objetos, com ou sem utilidade funcional, são apresentados na Figura 2. Em relação ao efeito do uso dos objetos, não foi observada interação entre os membros e a condição ( $f=0,024$  e  $p=0,99$ ; Fig. 3).



**Figura 2.** Efeito da utilidade funcional do objeto. A: Fase de transporte. B: Fase de retorno. DA: Deltóide Anterior. DM: Deltóide Médio. T: Trapézio superior. SA: Serrátil Anterior. PM: Peitoral Maior. B: Bíceps. TL: Tríceps cabeça longa

Em relação as diferenças entre os membros superiores dos grupos GH e GC foram observadas diferenças na amplitude de ativação muscular durante a fase de transporte tanto para o membro que realiza o movimento de alcance ( $p < 0,05$ ; Tabela 3), como para o membro que permanece em repouso ( $p < 0,05$ ; Tabela 4).

Em relação ao MS que realiza o movimento, o DA e o T do membro parético e não parético apresentam menor amplitude de ativação comparado ao GC ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3). Por sua vez, PM, TL e B apresentaram maior amplitude de ativação bilateral no GH em comparação com o GC. No PM e no B foi observado um aumento significativo na amplitude do sinal eletromiográfico no braço parético e no braço não parético ( $p < 0,05$ ) comparado ao GC. No TL só foi observada diferença significativa entre o braço não parético e o GC ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3).

Em relação aos músculos DM e SA, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ( $p > 0,05$ ). Também não houve diferença entre os membros no GH ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 3.** Amplitude RMS (mV) do membro que realiza o movimento durante fase de transporte.

<b>Músculo</b>	<b>Controle (n=11)</b>	<b>Parético (n=11)</b>	<b>Não Parético (n=11)</b>
Deltóide anterior	50,01 (30,9)	21,6 (22,1)*	24,3 (27,3)*
Deltóide médio	5,2 (4,6)	8,9 (7,1)	9,5 (10,7)
Trapézio	19,3 (24,9)	9,7 (8,8)*	5,5 (7)*
Serrátil anterior	7,7 (12,8)	4,6 (4)	5,7 (9,4)
Peitoral maior	8,2 (11,3)	28,1 (23)*	30,1 (25,3)*
Bíceps braquial	6,6 (6,1)	23,5 (20,8)*	27 (17,7)*
Tríceps cabeça lateral	4,6 (4,7)	9,2 (10,3)	11,8 (14,5)*

Dados expressos em média e desvio padrão. \*  $p < 0,05$  em comparação com grupo controle.

Para o MS que fica em repouso durante o movimento de alcance observou-se um aumento na amplitude do sinal no PM e B no braço parético e no não parético comparado com o GC ( $p < 0,05$ ). O TL apresentou um aumento significativo somente no membro não parético comparado ao GC ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para o DA, DM, T e SA. Não houve diferença entre os membros parético e não parético do GH ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 4.** Amplitude RMS (mV) do membro que permanece em repouso durante a fase de transporte.

<b>Músculo</b>	<b>Controle (n=11)</b>	<b>Parético (n=11)</b>	<b>Não Parético (n=11)</b>
Deltóide anterior	1,22 (0,47)	2,28 (2,79)	5,97 (15,26)
Deltóide médio	4,77 (10,11)	7,21 (8,64)	8,12 (10,94)
Trapézio	9,67 (9,95)	9,37 (11,85)	13,86 (18,81)
Serrátil anterior	3,32 (5,57)	4 (2,95)	5,60 (9,81)
Peitoral maior	7,40 (11,23)	28,08 (24,18)*	30,04 (25,91)*
Bíceps braquial	3,15 (4,30)	27,34 (19,45)*	24,43 (19,74)*
Tríceps cabeça lateral	3,63 (4,78)	8,93 (10,36)	11,87 (14,75)*

Dados expressos em média e desvio padrão. \*  $p < 0,05$  em comparação com grupo controle.

Os dados da amplitude para a fase de retorno para o MS que realiza o movimento são apresentados na Tabela 5. Durante a fase de retorno o membro parético e não parético apresentaram menores valores de ativação nos músculos DA e T comparado ao GC ( $p < 0,05$ ). No entanto, o TL do membro parético apresentou uma maior ativação comparado com o membro não parético e com o GC. Os músculos DM, SA, PM e B não apresentaram diferença entre os grupos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Amplitude RMS (mV) do membro que realiza o movimento durante a fase de retorno.

<b>Músculo</b>	<b>Controle (n=11)</b>	<b>Parético (n=11)</b>	<b>Não Parético (n=11)</b>
Deltóide anterior	39,2(22,5)	16 (16,7)*	20,3(22,4)*
Deltóide médio	4,9(4,5)	4,9(4,5)	3(3,6)
Trapézio	16,5 (19,9)	8,2(8,4)*	5,8(7,6)*
Serrátil anterior	4,5(9,4)	2,7(3)	2,1(1,8)
Peitoral maior	1,1(0,5)	1,5(1,5)	1,3(0,9)
Bíceps braquial	4,4(6,2)	1,8(1)	3,3(5,3)
Tríceps cabeça lateral	1,1(1,1)	2,7(3)*†	1,1(0,9)

Dados expressos em médias e desvio padrão. \* $p < 0,05$  comparado com controle. †  $p < 0,05$  comparado ao membro não parético.

