



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA

PAULA SCHOLZE BORGES CURRAL

A RELAÇÃO ENTRE O “ESQUEMA DO BRINCAR DE  
ROTAÇÃO ” E O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA  
VESTIBULAR E SUA IMPORTÂNCIA PARA O  
DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NERVOSO. UM OLHAR  
SOBRE A PRIMEIRA INFÂNCIA.

CAMPINAS

2024

**PAULA SCHOLZE BORGES CURRAL**

**A RELAÇÃO ENTRE O “ESQUEMA DO BRINCAR DE ROTAÇÃO ” E  
O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA VESTIBULAR E SUA  
IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA  
NERVOSO. UM OLHAR SOBRE A PRIMEIRA INFÂNCIA.**

*Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biologia da Universidade Estadual de  
Campinas como parte dos requisitos  
exigidos para a obtenção do Título de  
Mestra em Biologia Funcional e Molecular,  
na área de Fisiologia.*

*Orientador: ANDRÉ SCHWAMBACH VIEIRA*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA  
PELA ALUNA PAULA SCHOLZE BORGES  
CURRAL E ORIENTADA PELO ANDRÉ  
SCHWAMBACH VIEIRA

**CAMPINAS**

**2024**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

C936r Curral, Paula Scholze Borges, 1991-  
A relação entre o “Esquema do Brincar de Rotação” e o desenvolvimento do sistema vestibular e sua importância para o desenvolvimento do sistema nervoso. Um olhar sobre a primeira infância / Paula Scholze Borges Curral. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: André Schwambach Vieira.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia.

1. Esquemas do brincar. 2. Desenvolvimento infantil. 3. Sistema vestibular. 4. Brincar. 5. Aprendizagem. 6. Educação. 7. Neurociências. I. Vieira, André Schwambach, 1982-. II. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Instituto de Biologia. III. Título.

Informações complementares

**Título em outro idioma:** The relationship between the “Rotation Play Schema” and the development of the vestibular system and its importance for the development of the nervous system. An overview on the first 6 years of life

**Palavras-chave em inglês:**

Schemas in play  
Child development  
Vestibular system  
Play  
Learning  
Education  
Neurosciences

**Área de concentração:** Fisiologia

**Titulação:** Mestra em Biologia Funcional e Molecular

**Banca examinadora:**

André Schwambach Vieira [Orientador]  
Elayne Vieira Dias  
Cesar Renato Sartori

**Data de defesa:** 19-12-2024

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Funcional e Molecular

**Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**

ODS: 4. Educação de qualidade  
ODS: 3. Saúde e bem-estar  
ODS: 12. Consumo e produção responsáveis

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0009-0005-4389-3755>  
- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/4729287539284415>

Campinas, 19 de dezembro de 2024.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Prof. Dr. André Schwambach Vieira**

**Dra. Elayne Vieira Dias**

**Prof. Dr. Cesar Renato Sartori**

*Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.*

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Biologia Funcional e Molecular do Insituto de Biologia.



Para a Pitoca que me oferece a oportunidade de ser melhor a cada dia, obrigada por me aceitar em tantas falhas e imperfeições.

Espero me tornar tudo que você precisa e merece de mim.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao que venho entendendo como o "Algoritmo Mor".

À Nena que segue, agora, por quase um século, sustentando e oportunizando o crescimento de seus descendentes.

À Mãezoca pela jornada de evolução que estamos trilhando juntas. Teria que escrever uma nova dissertação para falar de tudo que nos conduziu até esse momento.

Ao Pops por oferecer ambientes que instigaram o interesse no comportamento e desenvolvimento humano, e à Rê por me apresentar aos caminhos da pedagogia.

Ao Rô, meu parceiro de viagem pelos últimos 10 anos. Todas as tormentas nos tornaram navegantes mais maduros e experientes. Essa é tão minha quanto sua. Obrigada por costurar as velas e amarrar as cordas do navio ao meu lado.

Aos amados irmãos e à gloriosa Pitoca, por me esperarem. Estou voltando!

Ao Gus, meu parceiro de trocadilhos banais que me apoia em qualquer empreitada. Somos Semeadores meu amigo, a gente consegue!

À tia Nísia por todo o apoio e carinho em forma de consultas online, kits de higiene e farmacêuticos, cafés, queijos e muito mais.

Ao Koeno por me motivar e auxiliar em minhas necessidades tecnológicas, sem nunca deixar de acreditar em minha competência, até mesmo quando eu não acreditava.

Ao orientador Dr. André Schwambach Vieira, por criar caminhos para que eu pudesse, de fato, mudar o rumo de tudo.

Ao Dr. Alexandre César Santos de Rezende, por seguir me acompanhando e orientando pelos caminhos da academia.

Ao Dr. César Sartori, pelas ideias, e pelo precioso preciosismo em cuidar da semântica, que jamais deve ser banalizada.

Às Dras. e amigas de laboratório Beatriz Aoyama e Elayne Vieira, por valorizarem o trabalho, fazendo com que eu também acreditasse em seu potencial.

Ao Me. Mauro Lima do Val, pelas primeiras revisões que me deram confiança em retomar a escrita acadêmica.

À Profa. Livia Praeiro, pela disponibilidade, correções e comentários assertivos.

Aos amigos, por torcerem sempre por mim.

Aos Professores de toda a vida! Que me ajudaram a me tornar quem sou hoje, gosto de quem sou hoje.

Por fim, as pessoas queridas que aguardam do outro lado da estação.

**"Quando é dada a elas (as crianças) a liberdade e os meios para perseguir os seus próprios interesses, em ambientes seguros, elas florescem e desenvolvem-se ao longo de caminhos diversos e imprevisíveis, e adquirem as competências e a confiança necessárias para enfrentar os desafios da vida."**

**(Peter Gray, 2013)**

## RESUMO

BORGES, Paula Scholze Borges. A relação entre o “Esquema do Brincar de Rotação” e o desenvolvimento do sistema vestibular e sua importância para o desenvolvimento do sistema nervoso. Um olhar sobre a primeira infância. 2024. Dissertação de Mestrado – Laboratório de Eletrofisiologia, Neurobiologia e Comportamento, Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2024.

