

---

## Impact of Vision on Static Balance with Proprioceptive Perturbation and on Sit-to-Stand and Stand-to-Sit Actions in Individuals with Visual Impairment and Sighted Individuals

### Impacto da Visão no Equilíbrio Estático com Perturbação Proprioceptiva e nas Ações de Levantar e Sentar em Indivíduos com Deficiência Visual e Videntes

Received: 05-08-2024 | Accepted: 10-09-2024 | Published: 14-09-2024

---

#### **Roberta Carneiro de Toledo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-8158>

Universidade Evangélica de Goiás, Brasil

E-mail: robertatoledofisio@gmail.com

#### **Deborah Carvalho da Silva Cardoso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8783-593X>

Universidade Evangélica de Goiás, Brasil

E-mail: deboraheducfisio@gmail.com

#### **Rodolfo Borges Parreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2597-1172>

Universidade Evangélica de Goiás, Brasil

E-mail: dolfo23@yahoo.com

#### **Claudia Santos Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1501-278X>

Universidade Evangélica de Goiás, Brasil

E-mail: csantos.neuri@gmail.com

---

### ABSTRACT

This study aimed to investigate the impact of visual impairment on functional mobility variables and static balance under proprioceptive disturbance in visually impaired (VI) and sighted individuals (SVI). Three groups participated in the study: visually impaired adults, visually impaired children, and sighted children. The anthropometric characteristics of the participants were recorded. Functional mobility variables were assessed using the Timed Up and Go (TUG) test, while Center of Pressure (COP) variables were measured under sensory interference conditions (eyes open/closed and firm ground/foam). Data normality was verified by the Shapiro-Wilk test. Statistical analyses included one-way analysis of variance between groups and mixed analysis of variance between subjects. The results indicated that both visually impaired children and adults presented greater difficulties in functional mobility tasks compared to sighted children. Specifically, blind children had longer times to complete the TUG, slower vertical velocity to stand, and smaller trunk flexion amplitude compared to sighted children and blind adults. Mixed variance analysis revealed that sensory interferences (eyes open/closed and firm ground/foam) significantly affected COP variables between groups. The study confirms the importance of adaptive strategies and rehabilitative interventions to improve mobility and postural stability in children with visual impairment. Evidence supports the need for specific approaches to compensate for the lack of vision, promoting a better quality of life for these individuals.

**Keywords:** Visual Impairment<sup>1</sup>; Functional Mobility<sup>2</sup>; Postural Stability<sup>3</sup>; Physical Performance Tests<sup>4</sup>; Somatosensory<sup>5</sup>.

---

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo investigar o impacto da ausência de visão nas variáveis de mobilidade funcional e no equilíbrio estático sob perturbação proprioceptiva em indivíduos com deficiência visual (DV) e indivíduos videntes (VD). Participaram do estudo três grupos: adultos com deficiência visual, crianças com deficiência visual e crianças videntes. As características antropométricas dos participantes foram registradas. As variáveis de mobilidade funcional foram avaliadas por meio do teste Timed Up and Go (TUG), enquanto as variáveis do Centro de Pressão (COP) foram medidas em condições de interferências sensoriais (olho aberto/fechado e solo firme/espuma). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As análises estatísticas incluíram uma análise de variância de um fator entre os grupos e uma análise de variância mista entre os sujeitos. Os resultados indicaram que tanto crianças quanto adultos com deficiência visual apresentaram maiores dificuldades nas tarefas de mobilidade funcional em comparação com crianças videntes. Especificamente, crianças cegas tiveram tempos maiores para completar o TUG, menor velocidade vertical ao levantar-se e menor amplitude de flexão do tronco em comparação com crianças videntes e adultos cegos. A análise de variância mista revelou que as interferências sensoriais (olho aberto/fechado e solo firme/espuma) afetaram significativamente as variáveis do COP entre os grupos. O estudo confirma a importância de estratégias adaptativas e intervenções reabilitativas para aprimorar a mobilidade e a estabilidade postural em crianças com deficiência visual. As evidências suportam a necessidade de abordagens específicas para compensar a ausência de visão, promovendo melhor qualidade de vida para esses indivíduos.

**Palavras-chave:** Deficiência Visual<sup>1</sup>; Mobilidade Funcional<sup>2</sup>; Estabilidade Postural<sup>3</sup>; Testes de Desempenho Físico<sup>4</sup>; Somatossensorial<sup>5</sup>.

---

## INTRODUÇÃO

A deficiência visual é um grave problema de saúde pública que afeta milhões de pessoas ao redor do mundo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 285 milhões de indivíduos têm a visão comprometida (DAMIANOVA; KODJEBACHEVA, 2009; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023). Essa condição não apenas prejudica a capacidade visual, mas também impacta diversos aspectos da vida cotidiana, incluindo o estado funcional e a qualidade de vida das pessoas afetadas. Para crianças com deficiência visual, intervenções de reabilitação são essenciais para garantir um desenvolvimento psicológico e pessoal adequado (PASCOLINI; MARIOTTI, 2012; FINKOVA; JOKLIKOVA, 2014).