Em relação ao membro que fica em repouso durante a fase de retorno do membro contralateral. Não foram observadas alterações na amplitude da atividade eletromiográfica em qualquer dos grupos ( $p>0,05$ ).

## 4.5 Discussão

No presente trabalho foi mostrado que a utilidade funcional dos objetos por si só não modifica as estratégias de movimento, nem a ativação muscular durante o alcance, em indivíduos hemiparéticos crônicos. No entanto, independente do contexto de tarefa, foi possível detectar sensíveis diferenças nos membros não parético e parético em relação ao grupo controle, durante a tarefa ou no repouso.

A discussão destes resultados deve ser contextualizada em relação à população investigada neste estudo. Um primeiro aspecto importante refere-se a idade dos indivíduos, a qual contemplou indivíduos idosos (em torno de 60 anos). Além disso, apenas indivíduos que apresentaram AVC isquêmico foram incluídos, com níveis reduzidos de espasticidade, mas comprometimento motor moderado segundo a escala de Fugl-Meyer. Também não era necessário que estes indivíduos manipulassem os objetos. Por fim, destaca-se que estes indivíduos eram crônicos com cerca de 34 meses pós-AVC, indicando que tais alterações são persistentes.

### *4.5.1 A utilidade funcional dos objetos não modifica as estratégias de movimento e a ativação muscular dos membros superiores de indivíduos hemiparéticos crônicos*

No presente estudo foi observado que durante o alcance, a utilidade funcional dos objetos não interfere nas estratégias de movimento nem na atividade muscular do ombro de ambos membros superiores nos indivíduos pós-AVC crônicos. Estes resultados podem estar relacionados com aspectos como: o tipo e o objetivo final da tarefa realizada, a intenção e os aspectos emocionais ao realizar a tarefa e o ambiente em que a tarefa foi realizada.

Em relação ao tipo de tarefa, Naish e colaboradores (2013) mostraram em indivíduos saudáveis, que o tempo de desaceleração durante o alcance dependia do tipo de

objeto e tarefa que ia ser realizada. Quando a ação foi pegar um objeto para ser colocado na boca dos sujeitos, o tempo de desaceleração foi maior quando este era um elemento comestível, em comparação com uma bola de tênis. Por sua vez, quando a ação foi colocar um objeto em um determinado lugar, o tempo de desaceleração foi maior quando o objeto foi a bola de tênis e não o elemento comestível. Além disso, observaram que durante esta tarefa a ativação muscular do flexor digital superficial era menor em comparação a tarefa de transportar o objeto até a boca. Estes resultados confirmam o fato que a cinemática do alcance e inclusive a ativação muscular da mão é influenciada desde o início da execução pelo objetivo final da ação e pela a utilidade dos objetos.

Entretanto, cabe ressaltar que o presente estudo não avaliou o uso de objetos funcionais durante o alcance, pois estes não foram manipulados, e sim teve como objetivo avaliar as estratégias de movimento e a ativação muscular diante estímulos com e sem funcionalidade interferindo na motivação para a execução do movimento.

Segundo Fogassi e colaboradores (2005) comportamentos apetitivos podem interferir nas respostas motoras. O desejo de comer ou beber água leva a modulação hemodinâmica não só nos circuitos neurais envolvidos na motivação, mas também, nas regiões que compõem o sistema dos neurônios espelho. Este conjunto de neurônios espelho participa na determinação do objetivo motor, discriminando os repertórios motores semelhantes para atingir a meta. Dependendo do ato motor que vai ser realizado, o indivíduo terá uma representação interna das possíveis estratégias de movimentos que podem ser consideradas para o ato moto acontecer.

No entanto, tipicamente a comida é alcançada para ser comida, assim, devido à relação entre o objeto e o ato motor ou à associação ação-alimento, a resposta motora que seria desencadeada no movimento de levar o copo de água à boca estaria mais relacionado com uma tarefa funcional que dependerá da utilidade do objeto. Trabalhos futuros devem considerar formas de avaliação que contemplem tais ações em indivíduos com déficits de manipulação. O uso de alças, velcros ou dispositivos magnéticos pode auxiliar na tarefa de levar o objeto à boca.

Além do tipo de tarefa que foi avaliada durante o presente estudo, também deve ser considerado o contexto no qual a tarefa foi realizada. Segundo estudos sobre comportamento locomotor, conexões entre os gânglios basais, o sistema límbico, o

mesencéfalo, o prosencéfalo e o córtex cerebral podem provocar uma variedade de comportamentos motores que vão depender do contexto (Takakusaki, 2008). Capacidades adaptativas são alcançadas através de comportamento motores que dependem de fatores como a intenção do indivíduo e o estado emocional (Takakusaki *et al.*, 2008). É possível supor que fatores como o ambiente artificial do laboratório e a ansiedade dos indivíduos para a realização da avaliação, possam de alguma forma interferir na testagem. Novos estudos deveriam considerar a investigação da utilidade dos objetos após sessões de habituação e em ambientes domiciliares.