O sistema vestibular compreende estruturas do ouvido interno, tronco encefálico, cerebelo e córtex cerebral. Está envolvido com o equilíbrio, percepção espacial, funções motoras, cognição, e sistema límbico. Seu desenvolvimento adequado repercute na saúde integral do indivíduo e em sua qualidade de vida. Um fator crucial para que tal sistema desenvolva aspectos que refletirão em uma boa adaptação ao ambiente e no desenvolvimento global do indivíduo, é a estimulação adequada das estruturas das quais o sistema é formado. A infância abrange períodos essenciais para o estímulo das estruturas que detectam a inclinação, velocidade dos movimentos e aceleração linear e angular da cabeça. É também nela, que o Brincar se apresenta enfaticamente. A presente dissertação discorre sobre o Brincar como mecanismo biológico evolutivo que possui, dentre suas funções, o papel de estimular estruturas do organismo, tais quais as células sensoriais do labirinto vestibular, a fim de promover seu desenvolvimento. Navegando por valorosas teorias sobre o Brincar, elencamos a teoria dos Esquemas do Brincar, da pedagoga Chris Athey, como uma maneira de compreender como tais mecanismos se manifestam e resultam no estímulo do sistema vestibular naturalmente. Convidamos quem lê, a refletir sobre a infância, para melhor compreender o desenvolvimento por uma perspectiva biológica, pensando em como promovê-lo, visando a saúde integral do ser humano. Citamos o pesquisador Peter Gray, a Escola de Educação Positiva e o sistema educacional da Finlândia como nortes nesta tarefa. Em paralelo, criamos canais para disseminar informações relativas à importância do brincar para o desenvolvimento infantil, em mídias virtuais.

## ABSTRACT

BORGES, Paula Scholze Borges. The relationship between the “Rotation Play Schema” and the development of the vestibular system and its importance for the development of the nervous system. An overview on the first 6 years of life. 2024. Master's Dissertation – Laboratório de Eletrofisiologia, Neurobiologia e Comportamento, Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2024.

The vestibular system comprises structures of the inner ear, brain stem, cerebellum and cerebral cortex. It is involved with balance, spatial perception, motor functions, cognition, and the limbic system. Its adequate development impacts the individual's overall health and quality of life. A crucial factor for such a system to develop aspects that will reflect good adaptation to the environment and the individual's overall development is the adequate stimulation of the structures from which the system is formed. Childhood encompasses essential periods for the stimulation of structures that detect the inclination, speed of movement and linear and angular acceleration of the head. It is also when Play emphatically presents itself. This dissertation discusses Play as an evolutionary biological mechanism that has, among its functions, the role of stimulating physical structures, such as the sensory cells of the vestibular labyrinth, in order to promote their development. Browsing through valuable theories about Play, we list the theory of Play Schemes, by pedagogue Chris Athey, as a way of understanding how such mechanisms manifest themselves and result in the stimulation of the vestibular system naturally. We invite the readers to reflect on childhood, to better understand development from a biological perspective, thinking about how to promote it, aiming for the integral health of human beings. We cite researcher Peter Gray, the School of Positive Education and the Finnish educational system as guides in this task. In parallel, we created channels to disseminate information regarding the importance of Play for child development, in virtual media.