O sistema visual desempenha um papel crucial na manutenção do equilíbrio e na orientação postural. Indivíduos cegos enfrentam desafios significativos ao realizar movimentos básicos, como sentar e levantar, devido à ausência do feedback visual necessário para a coordenação e equilíbrio. Sem a visão, essas pessoas dependem mais de outros sistemas sensoriais, como o somatossensorial e o vestibular, que podem ser menos eficazes, aumentando o risco de instabilidade e quedas (PAI; ROGERS, 1990; BAER; ASHBURN, 1995). A dificuldade em antecipar e ajustar o centro de massa (COM) durante esses movimentos torna o processo mais desafiador e requer maior esforço físico e mental. Embora ambientes adaptados possam ajudar a minimizar riscos, a variabilidade dos ambientes continua sendo um desafio significativo para a estabilidade postural (DOORENBOSCH et al., 1994; HUGHES et al., 1994; GROSS et al., 1998).

A capacidade de realizar movimentos fundamentais, como levantar-se e sentar-se, é essencial para a independência funcional e a qualidade de vida, particularmente em crianças cegas. Esses movimentos, que exigem torques articulares relativamente altos e controle preciso do equilíbrio, têm um impacto direto nas atividades diárias e no desenvolvimento motor (DOORENBOSCH et al., 1994). Durante o processo de sentar e levantar, o corpo frequentemente assume uma posição instável, com o COM posicionado atrás dos calcanhares e fora da base de apoio (GROSS et al., 1998). O controle do momento horizontal do COM é vital para completar o movimento com sucesso. A estratégia de transferência de impulso, que envolve a geração de impulso para manter o COM dentro da base de apoio, é crucial para evitar desequilíbrios (PAI et al., 1994; GROSS et al., 1998).

O Centro de Pressão (COP), definido como o ponto no plano que representa a origem do vetor da força de reação do solo em um corpo, é uma ferramenta importante para avaliar o equilíbrio. O COP pode ser medido por diferentes métodos, como palmilhas, plataformas de pressão e plataformas de força. Em uma posição ortostática "completamente imóvel", o COP está no solo, mas pode variar significativamente (WINTER, 1995). Duarte e Freitas (2010) afirmam que mesmo na tentativa de manter uma postura ereta estática, ocorrem oscilações involuntárias. Portanto, o termo "postura ereta estática" é tecnicamente impreciso; a expressão "postura ereta semi-estática" é mais adequada e pode ser utilizada para avaliar o equilíbrio de maneira mais precisa.

Pessoas cegas podem apresentar um COP mais variável e menos estável em comparação com indivíduos sighted, devido à ausência de informações visuais essenciais para a manutenção do equilíbrio. Essas pessoas tendem a utilizar estratégias compensatórias, aumentando a dependência de outros sentidos, como o tato e a audição, para ajustar a postura e o equilíbrio. Essas adaptações podem alterar o padrão e a amplitude da oscilação do COP. Em situações dinâmicas ou desafiadoras, como perturbações de equilíbrio, o comportamento do COP em pessoas cegas pode refletir essas estratégias compensatórias, demonstrando como a ausência de visão altera o controle postural (REYNOLDS; GENNARO, 2010; COPPENS et al., 2011; WANG; ZHANG; YAO, 2014; BAIR; KLINE; DUFEK, 2016).

Dada a importância dos movimentos básicos para a independência funcional e a qualidade de vida, especialmente para crianças cegas, é fundamental compreender as adaptações motoras e as estratégias usadas para superar as limitações impostas pela deficiência visual. Este estudo visa investigar o impacto da ausência de visão nos parâmetros de mobilidade funcional, especificamente no movimento de levantar e sentar, em crianças cegas, videntes e adultos. A pesquisa pretende identificar diferenças significativas na aceleração, amplitude dos movimentos e estabilidade postural entre esses grupos, contribuindo para uma compreensão mais profunda das estratégias motoras adaptativas e para o desenvolvimento de intervenções reabilitativas mais eficazes.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo transversal realizado com crianças de 6 a 10 anos com deficiência visual moderada. O estudo segue as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa com Seres Humanos, estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, conforme a Resolução 466 de 2012. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Evangélica de Anápolis (UniEVANGÉLICA), Anápolis, GO (número do CAAE: 4610052.6.0000.5076).

A amostra foi selecionada por conveniência e composta por crianças e adultos com deficiência visual total ou parcial, encaminhados por profissionais do Centro Municipal de Atendimento à Diversidade (CEMAD) e do Hospital Oftalmológico de Anápolis (HOA). Além disso, crianças videntes foram incluídas no estudo, convidadas a participar por meio de convite formal enviado por canais eletrônicos. Os critérios de inclusão foram: crianças e adultos com deficiência visual (total ou parcial), capacidade de entendimento e colaboração, e consentimento dos responsáveis por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participantes menores de idade. Os critérios de exclusão incluíram: procedimentos cirúrgicos nos últimos 12 meses, deformidades ortopédicas estruturadas, epilepsia não controlada, implantes metálicos no cérebro ou aparelhos auditivos, patologias neurológicas associadas ou marcapasso cardíaco.

O protocolo de avaliação incluiu a triagem dos participantes no Laboratório de Análise do Movimento Humano (LAAMH) da UniEVANGÉLICA, conduzida por uma fisioterapeuta experiente e auxiliares para evitar viés. A mobilidade foi avaliada utilizando o sensor inercial G-sensor, da BTS Bioengenharia. O teste Timed Up and Go (TUG) mede a mobilidade funcional, cronometrando o tempo necessário para levantar-se de uma cadeira, caminhar 3 metros, virar, retornar e sentar-se novamente. Quanto maior o tempo, maior o comprometimento da mobilidade funcional (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991).