Além do mencionado, é possível que as diferenças nas estratégias de movimento e na atividade muscular tenham sido mais notórias, se o estudo tivesse incluído um treino de movimento repetitivos com cada um dos objetos, pois a aquisição de novas habilidades esta relacionado com o reforço de vias preexistentes, as quais dependem da influência do ambiente, das entradas aferentes e das demandas eferentes (Pascual-Leone *et al.*, 2005).

#### *4.5.2 As estratégias de movimento e ativação muscular durante o alcance está alterada bilateralmente em indivíduos hemiparéticos crônicos*

Em concordância com estudos prévios (Lang *et al.*, 2006; Alt Murphy *et al.*, 2011; Stewart *et al.*, 2014b), no presente trabalho foi observado que os indivíduos hemiparéticos crônicos apresentam maior tempo de movimento durante o alcance, menores picos de velocidade e menores valores no índice de retidão, indicando que o movimento destes indivíduos é menos eficiente. Tais alterações podem estar relacionadas com déficits no planejamento antecipatório devido ao pouco uso do membro parético (Stewart *et al.*, 2014a).

Além disso, as alterações sensório-motoras presentes após AVC, como o aumento no tônus muscular, diminuição na amplitude articular, alterações na propriocepção e na capacidade de gerar força no braço parético prejudicam o desempenho do movimento do alcance (Wagner, Lang, *et al.*, 2007). No presente estudo também foi observada uma diminuição na ativação do deltoide anterior, principal agonista do movimento de alcance no plano sagital (Mccrea *et al.*, 2005), e no músculo trapézio superior, o qual está relacionado a rotação superior da escápula durante a flexão do ombro (Phadke *et al.*, 2009).

A redução na ativação de músculos paréticos é atribuída a alterações neuromusculares como perda de unidades motoras (Gowland *et al.*, 1992; Mccrea *et al.*, 2005), mudanças na ordem de recrutamento (Mccrea *et al.*, 2005), alteração na frequência de disparo destas unidades (Chae *et al.*, 2002; Yarosh *et al.*, 2004) e atrasos no início e término da contração muscular (Chae *et al.*, 2002).

Outras alterações que contribuem para a redução da atividade muscular estão relacionadas à diminuição no drive neural dos agonistas, a qual tem sido associada à lesão nos tratos motores descendentes (Ward, 2004). É possível também sugerir que a atrofia muscular, o aumento de tecido conjuntivo e adiposo intramuscular, em decorrência do drive neural alterado e do desuso aprendido (English *et al.*, 2010), poderiam contribuir para a redução da atividade destes músculos.

Em relação à atividade reduzida do músculo trapézio superior observada neste estudo, contrasta-se com os resultados do trabalho de Rueda e colaboradores (2011). Os autores mostraram um aumento na ativação do trapézio durante a atividade de alcançar um copo com água e beber. De caráter descritivo e com poucos indivíduos (n=4), a generalização dos resultados é limitada. Também não é relatada a forma como o sinal eletromiográfico foi processado.

Por outro lado, o observado no músculo trapézio no presente estudo, pode ser explicado pela pequena amplitude de elevação do ombro necessária para a realização da atividade avaliada. Já foi descrito que este músculo é mais exigido durante graus maiores de elevação e abdução do ombro (Phadke *et al.*, 2009). Avila e colaboradores (2013) mostraram que a atividade do músculo trapézio superior, no membro parético, também encontra-se diminuída em indivíduos hemiparéticos crônicos durante uma atividade de abdução do ombro.

Em relação à cinemática, apesar de terem sido observadas diferenças nas variáveis de tempo de movimento, pico de velocidade e índice de retidão entre o grupo de hemiparéticos e os controle, a porcentagem do tempo para o pico de velocidade e a distância percorrida pelo antebraço foi a mesma entre os grupos.

Em relação à porcentagem no tempo de pico, o estudo de Alt Murphy e colaboradores (2011) observaram uma menor porcentagem, indicando que os indivíduos pós-AVC gastam maior tempo na fase de desaceleração devido as alterações no feedback e

no feedforward. No entanto, esta variável foi analisada para toda a atividade de beber um copo d'água, a qual poder levar a diferenças nas estratégias de movimento. Além disso, este estudo considerou indivíduos pós-AVC com diferentes etiologias (hemorrágicas e isquêmicas) e fases (aguda e crônica), sem considerar as características clínicas dos pacientes diante dos tipos de lesão ou os processos de recuperação espontânea que ocorrem ao longo do tempo após um AVC, tornando difícil a interpretação dos achados.

O resultado da distância percorrida do antebraço pode ser relacionado com as novas estratégias encontradas nos indivíduos hemiparéticos crônicos durante o movimento de alcance. Como um exemplo destas estratégias, no presente estudo foi identificado o aumento da ativação dos músculos peitoral maior e bíceps braquial, tanto do MS que realiza o movimento como o MS que permanece em repouso.

É possível interpretar que o aumento na ativação destes músculos, refere-se a uma coativação muscular para que a tarefa seja realizada. A literatura mostra que os padrões de coativação muscular ocorrem por inúmeros motivos, como a perda dos comandos descendentes, a dependência crescente residual das vias descendentes do tronco cerebral (como as projeções reticulospinais e vestibuloespinais), as alterações na excitabilidade interneuronal espinal ou a combinação de vários destes fatores (Dewald *et al.*, 1995).