## SUMÁRIO

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução                                               | 12 |
| 2. Objetivos                                                | 17 |
| 2.1. Objetivo Geral                                         | 17 |
| 2.2. Objetivos Específicos                                  | 17 |
| 3. Materiais e Métodos                                      | 18 |
| 3.1. Pesquisa                                               | 18 |
| 3.2. Produção e exposição das mídias digitais               | 18 |
| 3.3. Produção de texto                                      | 19 |
| 4. Desenvolvimento                                          | 20 |
| 4.1. O sistema vestibular                                   | 20 |
| 4.2. Percepção Espacial e Navegação                         | 20 |
| 4.3. Equilíbrio                                             | 20 |
| 4.4. Visão                                                  | 21 |
| 4.5. Outras Funções do Sistema Vestibular                   | 21 |
| 4.5.1. Memória e Aprendizagem                               | 21 |
| 4.5.2. Atenção e Concentração                               | 22 |
| 4.5.3. Regulação Emocional                                  | 22 |
| 4.6. Interações com o Sistema Nervoso Autônomo              | 22 |
| 4.7. Organização do Sistema Vestibular                      | 23 |
| 4.8. Labirinto Vestibular                                   | 23 |
| 4.9. Descrição do Aparato Vestibular                        | 24 |
| 4.10. O Labirinto Membranoso                                | 25 |
| 4.11. Células Sensoriais Receptoras do Sistema Vestibular   | 26 |
| 4.12. Células da Mácula                                     | 30 |
| 4.13. Células da Crista Ampular                             | 30 |
| 4.14. Transdução de Sinais                                  | 31 |
| 4.15. Funcionamento dos Canais Iônicos nas Células Ciliadas | 33 |
| 4.16. Mecanismos de Neurotransmissão                        | 34 |
| 4.17. VIII Nervo Craniano                                   | 35 |
| 4.18. Os Núcleos Vestibulares                               | 36 |
| 4.19. O Cerebelo e o Sistema Vestibular                     | 37 |
| 4.20. A Medula Espinal e o Sistema Vestibular               | 39 |
| 4.21. O Tálamo e o Sistema Vestibular                       | 40 |
| 4.22. Os Núcleos da Base e o Sistema Vestibular             | 41 |
| 4.23. O Hipotálamo e o Sistema Vestibular                   | 41 |
| 4.24. O Córtex e o Sistema Vestibular                       | 42 |
| 4.24.1. Córtex Parieto-Insular Vestibular                   | 44 |
| 4.24.2. Córtex Parietal Posterior                           | 44 |
| 4.24.3. Córtex Pré-Frontal                                  | 44 |
| 4.24.4. Córtex Temporal Superior                            | 45 |
| 4.24.5. Córtex Cingulado Anterior                           | 45 |
| 4.24.6. Córtex Motor e Pré-Motor                            | 45 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.25. Integração                                                    | 46  |
| 4.25.1. Sistema Visual                                              | 47  |
| 4.25.2. Reflexo Vestíbulo-Ocular (RVO)                              | 47  |
| 4.25.3. Sistema Somatossensorial                                    | 47  |
| 4.25.4. Reflexo Vestíbulo-Cervical                                  | 48  |
| 4.25.5. Reflexos Vestíbulo-Espinais                                 | 48  |
| 4.26. Origem e Desenvolvimento do Sistema Vestibular                | 49  |
| 4.27. Infância                                                      | 51  |
| 4.28. Períodos Sensíveis e Períodos Críticos                        | 51  |
| 4.29. Maturação do Sistema Vestibular                               | 52  |
| 4.30. Disfunções, Lesões e Distúrbios Vestibulares                  | 53  |
| 4.31. Estimulação no Desenvolvimento do Sistema Vestibular          | 55  |
| 4.32. O Brincar                                                     | 57  |
| 4.32.1. O Brincar da Perspectiva Evolutiva                          | 65  |
| 4.33. Esquemas                                                      | 66  |
| 4.33.1. Esquemas do Brincar                                         | 67  |
| 4.33.2. Esquema de Rotação                                          | 69  |
| 4.33.3. Riscos da Privação do Exercício dos Esquemas do Brincar     | 71  |
| 4.33.4. Impacto do Esquema de Rotação no Desenvolvimento            | 76  |
| 4.34. Disseminação de Informações ao Público                        | 77  |
| 4.35. Percebendo e Utilizando o Conhecimento sobre Esquemas         | 79  |
| 4.36. Expandindo Horizontes para Semear Sonhos e Futuros            | 81  |
| 5. Considerações Finais                                             | 86  |
| 6. Referências                                                      | 87  |
| 7. Anexos                                                           | 102 |
| 7.1. Anexo I - Versão Preliminar de Artigo para Possível Publicação | 102 |
| 7.2. Anexo II - Declarações                                         | 119 |

## 1. Introdução

O sistema vestibular desempenha um papel fundamental no equilíbrio e na orientação espacial do organismo humano. Segundo Kandel *et al* (2000), o sistema vestibular sinaliza ao indivíduo a posição da própria cabeça e para onde ela está se movimentando, “medindo a aceleração linear e angular da cabeça através de um conjunto de cinco órgãos sensoriais no ouvido interno”, sendo esses 3 canais semicirculares e 2 órgãos otolíticos. Ele é composto por estruturas morfológicas complexas, como o labirinto ósseo e membranoso, que desempenham um papel essencial no processamento das informações vestibulares (KINGMA & VAN DE BERG, 2016).

As estruturas do sistema vestibular incluem os canais semicirculares, o utrículo e o sáculo. Purves, *et al* (2018), afirmam que os canais semicirculares são sensíveis aos movimentos rotacionais da cabeça, enquanto o utrículo e sáculo, respondem aos movimentos lineares e à gravidade. Esses componentes trabalham em conjunto para transmitir informações sensoriais para diversas regiões encefálicas, permitindo uma percepção precisa da posição e movimento do corpo no espaço.

Além do seu papel no equilíbrio, o sistema vestibular também exerce influência sobre uma série de funções essenciais para o organismo. Marcus & Jacobson (2003) destacam que um sistema vestibular comprometido pode estar associado a distúrbios como tontura, desequilíbrio, vertigem e quedas, afetando diretamente a qualidade de vida dos indivíduos.

A importância de se ter um sistema vestibular bem desenvolvido vai além do aspecto sensorial. Estudos demonstram uma relação entre o sistema vestibular e o desenvolvimento de funções cognitivas, tais quais funções motoras e emocionais (BALABAN, 2002; MACKOWETZKY *et al*, 2021; WIENER-VACHER *et al*, 2013), especialmente durante a infância e a primeira infância (ORNITZ *et al*, 1979; WIENER-VACHER *et al*, 2013). De acordo com Wiener-Vacher *et al* (2013), um sistema vestibular saudável e adequadamente estimulado, contribui para a aquisição de habilidades motoras, desenvolvimento sensorial, percepção espacial e a integração sensorial, que são aspectos fundamentais para um desenvolvimento global e uma adaptação adequada ao ambiente.



Ao compreender a complexidade e a importância do sistema vestibular, podemos direcionar esforços para promover estimulação apropriada do mesmo. Segundo Rine (2018), é fundamental elencar estratégias eficazes para desenvolver o sistema vestibular através de um olhar cuidadoso e individualizado, otimizando assim o desenvolvimento infantil por meio de atividades físicas, jogos, brincadeiras e intervenções terapêuticas específicas.

Tal qual ocorre nas intervenções de reabilitação vestibular, movimentos realizados pelas crianças através do brincar oferecem estímulos que auxiliam no desenvolvimento e amadurecimento do sistema vestibular (RINE, 2018). Portanto, se faz necessário refletirmos sobre o papel do brincar no desenvolvimento deste sistema bem como seu desenvolvimento integral, tendo em mente que a importância do brincar é de tal ordem, que há mais de 30 anos foi reconhecida na convenção dos direitos das crianças (UNICEF), e que simples intervenções que estimulam o brincar são capazes de melhorar o desenvolvimento de funções executivas e motoras de forma substancial (TANEJA *et al*, 2004). Sendo assim, compreender o brincar se faz fundamental para que pais e profissionais possam auxiliar a promover o desenvolvimento saudável para as crianças pelas quais são responsáveis.