### **Avaliação da mobilidade funcional por meio do teste Timed Up and Go (TUG)**

A avaliação da mobilidade será realizada utilizando o sensor inercial G-sensor, da BTS Bioengenharia, que é amplamente utilizado para avaliar a mobilidade funcional. O teste quantifica em segundos o tempo que o indivíduo leva para realizar a tarefa, ou seja, para se levantar de uma cadeira padronizada sem apoio e braços, caminhar três metros, virar, retornar à cadeira e sentar-se novamente (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991). Os sujeitos serão instruídos a realizar o teste em uma velocidade auto-selecionada

e de forma segura. O teste será realizado três vezes, sendo a primeira para familiarização e o melhor tempo será selecionado.

O TUG será realizado juntamente com um sensor inercial (G-sensor) portátil com sistema wireless para análise do movimento humano. Os sensores são controlados por uma unidade de registro de dados (até 16 elementos) por comunicação de rádio do tipo ZigBee. Cada sensor possui dimensões de 62 mm × 36 mm × 16 mm, pesa 60 g, e é composto por um acelerômetro de três eixos (escala máxima de  $\pm 6g$ ), um giroscópio de três eixos (escala completa  $\pm 300^\circ/s$ ) e um magnetômetro de três eixos (escala completa  $\pm 6$  Gauss). Este dispositivo é calibrado com a aceleração da gravidade imediatamente após a fabricação. Os dados do sensor inercial serão transmitidos via Bluetooth para um computador e processados usando software próprio (BTS G-STUDIO, versão 2.6.12.0), que fornece automaticamente os parâmetros (GALLI et al., 2015). O sensor será acoplado por meio de um cinto na região da segunda vértebra lombar do paciente. Para este estudo, serão incluídas somente as informações referentes ao movimento de sentar e levantar obtidas através do TUG.

**Figura 1 - G-sensor, BTS Bioengenharia.**



Fonte: Manual da BTS Bioengenharia.

### **Avaliação do controle do equilíbrio com perturbação proprioceptiva**

Para avaliar o equilíbrio estático com perturbação proprioceptiva será utilizado o Sistema SMART-D 140® (BTS Engineering) contendo duas plataformas de força Kistler Platform model 9286BA. A frequência de aquisição da plataforma será de 100 Hz, capturado por quatro sensores piezoelétricos posicionados nas extremidades da plataforma de força medindo 400/600 mm. Os dados serão gravados e interpretados por um software (SWAY; BTS 161 Engineering), integrado e sincronizado ao SMART-D 140® system. Os participantes foram instruídos a ficarem numa posição em pé, o mais parado possível, com os braços pendentes ao longo do corpo e com a cabeça mantida na

posição vertical. Medidas de 45 segundos do deslocamento do COP nos eixos X (ântero-posterior) e Y (médio-lateral) e COP-GOG, foram tomadas nas condições de olhos abertos e olhos fechados, com e sem perturbação propioceptiva durante 30 segundos. Para fornecer a perturbação propioceptiva, foi utilizada uma espuma de densidade média e altura de 10 cm, posicionada sob os pés dos participantes durante a realização dos testes. Este método foi escolhido para desafiar o sistema somatossensorial e avaliar a capacidade dos indivíduos de manter o equilíbrio em uma superfície instável.

Para a análise estatística, a distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Com a confirmação de distribuição normal, os dados foram apresentados em média e desvio padrão. Uma análise de variância de um fator (ANOVA) entre os grupos foi realizada para explorar o impacto da visão sobre os parâmetros de levantar e sentar por meio do teste TUG. Além disso, uma análise de variância mista entre os sujeitos (*mixed between-within subjects analysis of variance*) foi conduzida para avaliar o impacto das interferências sensoriais (olho aberto/fechado e sob solo firme/espuma) sobre as variáveis do COP entre os três grupos de participantes. As análises foram rodadas com o programa estatístico SPSS v. 19 (IBM) e assumindo um valor de  $p < 0,05$  como significância estatística.

## RESULTADOS

A amostra foi composta por dez crianças cegas, nove crianças videntes e nove adultos cegos. O estudo analisou as características antropométricas de três grupos: adultos com deficiência visual (DV), crianças com deficiência visual (DV) e crianças videntes (VD). Os adultos DV tinham uma média de idade de 48,3 anos (DP = 12), enquanto as crianças DV tinham uma média de 12,4 anos (DP = 2,11) e as crianças VD tinham uma média de 11 anos (DP = 2,39). A média de peso dos adultos DV foi de 71,4 kg (DP = 14), das crianças DV foi de 39,4 kg (DP = 2,70), e das crianças VD foi de 45 kg (DP = 3,8). A altura média dos adultos DV foi de 1,65 m (DP = 1,1), das crianças DV foi de 1,32 m (DP = 1,80), e das crianças VD foi de 1,43 m, descritas na Tabela 1.

Para explorar o impacto da visão sobre a mobilidade funcional em crianças, utilizamos um teste de análise de variância comparando os resultados do teste *Timed Up and Go* (TUG) entre os três grupos, descritos na Tabela 2.