Além disso, possivelmente a fraqueza muscular do membro parético, evidenciada em prévios estudos (Lang *et al.*, 2013; Scherbakov *et al.*, 2013), exija maior estabilização do complexo escápulo-umeral e no controle postural durante o movimento de alcance, aumentando a ativação de grupos musculares sinergistas em ambos os hemisférios, como o observado no membro não parético nos músculos peitoral maior, bíceps e tríceps braquial permitindo assim a realização da tarefa com o membro parético. Corrobora a esta hipótese o fato de que já foi observado que os indivíduos pós-AVC apresentam no membro parético o ritmo escápulo-umeral reduzido durante a elevação do MS (Rundquist *et al.*, 2012). Tal alteração pode contribuir à necessidade de uma atividade alterada ou exacerbada dos músculos estabilizadores do complexo escápulo-umeral. Como uma outra estratégia compensatória já descrita na literatura em indivíduos hemiparéticos durante o movimento de alcance encontra-se o deslocamento anterior do tronco (Chern *et al.*, 2010; Alt Murphy *et al.*, 2011; Robertson e Roby-Brami, 2011). Não obstante, no presente estudo, os indivíduos hemiparéticos crônicos utilizaram essa estratégia não só durante o alcance

realizado com o membro parético, mas também com o membro não parético, refletindo alterações no desempenho do MS ipsilateral à lesão similares às do MS contralateral.

Dados interessantes foram observados no membro não parético. Menor pico de velocidade e tempo de movimento, bem como menores valores do índice de retidão foram observados durante a fase de transporte do alcance. A lentidão para a realização do movimento pode estar relacionada a menor ativação de músculos agonistas do movimento de flexão do ombro como o deltoide anterior. Por outro lado é possível supor que a fraqueza do membro parético altere a estabilidade proximal do membro não parético, devido as interações biomecânicas da cintura escapular levando à necessidade de um aumento na atividade muscular do peitoral maior, bíceps e tríceps braquial gerando estratégias de movimento menos eficientes durante o alcance.

Outra explicação para a presença destas alterações no membro não parético é porcentagem de fibras do trato corticoespinal (cerca de 5-10%), oriundas do hemisfério lesionado, as quais não decussam no tronco encefálico e que influenciam o hemicorpo ipsilateral à lesão (Sunnerhagen *et al.*, 1999; Borich *et al.*, 2012). Ressalta-se ainda que alterações no processamento central das informações periféricas também podem influenciar na ativação muscular. Um trabalho prévio do nosso grupo mostrou que indivíduos hemiparéticos crônicos possuem déficits proprioceptivos bilaterais (Santos *et al.*, in press). Os autores discutem que alterações em regiões responsáveis pela integração sensorial, como área motora suplementar e cingulada, núcleos da base, tálamo, córtex sensoriomotor primário e cerebelo são ativados bilateralmente durante tarefas proprioceptivas (Callaghan *et al.*, 2012).

Apesar da detecção destas alterações na ativação muscular, o sistema nervoso central possui estratégias para a manutenção da funcionalidade do membro superior não parético. Por exemplo, indivíduos hemiparéticos apresentam níveis de torque, trabalho e potência no membro não parético semelhantes aos normais (Avila *et al.*, 2013). Em concordância com isto, Wagner e colaboradores (2007) sugerem que o maior determinante para o melhor desempenho no alcance é a capacidade de gerar força, além da amplitude de movimento articular, a qual parece estar preservada neste MS. Contudo, tais alterações poderiam refletir em modificações da coordenação e controle fino do movimento. Estudos

futuros também deveriam verificar se tais alterações, ao longo do tempo, poderiam refletir em alterações ortopédicas no MS não parético.

Sobre a fase de retorno do movimento de alcance, é interessante observar que persistem alguns achados encontrados durante o transporte, como a redução da ativação dos músculos deltóide anterior e trapézio superior bilateralmente. Os autores interpretam que este dado poderia interferir no controle excêntrico do movimento, causando movimentos menos delicados e mais abruptos pela ação da gravidade ao retornar os membros superiores a posição inicial. Isto poderia estar relacionado com alterações no pico de velocidade, no entanto, em relação as variáveis cinemáticas, no presente estudo só foi observada diferença significativa no TM, o qual pode estar relacionado com as alterações na seletividade na ativação muscular que levam a geração de estratégias menos eficientes para realizar o movimento. Por exemplo, o aumento da ativação do músculo tríceps braquial no membro parético pode indicar um mecanismo compensatório para realizar a extensão do ombro durante o retorno.

É necessário destacar que a falta da mensuração da atividade de músculos importantes para a fase de retorno, como os músculos deltóide posterior, grande dorsal e também de estabilizadores da escápula limitam a interpretação dos achados. Estudos futuros deveriam considerar a verificação de tais grupamentos musculares.

Em conjunto, os resultados deste estudo trazem uma série de implicações que devem ser consideradas por estudos intervencionais em indivíduos hemiparéticos crônicos, como por exemplo, a inclusão da avaliação do membro não parético e também verificar se as alterações relatadas por este trabalho podem ser revertidas ou modificadas para gerar melhora na função.