Uma teoria que auxilia na compreensão do brincar e sua natureza desenvolvimentista é a dos Esquemas do Brincar, que tem por premissa os conceitos Piagetianos básicos de esquema, no qual o indivíduo constrói sua percepção de si mesmo e de mundo através de suas experiências, elaborando conceitos a respeito daquilo que vivencia (GRIMMER, 2017).

Tomemos um exemplo clássico do conceito de cachorro: o indivíduo assimila um conjunto de características e forma o conceito de cachorro, e segue desenvolvendo tal conceito ao longo de toda vida a cada nova informação que adquire a respeito dele. No início da elaboração do conceito, cachorros possuem quatro patas, um rabo e fazem 'au-au', diferente dos gatos que possuem quatro patas, um rabo mas fazem 'miau', e mais adiante a criança compreende que cachorros podem ser de diferentes raças, se assemelham a lobos e coiotes bem mais do que a gatos, mesmo que não se encaixam exatamente no mesmo conceito, e assim vão se formando novos conceitos ao passo que conceitos iniciais se tornam cada vez mais complexos (COHEN *et al*, 2008).

Na década de 90, a pedagoga Chris Athey analisou o comportamento de crianças do projeto Froebel, projeto este que financia pesquisas e práticas pedagógicas de cunho desenvolvimentista principalmente no Reino Unido. Em parceria com os pais das crianças que frequentaram o projeto, Athey (2007) e sua equipe de educadores, coletaram dados que permitiram a compreensão de como esquemas se desenvolvem a partir da ação de brincar motivada intrinsecamente, em conceitos cognitivos que podem ser observados em crianças por meio de suas criações no próprio brincar e através de suas falas (ATHEY, 2007).

Foram então estabelecidos 7 padrões de comportamento que podem ser observados em crianças de diferentes idades, culturas, classes sociais, etc. Eles são: Dynamic vertical schemas; Back and forth or side to side; Circular direction and rotation; Going over, under or 'on-top-of'; Going round a boundary; Going through a boundary; Containing and enveloping, a tradução livre destes, acompanhada de uma apresentação geral de cada um, encontra-se no quadro 1 (ATHEY, 2007).

| <b>Nomenclatura original</b>     | <b>Tradução livre</b>                             | <b>Interesses principais envolvidos</b>                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dynamic vertical schemas         | Esquemas dinâmico vertical                        | Subir, descer ou movimentar objetos ou a si mesmo para cima e para baixo.                       |
| Back and forth or side to side   | Para frente e para trás, ou de um lado para outro | Movimentos repetitivos de um lado para o outro ou para frente e para trás.                      |
| Circular direction and rotation  | Direção circular e rotação                        | Círculos ou movimentos circulares e giratórios, envolvendo a rotação de objetos ou de si mesmo. |
| Going over, under or 'on-top-of' | Por cima, por baixo ou 'em cima de'               | Passar por cima, por baixo ou subir em objetos.                                                 |
| Going round a boundary           | Por volta de uma barreira                         | Circular ou contornar uma borda ou limite.                                                      |
| Going through a boundary         | Atravessando uma barreira                         | Atravessar ou passar por barreiras ou limites.                                                  |
| Containing and enveloping        | Contendo e envelopando                            | Colocar objetos dentro de outros ou cobrir objetos com materiais.                               |

**Quadro 1.**

Após a publicação de seus trabalhos referentes aos Esquemas, as teorias de Athey ganharam

notoriedade no campo da pedagogia em diversos países, e após novas observações, atualmente fala-se comumente sobre 9 esquemas mais observados na infância, são eles: contenção, orientação, posicionamento, trajetória, transporte, envelopamento, transformação, conexão e rotação (ATHEY, 2007; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; BOULTON & THOMAS, 2022). Veja o quadro 2.

| <b>Esquema do Brincar</b> | <b>Interesses principais envolvidos</b>                                                 |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| TRAJETÓRIA                | Como algo vai de um ponto a outro através de movimentos lineares                        |
| TRANSPORTES               | Como mover objetos de um lugar para outro, carregando, empurrando ou puxando            |
| ROTAÇÃO                   | Como se dão os movimentos rotacionais ou circulares e suas propriedades                 |
| ORIENTAÇÃO                | Como as coisas são observadas e experienciadas através de perspectivas novas e incomuns |
| CONEXÃO                   | Como unir ou separar coisas, montar e/ou desmontar, colar, descamar, destacar           |
| POSICIONAMENTO            | Como colocar e manter coisas em determinada posição, categorizar e ordenar              |
| CONTENÇÃO                 | Como objetos ocupam ou extrapolam fronteiras e limitações espaciais 2D e 3D             |
| ENVELOPAMENTO             | Como algo desaparece e reaparece, envolvendo, escondendo, cobrindo, descobrindo         |
| TRANSFORMAÇÃO             | Como as formas e aparência das coisas mudam e se transformam                            |

**Quadro 2.**

Apesar dos esquemas poderem ser agrupados de inúmeras formas, e de não estarem limitados aos apresentados por Athey, eles constituem a base para o que temos como consenso mais comuns no âmbito da pedagogia no exterior (ATHEY, 2007; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; BOULTON & THOMAS, 2022), contudo, infelizmente isso ainda é pouco conhecido e difundido no Brasil.

Dos 9 esquemas mencionados, escolhemos focar no esquema de rotação para buscarmos evidenciar a relação de um esquema com vias e estruturas neurológicas, trazendo assim este conhecimento para o âmbito acadêmico científico brasileiro, possivelmente gerando o interesse de

outros pesquisadores e, assim, enaltecendo a importância do brincar para o desenvolvimento infantil. Em paralelo, almejamos levar esse conhecimento ao público geral, por meio das mídias digitais.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo Geral

Evidenciar a importância do desenvolvimento do sistema vestibular e do brincar como mecanismo evolutivo biológico para o desenvolvimento humano.