**Tabela 1:** Características Antropométricas dos Participantes.

	Adultos DV		Crianças DV		Crianças VD	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>Idade (anos)</b>	48,3	12	12,4	2,11	11	2,39
<b>Peso (kg)</b>	71,4	14	39,4	2,70	45	3,8
<b>Altura (m)</b>	1,65	1,1	1,32	1,80	1,43	5,8

Legenda: A tabela apresenta as médias e os desvios padrão (DP) das características antropométricas dos três grupos de participantes: adultos com deficiência visual, crianças com deficiência visual e crianças videntes; DV – deficientes visuais; VD – videntes. As características analisadas incluem idade (anos), peso (kg) e altura (cm).

**Tabela 2:** Comparação dos parâmetros de sentar e levantar entre os grupos durante a realização do teste TUG.

	Cegos infantis	Videntes infantis	Cegos adultos	valor de P
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	
<b>Duração da análise</b>	15,77 ( $\pm 7$ )	10,14 ( $\pm 2,5$ )	26,2 ( $\pm 7,9$ )	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Sentado/levantar</b>	1,37 ( $\pm 0,24$ )	1,29 ( $\pm 0,33$ )	1,57 ( $\pm 0,15$ )	<b>0,08</b>
<b>Sentado/levantar velocidade vertical</b>	1,78 ( $\pm 0,69$ )	2,63 ( $\pm 1,2$ )	2,95 ( $\pm 0,94$ )	<b>0,03</b>
<b>Sentado/levantar velocidade ML</b>	1,48 ( $\pm 1,3$ )	1,99 ( $\pm 0,89$ )	1,04 ( $\pm 0,35$ )	<b>0,07</b>
<b>Sentado/levantar velocidade AP</b>	1,81 ( $\pm 0,63$ )	2,42 ( $\pm 0,85$ )	4,35 ( $\pm 4$ )	> 0,05
<b>Sentado/levantar Amplitude extensão</b>	29,29 ( $\pm 8$ )	32,19 ( $\pm 5,2$ )	36,3 ( $\pm 7,8$ )	> 0,05
<b>Sentado/levantar Amplitude flexão</b>	36,34 ( $\pm 7$ )	48,5 ( $\pm 7,5$ )	40,42 ( $\pm 9,8$ )	<b>0,01</b>
<b>Em pé para sentar</b>	1,53 ( $\pm 0,65$ )	0,91 ( $\pm 0,45$ )	1,93 ( $\pm 0,32$ )	<b>0,001</b>
<b>Em pé para sentar velocidade vertical</b>	3,86 ( $\pm 2,8$ )	6,05 ( $\pm 3,83$ )	3,76 ( $\pm 2,6$ )	> 0,05
<b>Em pé para sentar velocidade ML</b>	1,88 ( $\pm 0,76$ )	2,8 ( $\pm 1,6$ )	1,87 ( $\pm 1,4$ )	> 0,05
<b>Em pé para sentar velocidade AP</b>	3,26 ( $\pm 1,75$ )	5,47 ( $\pm 3,8$ )	3,18 ( $\pm 0,74$ )	> 0,05

<b>Em pé para sentar amplitude extensão</b>	35,05 ( $\pm 10$ )	38,23 ( $\pm 6,2$ )	39,95 ( $\pm 7,7$ )	> 0,05
<b>Em pé para sentar amplitude flexão</b>	33,9 ( $\pm 12$ )	31,84 ( $\pm 15$ )	40,61 ( $\pm 13,3$ )	> 0,05

Legenda: A tabela apresenta as médias e os desvios padrão (DP) dos participantes três grupos de participantes: adultos com deficiência visual, crianças com deficiência visual e crianças videntes; DV – deficientes visuais; VD – videntes; ML – médio-lateral; AP – anteroposterior. Valor de significância –  $p < 0,05$ .

Os resultados mostraram que, em geral, os adultos cegos levaram mais tempo para completar o teste TUG do que as crianças cegas, que, por sua vez, levaram mais tempo que as crianças videntes, com um efeito de tamanho considerável ( $r = 0.6$ ). É interessante notar que a maioria das diferenças entre os grupos ocorreu no início do teste, especificamente na sub-fase de levantar-se. Na sub-fase de sentado para levantar, os adultos cegos levaram mais tempo que as crianças videntes ( $r = 4$ ). As crianças cegas não mostraram diferença significativa em comparação com as crianças videntes e os adultos cegos, mas apresentaram uma maior velocidade vertical ao levantar-se em comparação com os adultos cegos ( $r = 0.2$ ). A velocidade de deslocamento médio-lateral (ML) ao levantar-se foi estatisticamente menor nos adultos cegos do que nas crianças videntes ( $p < 0,05$ ), mas não houve diferença significativa em comparação com as crianças cegas ( $p < 0,05$ ). As crianças cegas também não apresentaram diferenças significativas em comparação com as crianças videntes ( $p > 0,05$ ) ( $r = 0.2$ ). Observamos que as crianças cegas realizam o movimento de levantar-se com uma menor amplitude de flexão do tronco do que as crianças videntes e os adultos cegos ( $r = 0.3$ ). A sub-fase final do teste é quando os sujeitos se sentam novamente. Os adultos cegos foram mais rápidos em comparação com as crianças, independentemente da condição visual ( $r = 4$ ).