#### **4.6 Limitações**

Apesar de inúmeros cuidados metodológicos tomados por este estudo, algumas limitações devem ser apontadas. Destaca-se a falta de análises mais complexas da ativação muscular, como a ordem de recrutamento muscular e análises no domínio da frequência para a complementação dos resultados. Além disso, a realização do alcance sem levar o objeto à boca, deve interferir na intenção final da tarefa e, portanto, no desempenho dos indivíduos. Contudo, a escolha deste movimento teve como mote o início dos programas de reabilitação para membros superiores, em que os pacientes não são capazes de manipular os objetos.

#### **4.7 Conclusões**

Indivíduos hemiparéticos crônicos possuem alterações bilaterais na ativação muscular e nas estratégias do movimento durante o alcance. As estratégias compensatórias geradas por estes sujeitos parecem não ser afetadas pela utilidade funcional dos objetos, em ambientes controlados.

#### **4.8 Agradecimentos**

Apoio financeiro CNPq/PEC-PG e à Profa. Dra. Ana Beatriz Oliveira pelo auxílio no processamento dos dados no software MatLab e a Profa. Dra. Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha pelo uso compartilhado da infra-estrutura do seu laboratório. À aluna de graduação em Fisioterapia Erika Zavaglia Kabbach pela ajuda no pre-processamento dos dados.

#### 4.8 Referencias

ALT MURPHY, M.; WILLEN, C.; SUNNERHAGEN, K. S. Kinematic variables quantifying upper-extremity performance after stroke during reaching and drinking from a glass. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 25, n. 1, p. 71-80, Jan 2011.

AVILA, M. A. et al. Bilateral impairments of shoulder abduction in chronic hemiparesis: electromyographic patterns and isokinetic muscle performance. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 23, n. 3, p. 712-20, Jun 2013.

BARKER, R. N.; BRAUER, S.; CARSON, R. Training-induced changes in the pattern of triceps to biceps activation during reaching tasks after chronic and severe stroke. **Exp Brain Res**, v. 196, n. 4, p. 483-96, Jul 2009.

BORICH, M. R.; MANG, C.; BOYD, L. A. Both projection and commissural pathways are disrupted in individuals with chronic stroke: investigating microstructural white matter correlates of motor recovery. **BMC Neurosci**, v. 13, p. 107, 2012.

BRUCKI, S. M. et al. [Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil]. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 61, n. 3B, p. 777-81, Sep 2003.

CABRAL, N. L. Epidemiologia e impacto da doença cerebrovascular no Brasil e no mundo. **ComCiência**, n. 109, 2009.

CALLAGHAN, M. J. et al. Effects of patellar taping on brain activity during knee joint proprioception tests using functional magnetic resonance imaging. **Phys Ther**, v. 92, n. 6, p. 821-30, Jun 2012.

CAROD-ARTAL, F. J. et al. Determinants of quality of life in Brazilian stroke survivors. **J Neurol Sci**, v. 284, n. 1-2, p. 63-8, Sep 15 2009.

CARR, J. S., R. **Reabilitação Neurológica: Otimizando o desempenho motor**. São Paulo: 2008.

CHAE, J. et al. Delay in initiation and termination of muscle contraction, motor impairment, and physical disability in upper limb hemiparesis. **Muscle Nerve**, v. 25, n. 4, p. 568-75, Apr 2002.

CHEN, H. C. et al. The beneficial effects of a functional task target on reaching and postural balance in patients with right cerebral vascular accidents. **Motor Control**, v. 12, n. 2, p. 122-35, Apr 2008.

CHENG, Y.; MELTZOFF, A. N.; DECETY, J. Motivation modulates the activity of the human mirror-neuron system. **Cereb Cortex**, v. 17, n. 8, p. 1979-86, Aug 2007.

CHERN, J. S. et al. Dynamic postural control during trunk bending and reaching in healthy adults and stroke patients. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 89, n. 3, p. 186-97, Mar 2010.

CHESTNUT, C.; HAALAND, K. Y. Functional significance of ipsilesional motor deficits after unilateral stroke. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 89, n. 1, p. 62-8, Jan 2008.

DAVIS, J. Z. Task selection and enriched environments: a functional upper extremity training program for stroke survivors. **Top Stroke Rehabil**, v. 13, n. 3, p. 1-11, Summer 2006.

DESROSIERS, J. et al. Performance of the 'unaffected' upper extremity of elderly stroke patients. **Stroke**, v. 27, n. 9, p. 1564-70, Sep 1996.

DEWALD, J. P. et al. Abnormal muscle coactivation patterns during isometric torque generation at the elbow and shoulder in hemiparetic subjects. **Brain**, v. 118 ( Pt 2), p. 495-510, Apr 1995.

ENGLISH, C. et al. Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review. **Int J Stroke**, v. 5, n. 5, p. 395-402, Oct 2010.

FARIA-FORTINI, I. et al. Upper extremity function in stroke subjects: relationships between the international classification of functioning, disability, and health domains. **J Hand Ther**, v. 24, n. 3, p. 257-64; quiz 265, Jul-Sep 2011.

FEIGIN, V. L. et al. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. **Lancet Neurol**, v. 8, n. 4, p. 355-69, Apr 2009.

FOGASSI, L. et al. Parietal lobe: from action organization to intention understanding. **Science**, v. 308, n. 5722, p. 662-7, Apr 29 2005.