### 2.2. Objetivos Específicos

Conscientizar a população sobre a importância de estimular o sistema vestibular, com base na teoria dos Esquemas do Brincar.

Divulgar informações sobre o tema por meio de mídias digitais, incluindo redes sociais e website.

Apresentar práticas embasadas em teorias pedagógicas, e na perspectiva biológica voltadas ao desenvolvimento infantil por meio do brincar, utilizando mídias sociais e website como plataformas de compartilhamento.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Pesquisa

Para as pesquisas teóricas foram utilizadas plataformas de busca online tradicionais Google scholar, Pubmed, livros de acervos digitais de plataformas como Kindle, livros do acervo da biblioteca municipal de Ubatuba, e de acervo pessoal.

#### 3.2. Produção e exposição das mídias digitais

Captação de imagens:

Utilizamos nossos smartphones e câmeras digitais pessoais para captar imagens de crianças brincando, sempre com o cuidado de proteger a identidade e privacidade das crianças registradas, além de intervir minimamente na brincadeira, e para a gravação de discursos explicativos a respeito de temas relativos ao brincar e ao desenvolvimento infantil saudável.

Edição de vídeos e produção de postagens:

Programas de edição: Instagram Reels (Meta), CapCut (ByteDance), Adobe Premiere Pro (Adobe), Adobe Photoshop (Adobe), Adobe Illustrator (Adobe) e Canva (Canva).

Redes sociais e plataformas utilizadas para divulgação dos vídeos e textos:

Instagram: <https://www.instagram.com/semеando brincadeiras>

Kwai: <https://k.kwai.com/u/@semеando brincadeiras>

YouTube: <https://youtube.com/@semеando brincadeiras>

Facebook: <https://www.facebook.com/semеando.brincadeiras>

TikTok: <https://www.tiktok.com/@semеando brincadeiras>

X (antigo Twitter): <https://x.com/SemeandoBrinca2>

WebSite próprio adquirido pela plataforma godaddy: <https://semеando brincadeiras.com.br/>

### 3.3. Produção de texto

O sistema Chat GPT 3.0 (<https://chatgpt.com/>) foi utilizado para o refinamento do texto produzido pelos autores e para a formatação de referências.

#### 4. Desenvolvimento

##### 4.1. O sistema vestibular

O sistema vestibular é um circuito complexo que envolve estruturas do ouvido interno, tronco encefálico, cerebelo e do córtex cerebral. Este sistema está envolvido em uma gama de funcionalidades do organismo, que vão desde a percepção sensorial do corpo em relação à orientação do mesmo, até importante participação em funções motoras (STILES & SMITH, 2015).

##### 4.2. Percepção Espacial e Navegação

O sistema vestibular contribui significativamente para a percepção espacial, ajudando o cérebro, juntamente com informações advindas de outros sentidos como tato, visão e audição a construir um elaborado sistema de navegação espacial. Essa função é essencial para a navegação e para a execução de tarefas que requerem coordenação espacial (PURVES *et al*, 2018). Estudos mostram que a integração vestibular com o hipocampo, região cerebral fundamental para a memória espacial, é de suma importância para a navegação espacial e a memória de orientação (WIENER-VACHER *et al*, 2013)

##### 4.3. Equilíbrio

O sistema vestibular é fundamental para a manutenção do equilíbrio e da postura corporal. Ele detecta movimentos da cabeça, subsidiando diversos reflexos posturais permitindo, inclusive, que tenhamos a postura bípede, enviando sinais ao encéfalo para ajustar a posição do corpo e a distribuição do peso, interagindo com o sistema nervoso central para coordenar reflexos motores que mantêm o equilíbrio, especialmente durante movimentos e mudanças de direção. Além disso, ajuda a prevenir quedas, permitindo uma resposta rápida e eficaz às alterações na estabilidade, sendo assim, essencial para a realização de atividades diárias com segurança e precisão (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).



#### 4.4. Visão

O sistema vestibular desempenha um importante papel na manutenção do equilíbrio e na estabilização do olhar, essencial para uma visão clara durante o movimento. Ele detecta mudanças na posição e no movimento da cabeça, e envia sinais ao encéfalo para ajustar a posição dos olhos através do reflexo vestibulo-ocular (RVO). Permitindo assim, a navegação eficiente no ambiente e a realização de atividades cotidianas com precisão. O sistema vestibular controla os movimentos reflexos dos olhos estabilizando a imagem independente de nossos movimentos (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011).

#### 4.5. Outras Funções do Sistema Vestibular

As funções mencionadas até aqui, nos auxiliam nas diversas atividades musculares, permitindo que executemos tarefas e tenhamos a noção de onde nosso corpo se encontra (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011; WIENER-VACHER *et al*, 2013; PURVES *et al*, 2018).

Sem essa sensação de equilíbrio proporcionada em larga escala pelo sistema vestibular, as condições para realizarmos qualquer movimento tornam-se extremamente desafiadoras, isso se dá devido às sensações de mal estar e insegurança (LE MOS, 2001; KINGMA & VAN DE BERG, 2016) como se estivéssemos constantemente experimentando episódios de tontura e desorientação.

Além dessas funções clássicas, o sistema vestibular também está relacionado com a cognição (WIENER-VACHER *et al*, 2013) e com suas vertentes emocionais (BALABAN, 2002; RAJAGOPALAN *et al*, 2017).

##### 4.5.1. Memória e Aprendizagem

O sistema vestibular está ligado a processos de memória e aprendizagem. A estimulação vestibular pode influenciar a plasticidade sináptica no hipocampo, afetando a formação e consolidação de memórias (WIENER-VACHER *et al*, 2013; PADOVA *et al*, 2024). Disfunções

vestibulares têm sido associadas a déficits em tarefas cognitivas que envolvem memória espacial e aprendizagem, indicando uma relação importante entre o sistema vestibular e a cognição (HALL, 2011; PADOVA *et al*, 2024).