Houve uma diferença estatisticamente significativa na aceleração vertical no movimento de levantar [ $F_{(2, 25)} = 3.834$ ;  $p = 0.03$ ], na amplitude de flexão do tronco ao se levantar [ $F_{(2, 25)} = 5.357$ ;  $p = 0.01$ ], no tempo que levam para passar da posição em pé para sentado [ $F_{(2, 25)} = 9.404$ ;  $p = 0.001$ ] e na aceleração vertical no momento de sentar [ $F_{(2, 25)} = 3.35$ ;  $p = 0.05$ ]. O tamanho do efeito, calculado usando esta ao quadrado, foi menor que 0.42, sendo um efeito pequeno. Nas comparações post-hoc utilizando o teste Tukey HSD

indicaram haver diferença média na aceleração vertical para ficar em pé entre os adultos as crianças cegas ( $M = 1,174\text{cm/s}^2$ ,  $EP = .44$ ;  $95\%IC = .07 - 2.27$ ). A amplitude de flexão do tronco durante o movimento de levantar os cegos tiveram uma diferença de  $-12,16^\circ$  ( $EP = 3.7$ ;  $95\%IC = -21,52 - -2.8$ ) em comparação com os videntes. Já no movimento de em pé para sentar os videntes tiveram uma diferença na velocidade do movimento de  $-0.61$  em relação aos cegos ( $EP = 0.23$ ;  $95\%IC = -1,19 - -0.04$ ) e diferença de  $-1,02$  em comparação com os adultos ( $EP = 0.23$ ;  $95\%IC = -1,61 - -0,43$ ) e a velocidade vertical no movimento de sentar os cegos tiveram uma diferença de  $-0,3$  ( $EP = 0.11$ ;  $95\%IC = -0.6 - 0.002$ ) em comparação aos videntes.

A Tabela 3 mostra os resultados da análise de variância mista para as variáveis do COP (olhos abertos e olhos fechados) com e sem perturbação proprioceptiva entre os três grupos. Foi possível observar que não houve uma interação significativa entre as condições e os grupos para todas as variáveis do COP analisadas (M/L: Wilk's lambda = .71,  $F(6, 44) = 1.36$ ,  $p = .25$ ,  $r = .15$ ; A/P: Wilk's lambda = .81,  $F(6, 42) = .75$ ,  $p = .6$ ,  $r = .09$ ; Vel: Wilk's lambda = .89,  $F(3, 44) = 1.23$ ,  $p = .09$ ,  $r = .21$ ), assim como, não houve diferença para as condições (M/L: Wilk's lambda = .78,  $F(3, 22) = 1.96$ ,  $p = .14$ ,  $r = .21$ ; A/P: Wilk's lambda = .91,  $F(3, 21) = .66$ ,  $p = .6$ ,  $r = .08$ ; Vel: Wilk's lambda = .98,  $F(3, 22) = 1.42$ ,  $p = .08$ ,  $r = .28$ ). No entanto, houve uma diferença entre os grupos nas três variáveis do COP analisadas onde os adultos cegos eles oscilam mais tanto nos planos de movimento médio-lateral quanto anteroposterior e com uma maior velocidade de deslocamento do COP em relação as crianças videntes ou cegas ( $p < 0.001$ ) e, interessante notar que entre as crianças, não houve diferença estatística ( $p > 0.05$ ).

**Tabela 3:** Resultados da Análise de Variância Mista para as Variáveis do COP.

		COP M/L		COP A/P		COP Vel	
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
<b>OASP</b>	Crianças DV	3,64	(±1,1)	4,14	(±2,9)	2,35	(±1,3)
	Crianças VD	3,28	(±1,1)	3,55	(±3,1)	1,97	(±0,8)
	Adultos DV	7,47	(±1,8)	5,61	(±2,1)	5,05	(±1,1)
<b>OACP</b>	Crianças DV	4,65	(±1,9)	4,35	(±3,3)	2,33	(±0,7)
	Crianças VD	3,93	(±1,8)	4,56	(±3)	2,41	(±0,7)
	Adultos DV	6,43	(±1,6)	4,93	(±2)	4,41	(±1,7)
<b>OFSP</b>	Crianças DV	3,55	(±1,98)	4,38	(±3,1)	2,8	(±2)
	Crianças VD	3,42	(±1,3)	4,66	(±2,8)	1,97	(±0,6)
	Adultos DV	7,95	(±1,5)	6,97	(±2,2)	5,42	(±1,5)

<b>OFCP</b>	Crianças DV	4,68	(±2)	5,01	(±2,8)	2,06	(±0,9)
	Crianças VD	4,81	(±2)	3,23	(±2,3)	2,3	(±0,55)
	Adultos DV	7,5	(±1,8)	6,57	(±2,4)	6,19	(±1,6)

Legenda: A tabela apresenta os resultados da análise de variância mista entre os sujeitos, conduzida para avaliar o impacto das interferências sensoriais (olho aberto/fechado e sob solo firme/espuma) sobre as variáveis do Centro de Pressão (COP) entre os três grupos de participantes: adultos com deficiência visual, crianças com deficiência visual e crianças videntes; DV – deficientes visuais; VD – videntes; OASP – olhos abertos sem perturbação proprioceptiva; OACP – olhos abertos com perturbação proprioceptiva; OFSP – olhos fechados sem perturbação proprioceptiva; OFCP – olhos fechados com perturbação proprioceptiva; COP M/L – centro de pressão medio-latreila; COP A/P – centro de pressão anteroposterior; COP Vel – velocidade do centro de pressão.

## DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelaram importantes diferenças na mobilidade funcional entre crianças e adultos cegos, bem como entre crianças cegas e videntes. A análise de variância mostrou que os adultos cegos demoram mais para realizar o teste TUG do que as crianças cegas e videntes, indicando uma maior dificuldade na execução de tarefas que envolvem mobilidade funcional. Esse achado pode ser atribuído a uma maior perda de controle postural e menor capacidade de compensação sensorial em adultos cegos, em comparação com crianças que podem se adaptar melhor às suas condições sensoriais.

A sub-fase de levantar-se, ou sentado-para-levantar, mostrou-se particularmente desafiadora para os adultos cegos, que levaram significativamente mais tempo do que as crianças videntes. Este tempo prolongado sugere uma dificuldade maior na geração do impulso necessário para iniciar o movimento, o que pode estar relacionado ao déficit de informações visuais que auxiliam no equilíbrio e na coordenação motora. Curiosamente, as crianças cegas não apresentaram diferenças significativas em comparação às crianças videntes ou aos adultos cegos, mas demonstraram uma maior velocidade vertical ao levantar-se em comparação com os adultos cegos. Este resultado pode indicar que, apesar das dificuldades visuais, as crianças cegas possuem mecanismos compensatórios que lhes permitem realizar a tarefa com uma eficiência razoável.

Siriphorn et al. (2015) avaliou o efeito da visão limitada no movimento de sentar para ficar de pé em vinte e três indivíduos saudáveis (11 homens, 12 mulheres) com idades entre 18 e 23 anos. O estudo demonstrou que indivíduos saudáveis apresentam

diferenças significativas no tempo de transferência de peso e na velocidade de oscilação do centro de gravidade entre as condições de olhos fechados e olhos abertos. Isso indica que a visão contribui significativamente para a estabilidade postural durante a execução do movimento de sentar para ficar de pé, mesmo que não haja uma diferença significativa no índice de elevação entre as condições de teste. No caso dos indivíduos cegos, a ausência de visão resulta em estratégias motoras adaptativas que, embora ajudem na compensação, ainda deixam os indivíduos em desvantagem em termos de equilíbrio e coordenação em comparação com aqueles que possuem visão normal. Assim, corroboram com a ideia que a visão desempenha um papel vital na manutenção do equilíbrio e na execução de movimentos coordenados, sugerindo que intervenções de reabilitação para indivíduos cegos devem focar na melhoria do controle postural através de outros inputs sensoriais.

Kuramatsu et al. (2012) investigaram doze adultos saudáveis ao realizarem movimentos de sentar para levantar sob condições de sentidos visuais e somáticos restritos. O estudo revelou que a restrição simultânea da visão e dos sentidos somáticos aumenta a variabilidade na posição do COM na direção direita-esquerda, indicando dificuldades em manter a estabilidade lateral. Além disso, a variabilidade na velocidade do COM nas direções ântero-posterior e para cima-baixo diminuiu em torno do período de decolagem quando ambas as modalidades de percepção foram restritas, sugerindo uma regulação motora adaptativa. Estes achados corroboram com a ideia de que estratégias motoras adaptativas são desenvolvidas em resposta a limitações sensoriais, sejam elas devido à deficiência visual ou condições experimentais de restrição perceptual. Essas estratégias visam maximizar a eficácia do movimento e manter a estabilidade, apesar das restrições, o que é fundamental tanto para indivíduos cegos quanto para aqueles com restrições perceptuais temporárias.

A velocidade de deslocamento médio-lateral foi estatisticamente menor nos adultos cegos em comparação com as crianças videntes, mas não houve diferenças significativas entre as crianças cegas e as videntes. Esta menor velocidade de deslocamento médio-lateral em adultos cegos pode indicar uma maior cautela ou dificuldade em manter a estabilidade lateral, possivelmente devido a um controle postural mais pobre. As crianças cegas, por outro lado, parecem manter um padrão de controle postural similar ao das crianças videntes, sugerindo que a deficiência visual não impacta severamente a sua estabilidade lateral durante o movimento de levantar-se.

Em nossa amostra, observou-se que adultos cegos demoram mais para realizar o TUG do que crianças cegas e videntes, indicando uma maior dificuldade na execução de tarefas que envolvem mobilidade funcional. Essa maior dificuldade foi atribuída a uma perda de controle postural e a uma menor capacidade de compensação sensorial em adultos cegos, similar ao observado no estudo de equilíbrio, onde indivíduos cegos apresentaram maior deslocamento corporal e acoplamento entre segmentos do corpo em condições dinâmicas.

Em relação às diferenças observadas entre as faixas etárias, observou-se que as crianças cegas realizaram o movimento de levantar-se com uma menor amplitude de flexão do tronco em comparação com as crianças videntes e os adultos cegos, possivelmente como uma estratégia adaptativa para minimizar a instabilidade postural. Na fase final do teste, os adultos cegos foram mais rápidos ao retornar à posição sentada do que as crianças, independentemente da condição visual, provavelmente devido à maior familiaridade com essa tarefa. O estudo de Papa et al. (2000) também identificou estratégias motoras adaptativas em idosos, que flexionavam mais o tronco antes de levantar-se para ganhar momento de maneira mais eficiente, embora com menor velocidade e esforço muscular. Essas descobertas são consistentes com estudos como o de Aylar et al. (2018), que indicaram um risco maior de distúrbios de movimento em indivíduos cegos. Similarmente, o nosso estudo demonstrou que indivíduos cegos, tanto adultos quanto crianças, desenvolvem adaptações sensoriais e motoras para manter a estabilidade, mas enfrentam maiores dificuldades em manter o equilíbrio e realizar movimentos coordenados, destacando uma reserva funcional menor comparada a indivíduos com visão normal.