FOLSTEIN, M. F.; FOLSTEIN, S. E.; MCHUGH, P. R. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **J Psychiatr Res**, v. 12, n. 3, p. 189-98, Nov 1975.

FREITAS, S. M.; GERA, G.; SCHOLZ, J. P. Timing variability of reach trajectories in left versus right hemisphere stroke. **Brain Res**, v. 1419, p. 19-33, Oct 24 2011.

GARRITANO, C. R. et al. Analysis of the mortality trend due to cerebrovascular accident in Brazil in the XXI century. **Arq Bras Cardiol**, v. 98, n. 6, p. 519-27, Jun 2012.

GENTILUCCI, M. Object motor representation and reaching-grasping control. **Neuropsychologia**, v. 40, n. 8, p. 1139-53, 2002.

GOWLAND, C. et al. Agonist and antagonist activity during voluntary upper-limb movement in patients with stroke. **Phys Ther**, v. 72, n. 9, p. 624-33, Sep 1992.

HARDWICK, D. D.; LANG, C. E. Scapular and humeral movement patterns of people with stroke during range-of-motion exercises. **J Neurol Phys Ther**, v. 35, n. 1, p. 18-25, Mar 2011.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 5, p. 361-74, Oct 2000.

JENSEN, C.; VASSELJEN, O.; WESTGAARD, R. H. The influence of electrode position on bipolar surface electromyogram recordings of the upper trapezius muscle. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 67, n. 3, p. 266-73, 1993.

KWAKKEL, G. Impact of intensity of practice after stroke: issues for consideration. **Disabil Rehabil**, v. 28, n. 13-14, p. 823-30, Jul 15-30 2006.

LACQUANITI, F.; SOECHTING, J. F. EMG responses to load perturbations of the upper limb: effect of dynamic coupling between shoulder and elbow motion. **Exp Brain Res**, v. 61, n. 3, p. 482-96, 1986.

LAI, S. M. et al. Persisting consequences of stroke measured by the Stroke Impact Scale. **Stroke**, v. 33, n. 7, p. 1840-4, Jul 2002.

LANG, C. E. et al. Assessment of upper extremity impairment, function, and activity after stroke: foundations for clinical decision making. **J Hand Ther**, v. 26, n. 2, p. 104-14;quiz 115, Apr-Jun 2013.

LANG, C. E. et al. Recovery of grasp versus reach in people with hemiparesis poststroke. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 20, n. 4, p. 444-54, Dec 2006.

LANGHORNE, P.; COUPAR, F.; POLLOCK, A. Motor recovery after stroke: a systematic review. **Lancet Neurol**, v. 8, n. 8, p. 741-54, Aug 2009.

LAVADOS, P. M. et al. Stroke epidemiology, prevention, and management strategies at a regional level: Latin America and the Caribbean. **Lancet Neurol**, v. 6, n. 4, p. 362-72, Apr 2007.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios? - Conceitos Fundamentais de Neurociência**. Rio de Janeiro: 2010.

LIN, K. C. et al. Effects of object use on reaching and postural balance: a comparison of patients with unilateral stroke and healthy controls. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 86, n. 10, p. 791-9, Oct 2007.

LIU, W.; WHITALL, J.; KEPPLER, T. M. Multi-joint coordination of functional arm reaching: induced position analysis. **J Appl Biomech**, v. 29, n. 2, p. 235-40, Apr 2013.

LOTUFO, P. A. Stroke in Brazil: a neglected disease. **Sao Paulo Med J**, v. 123, n. 1, p. 3-4, Jan 2 2005.

MAKI, T. Q., E.M.A.; CANHO, E.W.A.; PAZ, L.P.S.; NASCIMENTO, N.H.; INOUE, M.M.E.; VIANA, M. A. Estudo de confiabilidade da aplicação da escala de Fugl-Meyer no Brasil. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, n. 2, 2006.

MASSIE, C. L. et al. Kinematic motion analysis and muscle activation patterns of continuous reaching in survivors of stroke. **J Mot Behav**, v. 44, n. 3, p. 213-22, 2012.

MATHIASSEN, S. E. Diversity and variation in biomechanical exposure: what is it, and why would we like to know? **Appl Ergon**, v. 37, n. 4, p. 419-27, Jul 2006.

MCCLURE, P. W. et al. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. **J Shoulder Elbow Surg**, v. 10, n. 3, p. 269-77, May-Jun 2001.

MCCREA, P. H.; ENG, J. J.; HODGSON, A. J. Time and magnitude of torque generation is impaired in both arms following stroke. **Muscle Nerve**, v. 28, n. 1, p. 46-53, Jul 2003.

\_\_\_\_\_. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies after stroke. **J Neurophysiol**, v. 94, n. 5, p. 2999-3008, Nov 2005.

MESSIER, S. et al. Kinematic analysis of upper limbs and trunk movement during bilateral movement after stroke. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 87, n. 11, p. 1463-70, Nov 2006.

**Ministerio de Saúde Brasileiro.** Portaria nº 1.161/GM de 7 de Julho de 2005. .

NAISH, K. R. et al. To eat or not to eat? Kinematics and muscle activity of reach-to-grasp movements are influenced by the action goal, but observers do not detect these differences. **Exp Brain Res**, v. 225, n. 2, p. 261-75, Mar 2013.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, n. 1, p. 97-113, Mar 1971.