#### 4.5.2. Atenção e Concentração

Distúrbios vestibulares podem causar dificuldades de concentração e atenção, afetando a performance em tarefas que requerem foco mental (GURR & MOFFAT, 2000; FRANCO & PANHOCA, 2008; BIGELOW & AGRAWAL, 2015; PADOVA *et al*, 2024). A estimulação vestibular pode melhorar a capacidade de foco em tarefas cognitivas (GÓMEZ-ALVAREZ & JAUREGUI-RENAUD, 2011).

#### 4.5.3. Regulação Emocional

O sistema vestibular está conectado a áreas do cérebro envolvidas na regulação emocional, como o sistema límbico. Estímulos vestibulares podem influenciar estados emocionais, como a ansiedade (BALABAN, 2002; MACKOWETZKY *et al*, 2021). Indivíduos com disfunções vestibulares frequentemente relatam sintomas emocionais, incluindo medo, ansiedade, depressão e até mesmo pânico. Isso provavelmente ocorre devido à interconexão entre as vias vestibulares e as redes neurais que processam as emoções (SAMAN *et al*, 2012; KINGMA & VAN DE BERG, 2016; RAJAGOPALAN *et al*, 2017; MACKOWETZKY *et al*, 2021).

#### 4.6. Interações com o Sistema Nervoso Autônomo

O sistema vestibular tem interações com o sistema nervoso autônomo, que controla funções involuntárias como a frequência cardíaca e a digestão. Estímulos vestibulares podem afetar a resposta autonômica, contribuindo para sintomas como náuseas durante a vertigem (BALABAN, 2002; HALL, 2011).

#### 4.7. Organização do Sistema Vestibular

As estruturas envolvidas no sistema vestibular podem ser categorizadas entre porção periférica e porção central (LAI & CHAN, 2002; PURVES *et al*, 2018).

A porção periférica do sistema vestibular está localizada no ouvido interno, dentro do osso temporal, é composta pelas estruturas vestibulares do ouvido interno, já a porção central do sistema vestibular é composta pelo complexo de núcleos vestibulares que se comunicam com regiões cerebelares, do tronco encefálico e do córtex cerebral, bem como com medula espinal (DECHESNE, 1992; SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018).

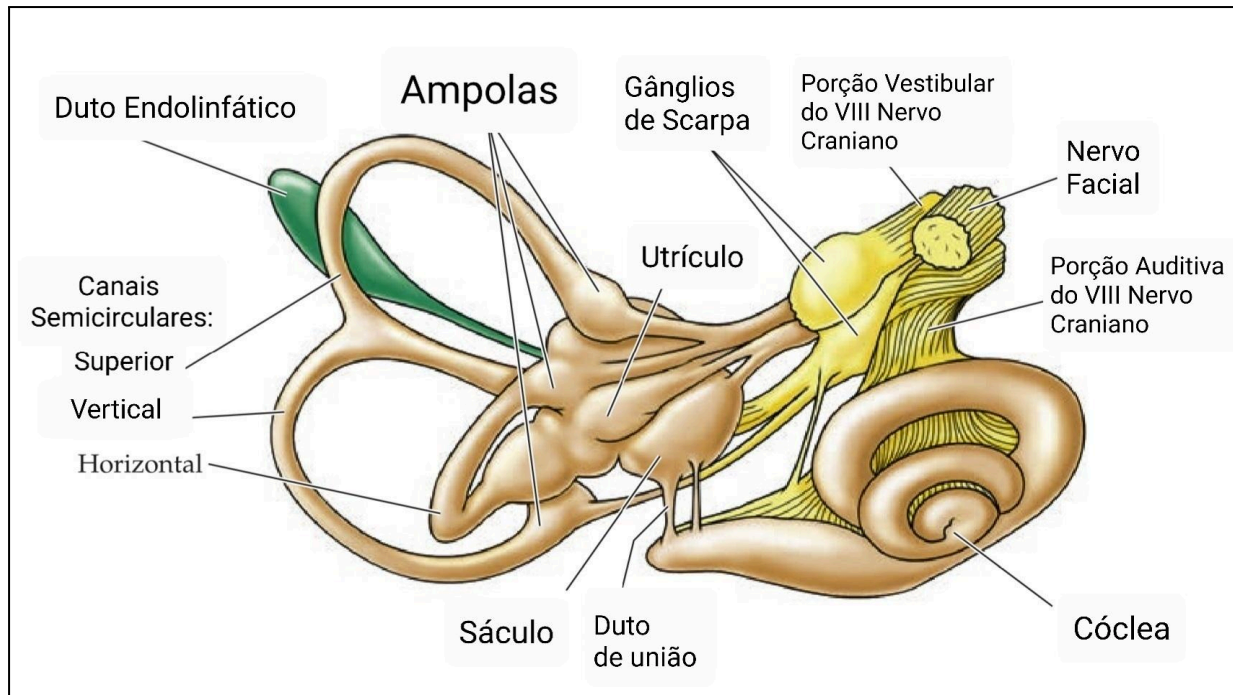
#### 4.8. Labirinto Vestibular

Dentre as estruturas do ouvido interno que caracterizam a porção periférica do sistema vestibular, destaca-se o labirinto vestibular, que consiste no órgão sensorial que detecta as sensações do equilíbrio (HALL, 2011; PURVES, *et al*, 2018).

O labirinto é formado por câmaras e túbulos ósseos, localizado na região medial do osso temporal e denominado labirinto ósseo, que comporta o labirinto membranoso, este por sua vez é considerado a porção funcional do sistema vestibular (MARCUS & JACOBSON, 2003; HALL, 2011).