Fujimoto e Chou (2012) demonstraram que a aceleração do COM pode ser um indicador significativo de controle de equilíbrio, especialmente em idosos. Embora nosso estudo não tenha medido diretamente a aceleração do COM, os resultados sugerem que dificuldades no eixo médio-lateral e vertical, observadas em crianças com cegueira congênita, podem estar relacionadas a uma falta de controle adequado do COM, similar às observações de Fujimoto e Chou (2012) sobre dificuldades de controle de movimento em populações idosas.

O estudo de Schmid et al. (2007) investigou o comportamento de equilíbrio em indivíduos cegos congênitos e adquiridos durante tarefas estáticas e dinâmicas, comparando-os com indivíduos normais, para verificar se a ausência prolongada de

informação visual pode ser substituída por outros inputs sensoriais. Foram analisados 25 sujeitos com deficiência visual severa e 25 normais. Na tarefa dinâmica, indivíduos videntes estabilizaram parcialmente a cabeça no espaço com olhos abertos, mas acompanharam o movimento da plataforma com olhos fechados; já indivíduos cegos mostraram deslocamentos da cabeça e quadril similares nas condições com e sem restrição visual, com maior deslocamento corporal e acoplamento entre os segmentos do que indivíduos normais com olhos fechados. Os achados deste estudo corroboram os resultados do nosso estudo ao demonstrar que a ausência prolongada de informação visual não pode ser compensada eficazmente por outros inputs sensoriais, o que afeta significativamente o equilíbrio e a mobilidade funcional dos indivíduos cegos.

Em nosso estudo, observou-se uma diferença entre os grupos nas três variáveis do COP analisadas. Os adultos cegos apresentaram maior oscilação tanto nos planos de movimento médio-lateral quanto anteroposterior, além de uma maior velocidade de deslocamento do COP em comparação com as crianças videntes ou cegas. É interessante notar que, entre as crianças, não houve diferença estatisticamente significativa, divergindo dos resultados descritos por Bortolaia, Barela e Barela (2009), que concluíram que crianças com deficiência visual, na faixa etária de 3 a 11 anos, só alcançam níveis de desempenho comparáveis aos de crianças com visão normal ao final da primeira década de vida.

Navarro et al. (2004) concluíram que o déficit visual compromete o desenvolvimento neuropsicomotor em crianças com deficiência visual. Os autores avaliaram dois grupos de crianças de 7 anos de idade por meio do exame neurológico evolutivo (ENE). O grupo estudado era composto por 20 crianças cegas, enquanto o grupo controle era formado por 20 crianças com visão normal, pareadas por idade e sexo. O estudo revelou que as crianças com deficiência visual tiveram um desempenho inferior nas provas que avaliaram equilíbrio e coordenação motora, em comparação com as crianças com visão normal.

Já Costa, Goroso e Lopes (2009) investigaram a estabilometria em adultos jovens com privação temporária da visão e constataram que esses indivíduos precisam de ajustes muito mais rápidos para manter a postura ereta do que aqueles com visão intacta. Esse resultado sugere que a frequência de ativação é modulada pela presença ou ausência do sistema visual no controle motor. A maior amplitude do deslocamento após a perturbação nos indivíduos com privação temporária da visão reforça essa interpretação.

Diante disso, nossos achados incluem diferentes grupos de participantes (crianças cegas, crianças videntes e adultos cegos), permitindo comparações abrangentes. Utilizamos o teste TUG, um método amplamente aceito para avaliar a mobilidade funcional. Porém, o tamanho da amostra relativamente pequena limita a generalização dos resultados. A amostra foi selecionada por conveniência, podendo introduzir vieses e afetar a representatividade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo revelou diferenças significativas nos parâmetros de mobilidade funcional e estabilidade postural entre indivíduos com deficiência visual e indivíduos videntes durante ações de levantar e sentar e sob condições de perturbação proprioceptiva. Crianças e adultos com deficiência visual demonstraram estratégias motoras adaptativas distintas, evidenciadas por tempos maiores no teste Timed Up and Go (TUG) e deslocamentos do centro de pressão (COP) mais amplos e variáveis nas condições de olhos fechados e sob superfícies instáveis. Nossos achados sugerem que a ausência de visão compromete a capacidade de manter a estabilidade postural e realizar movimentos funcionais de forma eficiente. Intervenções específicas de reabilitação, focadas em melhorar a propriocepção e o controle postural, são recomendadas para este grupo. Este estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada das adaptações motoras em indivíduos com deficiência visual e fornece uma base para futuras pesquisas e práticas clínicas voltadas para a reabilitação desses indivíduos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à todos os pacientes que participaram deste estudo. Sua colaboração e disposição em contribuir para esta pesquisa foram essenciais para o avanço do conhecimento na área de equilíbrio e mobilidade. Agradecemos, igualmente, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro e institucional. Este estudo não teria sido possível sem o suporte contínuo e a confiança da FAPEG em nosso trabalho.