**OMS. The International Agenda for Stroke. World Health Organization**  
2011

PAGE, S. J. Intensity versus task-specificity after stroke: how important is intensity? **Am J Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 9, p. 730-2, Sep 2003.

PARK, K. M. et al. Effect of isometric horizontal abduction on pectoralis major and serratus anterior EMG activity during three exercises in subjects with scapular winging. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 23, n. 2, p. 462-8, Apr 2013.

PASCUAL-LEONE, A. et al. The plastic human brain cortex. **Annu Rev Neurosci**, v. 28, p. 377-401, 2005.

PATTEN, C.; LEXELL, J.; BROWN, H. E. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy. **J Rehabil Res Dev**, v. 41, n. 3A, p. 293-312, May 2004.

PHADKE, V.; CAMARGO, P.; LUDEWIG, P. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. **Rev Bras Fisioter**, v. 13, n. 1, p. 1-9, Feb 1 2009.

RIBERTO, M. M., M.; JUCA S.; SAKAMOTO, H.; PONTO, P.P; BATISTELLA, L. R. Validação da Versão Brasileira da Medida de Independência Funcional. **Acta de Fisiatra** v. 11, n. 2, p. 72-76, 2004.

ROBERTSON, J. V.; ROBY-BRAMI, A. The trunk as a part of the kinematic chain for reaching movements in healthy subjects and hemiparetic patients. **Brain Res**, v. 1382, p. 137-46, Mar 25 2011.

RUEDA, F. et al. [Movement analysis of upper extremity hemiparesis in patients with cerebrovascular disease: a pilot study]. **Neurologia**, v. 27, n. 6, p. 343-7, Jul-Aug 2012.

RUNDQUIST, P. J. et al. Three-dimensional shoulder complex kinematics in individuals with upper extremity impairment from chronic stroke. **Disabil Rehabil**, v. 34, n. 5, p. 402-7, 2012.

SACCO, R. L. et al. An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. **Stroke**, v. 44, n. 7, p. 2064-89, Jul 2013.

SANTOS, G. et al. Joint position sense is bilaterally reduced for shoulder abduction and flexion in chronic hemiparetic individuals. **Topic of Stroke Rehabilitation**, v. in press,

SCHAECHTER, J. D. et al. Motor recovery and cortical reorganization after constraint-induced movement therapy in stroke patients: a preliminary study. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 16, n. 4, p. 326-38, Dec 2002.

SCHAEFER, S. Y. et al. Grip type and task goal modify reach-to-grasp performance in post-stroke hemiparesis. **Motor Control**, v. 16, n. 2, p. 245-64, Apr 2012.

SCHERBAKOV, N. et al. Stroke induced Sarcopenia: muscle wasting and disability after stroke. **Int J Cardiol**, v. 170, n. 2, p. 89-94, Dec 10 2013.

SILVA, C. C. et al. Co-activation of upper limb muscles during reaching in post-stroke subjects: an analysis of the contralesional and ipsilesional limbs. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 24, n. 5, p. 731-8, Oct 2014.

STEWART, J. C.; GORDON, J.; WINSTEIN, C. J. Control of reach extent with the paretic and nonparetic arms after unilateral sensorimotor stroke II: planning and adjustments to control movement distance. **Exp Brain Res**, v. 232, n. 11, p. 3431-43, Nov 2014a.

\_\_\_\_\_. Control of reach extent with the paretic and nonparetic arms after unilateral sensorimotor stroke: kinematic differences based on side of brain damage. **Exp Brain Res**, v. 232, n. 7, p. 2407-19, Jul 2014b.

SUBRAMANIAN, S. K. et al. Validity of movement pattern kinematics as measures of arm motor impairment poststroke. **Stroke**, v. 41, n. 10, p. 2303-8, Oct 2010.

SUNNERHAGEN, K. S. et al. Upper motor neuron lesions: their effect on muscle performance and appearance in stroke patients with minor motor impairment. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 80, n. 2, p. 155-61, Feb 1999.

TAKAKUSAKI, K. Forebrain control of locomotor behaviors. **Brain Res Rev**, v. 57, n. 1, p. 192-8, Jan 2008.

TAKAKUSAKI, K.; TOMITA, N.; YANO, M. Substrates for normal gait and pathophysiology of gait disturbances with respect to the basal ganglia dysfunction. **J Neurol**, v. 255 Suppl 4, p. 19-29, Aug 2008.

THIELMAN, G.; KAMINSKI, T.; GENTILE, A. M. Rehabilitation of reaching after stroke: comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 22, n. 6, p. 697-705, Nov-Dec 2008.

VAN ANDEL, C. J. et al. Complete 3D kinematics of upper extremity functional tasks. **Gait Posture**, v. 27, n. 1, p. 120-7, Jan 2008.

VAN VLIET, P. M.; SHERIDAN, M. R. Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 88, n. 10, p. 1325-31, Oct 2007.

VAN VLIET, P. M. S., M.R. Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 88, n. 10, p. 1325-1331, 2007.

WAGNER, J. M. et al. Upper extremity muscle activation during recovery of reaching in subjects with post-stroke hemiparesis. **Clin Neurophysiol**, v. 118, n. 1, p. 164-76, Jan 2007.