Esta estrutura, na realidade, consiste de um conjunto de 5 órgãos sensoriais, dois órgãos otolíticos, o utrículo e o sáculo e três canais semicirculares, o anterior, posterior, e o lateral (figura 1) (KANDEL *et al*, 2021).

O labirinto membranoso detecta a aceleração linear e angular da cabeça, a partir de mudanças na inclinação de cílios especiais presentes em células epiteliais específicas, isso acontece devido ao preenchimento destes órgãos por endolinfa (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018). Tais células transmitem informações relativas à inclinação, velocidade e aceleração da cabeça para o núcleo vestibular, localizado no tronco cerebral, o que nos auxilia a manter o equilíbrio e perceber o espaço ao nosso redor (KANDEL *et al*, 2021).



**Figura 1. Anatomia do labirinto vestibular. (Adaptada de Purves *et al*, 2018).**

#### 4.9. Descrição do Aparato Vestibular

Como previamente mencionado, o sistema vestibular é composto principalmente pelo labirinto ósseo e o labirinto membranoso que constituem o aparato vestibular periférico (DECHESNE, 1992, PURVES *et al*, 2018). O labirinto ósseo é uma complexa estrutura no osso temporal formada pelo vestíbulo e pelos canais semicirculares que possuem função vestibular, anexo a eles está a cóclea, importante estrutura que participa do sistema auditivo (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018; HALL, 2011).

O labirinto ósseo é uma estrutura bilateral posicionada simetricamente em cada lado da cabeça, dentro do ouvido interno, sendo espelhada nos ossos temporais direito e esquerdo, conferindo uma complementaridade contralateral, permitindo aferir a aceleração linear e angular em qualquer eixo (KANDEL *et al*, 2021).

#### 4.10. O Labirinto Membranoso

Dentro do labirinto ósseo, preenchido por perilinfa, está o labirinto membranoso que é preenchido por endolinfa, onde estão localizadas as estruturas sensoriais do sistema vestibular (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; PURVES *et al*, 2018).

A endolinfa é encontrada dentro dos ductos membranosos do labirinto vestibular, incluindo os canais semicirculares, o utrículo e o sáculo, é rica em potássio (K<sup>+</sup>) e possui baixa concentração de sódio (Na<sup>+</sup>), esta composição é similar ao fluido intracelular (KANDEL *et al*, 2021; SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018). Ela regula a pressão interna do ouvido interno através do sistema de ductos e sacos endolinfáticos, e é produzida primeiramente pelas células escuras do labirinto vestibular e pela estria vascular da cóclea (MACKOWETZKY *et al*, 2021).

A perilinfa preenche o espaço entre os ductos membranosos e o labirinto ósseo, incluindo o espaço perilinfático ao redor dos canais semicirculares e a cóclea, é rica em Na<sup>+</sup> e possui baixa concentração de K<sup>+</sup>, similar ao fluido cerebrospinal (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

O vestíbulo, situado entre os canais semicirculares e a cóclea, contém duas estruturas importantes, o utrículo e o sáculo. Estas estruturas detectam a aceleração linear e a posição estática da cabeça. Cada uma contém uma mácula, uma área sensorial coberta por uma camada gelatinosa sobreposta por pequenos cristais de carbonato de cálcio denominados otólitos (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

O utrículo é uma estrutura em formato ligeiramente oval, situado na porção superior do vestíbulo, conectado aos canais semicirculares e é maior que o sáculo, possuindo aproximadamente 30.000 células ciliadas. A mácula do utrículo é orientada horizontalmente quando a cabeça está na posição ereta, permitindo a detecção de acelerações lineares horizontais e inclinações laterais da cabeça (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011).

O sáculo é uma estrutura menor, com aproximadamente 16.000 células ciliadas, com forma esférica, localizada na porção inferior do vestíbulo, próxima à cóclea. A mácula do sáculo é orientada verticalmente quando a cabeça está na posição ereta, o que permite a detecção de acelerações lineares verticais e movimentos de inclinação da cabeça para cima e para baixo (KANDEL *et al*, 2021, HALL, 2011).

Os três canais semicirculares são dispostos em ângulos relativamente retos entre si: anterior, posterior e lateral, também conhecidos como superior, vertical e horizontal respectivamente (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018). Cada canal possui uma dilatação, denominada ampola que abriga a cúpula, é nela que cerca de 7000 células ciliadas reunidas na crista ampular penetram, partindo do epitélio que reveste o canal e terminando no teto da ampola. Esse conjunto de estruturas sensoriais detectam a aceleração angular da cabeça através do movimento da endolinfa (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