## REFERÊNCIAS

BAER, G. D.; ASHBURN, A. M. Trunk movements in older subjects during sit-to-stand. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 76, n. 9, p. 844-849, 1995.

BAIR, W. N.; KLINE, T. W.; DUFEK, J. S. Center of pressure displacement in individuals with visual impairment. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, v. 53, n. 5, p. 563-572, 2016.

BORTOLAIA, A. P.; BARELA, A. M. F.; BARELA, J. A. Controle postural em crianças portadoras de deficiência visual nas faixas etárias entre 3 a 11 anos. *Motriz*, Rio Claro, v. 9, n. 2, p. 79-86, 2003.

COPPENS, R.; VERBRUGGEN, A.; DE CLERCQ, D. Balance control in visually impaired individuals during static and dynamic conditions. *Gait & Posture*, v. 33, n. 3, p. 388-394, 2011.

COSTA, R. M. C. L.; GOROSO, D. G.; LOPES, J. A. F. Estabilidade postural de adultos jovens na privação momentânea da visão. *Acta Fisiatria*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 19-24, 2009.

DAMIANOVA, G.; KODJEBACHEVA, G. Visual impairment and myopia among first graders from three school districts in Southern California: Racial/ethnic disparities, yearly trends, geospatial distribution, and relative influence of individual, neighborhood, and school determinants. 2009. Dissertação (Mestrado) – University of California, Los Angeles, 2009.

DUARTE, M., FREITAS S.M. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 14, n. 3, p. 183-192, 2010.

DOORENBOSCH, C. A. M. et al. Two strategies of transferring from sit-to-stand; the activation of monoarticular and biarticular muscles. *Journal of Biomechanics*, v. 27, n. 11, p. 1299-1307, 1994.

FINKOVA, D.; JOKLIKOVA, H. Information and the quality of life of visually impaired individuals. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 112, p. 1099–1105, 2014.

GALLI, M. et al. Timed Up and Go test and wearable inertial sensor: a new combining tool to assess change in subject with Parkinson's disease after automated mechanical

peripheral stimulation treatment. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, v. 4, p. 155-163, 2015.

GROSS, M. M. et al. Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait & Posture*, v. 8, n. 3, p. 175-185, 1998.

HUGHES, M. A. et al. Chair rise strategies in the elderly. *Clinical Biomechanics*, v. 9, n. 3, p. 187-192, 1994.

KURAMATSU, Y.; MURAKI, T.; OOUCHIDA, Y.; SEKIGUCHI, Y.; IZUMI, S. Influence of constrained visual and somatic senses on controlling centre of mass during sit-to-stand. *Gait Posture*, v. 36, n. 1, p. 90-4, 2012. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.01.011.

NAVARRO, A. S.; FUKUJIMA, M. M.; FONTES, S. V.; MATAS, S. L. A.; PRADO, G. F. Coordenação motora e equilíbrio não são totalmente desenvolvidos em crianças cegas com 7 anos de idade. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, São Paulo, v. 62, n. 3-A, p. 654-657, 2004. DOI: 10.1590/S0004-282X2004000400016.

PAPA, E.; CAPPOZZO, A. Sit-to-stand motor strategies investigated in able-bodied young and elderly subjects. *Journal of Biomechanics*, v. 33, n. 9, p. 1113-1122, 2000. doi: 10.1016/s0021-9290(00)00046-4.

PASCOLINI, D.; MARIOTTI, S. Global estimates of visual impairment: 2010. *British Journal of Ophthalmology*, v. 96, n. 5, p. 614–618, 2012.

PAI, Y. C.; ROGERS, M. W. Control of body mass transfer as a function of speed of ascent in sit-to-stand. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 22, n. 3, p. 378-384, 1990.

PAI, Y. C. et al. Control of body centre of mass momentum during sit-to-stand among young and elderly adults. *Gait and Posture*, v. 2, p. 109-116, 1994.

PODSIADLO, D.; RICHARDSON, S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 39, n. 2, p. 142-148, 1991.

REYNOLDS, F.; GENNARO, P. Postural stability in blind and sighted individuals: A comparative study. *Experimental Brain Research*, v. 203, n. 2, p. 289-297, 2010.

SCHMID, M.; NARDONE, A.; DE NUNZIO, A. M.; SCHMID, M.; SCHIEPPATI, M. Equilibrium during static and dynamic tasks in blind subjects: no evidence of cross-modal plasticity. *Brain*, v. 130, p. 2097-2107, 2007. doi: 10.1093/brain/awm157.

SIRIPHORN, A.; CHAMONCHANT, D.; BOONYONG, S. The effects of vision on sit-to-stand movement. *Journal of Physical Therapy Science*, v. 27, n. 1, p. 83-86, 2015. doi: 10.1589/jpts.27.83.

WANG, H.; ZHANG, X.; YAO, J. Postural control and center of pressure dynamics in blind individuals: A systematic review. *Journal of Biomechanics*, v. 47, n. 10, p. 2386-2394, 2014.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. In: *HANDBOOK OF HUMAN MOTION*. Springer, 1995. p. 175-192.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. World health statistics 2010. Geneva: World Health Organization, 2023.