WAGNER, J. M. et al. Sensorimotor impairments and reaching performance in subjects with poststroke hemiparesis during the first few months of recovery. **Phys Ther**, v. 87, n. 6, p. 751-65, Jun 2007.

WAGNER, J. M.; RHODES, J. A.; PATTEN, C. Reproducibility and minimal detectable change of three-dimensional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke. **Phys Ther**, v. 88, n. 5, p. 652-63, May 2008.

WARD, N. S. Functional reorganization of the cerebral motor system after stroke. **Curr Opin Neurol**, v. 17, n. 6, p. 725-30, Dec 2004.

WILK, K. E.; ANDREWS, J. R.; ARRIGO, C. A. The physical examination of the glenohumeral joint: emphasis on the stabilizing structures. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 25, n. 6, p. 380-9, Jun 1997.

WU, C. et al. Effects of object affordances on reaching performance in persons with and without cerebrovascular accident. **Am J Occup Ther**, v. 52, n. 6, p. 447-56, Jun 1998.

\_\_\_\_\_. A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke: influences of object availability. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 81, n. 1, p. 95-101, Jan 2000.

YAROSH, C. A.; HOFFMAN, D. S.; STRICK, P. L. Deficits in movements of the wrist ipsilateral to a stroke in hemiparetic subjects. **J Neurophysiol**, v. 92, n. 6, p. 3276-85, Dec 2004.

ZACKOWSKI, K. M. et al. How do strength, sensation, spasticity and joint individuation relate to the reaching deficits of people with chronic hemiparesis? **Brain**, v. 127, n. Pt 5, p. 1035-46, May 2004.

## 5. PRODUÇÃO DURANTE O PERÍODO LETIVO

Dentre as produções realizadas durante o período letivo, como parte do processo de aprendizado encontram-se:

- Artigo publicado – Qualis A1 Educação Física  
 SALAZAR, L.F.G; SANTOS, G.L; PAVÃO, S.L; ROCHA, N.A; RUSSO, T.L. Intrinsic properties and functional changes in spastic muscle after application of BTX-A in children with cerebral palsy: Systematic review. *Developmental Neurorehabilitation*, v. 1, p. 1-14, 2014.
- Artigos aceitos para publicação – Qualis A1 Educação Física  
 SANTOS, G.L; SALAZAR, L. F. G.; LAZARI, A. C.; RUSSO, T. L. . Joint position sense is bilaterally reduced for shoulder abduction and flexion in chronic hemiparetic individuals. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2014.
- Participação em projetos de extensão  
*Grupo terapêutico para indivíduos hemiparéticos crônicos*  
 O objetivo do grupo foi proporcionar outras modalidades terapêuticas para os indivíduos hemiparéticos crônicos, promovendo a independência e a realização de atividade física nesta população.
- Participação em bancas de conclusão de curso de graduação  
 RUSSO, T. L.; ALCANTARA, C. C.; **SALAZAR, L. F. G.**. Participação em banca de Ana Carolina Lazzarin..Avaliação do controle sensório-motor integrado e da propriocepção do ombro de indivíduos hemiparéticos crônicos.. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos.  
  
 RUSSO, T. L.; **SALAZAR, L. F. G.**; SILVA, M. A. Participação em banca de Erika Zavaglia Kabbach.Análise e comparação das estratégias do tronco durante o movimento de alcance em indivíduos hemiparéticos crônicos. 2013. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos.

SALVINI, T. F.; LIXANDRAO, M. C.; **SALAZAR, L. F. G.**. Participação em banca de Caroline Evelin Neves Scarpa. Análise da cinemática 3D da escápula durante a elevação do braço em hemiparéticos crônicos e grupo controle. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos.

- Co-orientações de trabalhos de conclusão de curso de graduação e iniciação científica

Rafaella Ferreira das Neves. Efeito da utilidade funcional dos objetos na ativação muscular durante o movimento de alcance em indivíduos hemiparéticos crônicos. Início: 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos.

Lívia Gaspar Fernandes. Efeito do significado dos objetos nas variáveis cinemáticas do movimento de alcance em indivíduos hemiparéticos crônicos. Início: 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos. Projeto financiado pela FAPESP. Processo nº 2014/06540-0.

- Entrevistas

SALAZAR, L.F.G. Indicação de aplicação de toxina botulínica em crianças com paralisia cerebral e músculo espástico deve ser feita com cautela. 2014. [www.secad.com.br](http://www.secad.com.br)

Foi realizada uma discussão sobre os resultados obtidos no artigo: “ Intrinsic properties and functional changes on spastic muscle after application of BTX-A in children with cerebral palsy: Systematic review”. Além disso foi discutido a utilização da toxina botulínica na reabilitação de crianças com paralisia cerebral. Quais propriedades dessa substância podem atuar na musculatura espástica, possíveis benefícios e complicações.

Ainda, com base na revisão o que foi comprovado e o que ainda carece de maior investigação.

SALAZAR, L.F.G. Assistence with a Project for Spasticity. 2014.  
[www.evidera.com](http://www.evidera.com) [www.linkedin.com/company/evidera](http://www.linkedin.com/company/evidera)

A discussão teve como objetivo compreender o valor e a oportunidade de uma droga que vem sendo desenvolvido para o tratamento da espasticidade, de acordo a estudos científicos realizados sobre o tema.