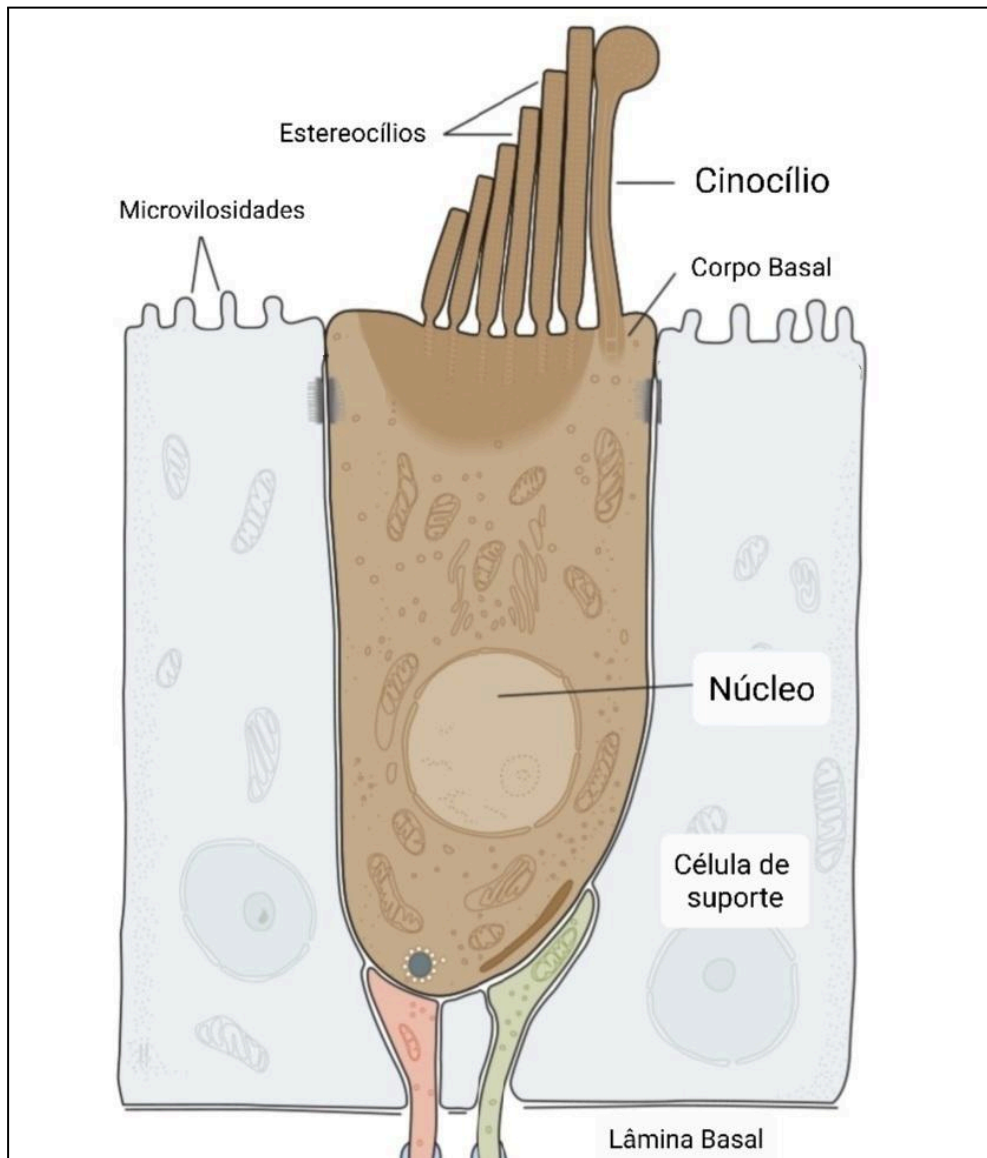
#### 4.11. Células Sensoriais Receptoras do Sistema Vestibular

As células sensoriais do sistema vestibular possuem estereocílios que se deslocam com o movimento da endolinfa. Este deslocamento gera liberação de neurotransmissor, que por sua vez despolariza neurônios aferentes primários que formam o nervo vestibular, resultando em potenciais de ação que são enviados ao cérebro através deste nervo (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002).

As células ciliadas dos órgãos otolíticos e dos canais semicirculares possuem um corpo celular cilíndrico ou em formato de frasco. Elas são estruturas especializadas de origem epitelial, que convertem estímulos mecânicos em sinais elétricos, são portanto, mecanorreceptoras e responsáveis por detectar as acelerações lineares e angulares e a orientação da cabeça em relação à gravidade (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; MARCUS & JACOBSON, 2003; PURVES *et al*, 2018).

Cada célula ciliada possui, em sua porção apical, um feixe com 20 a 300 microvilosidades (esse número diverge de autor para autor, estando sempre dentro dessa faixa), denominadas

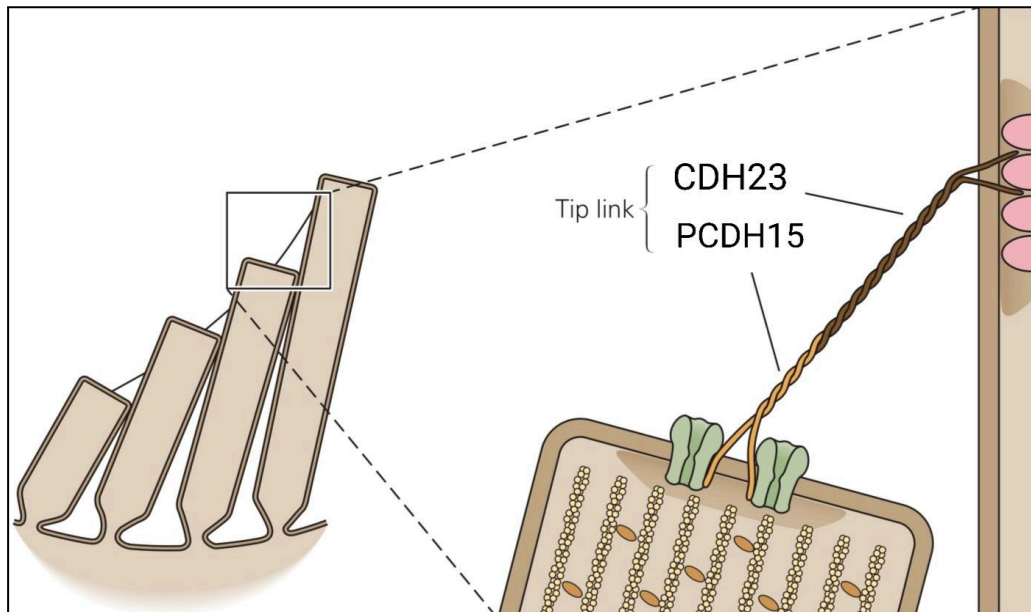
estereocílios (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011; SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018), que são ordenadas em fileiras de altura crescente (figura 2). Os estereocílios são conectados uns aos outros por filamentos chamados *tip links* (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002), ou *filamentos de ligação* (SILVERTHORN, 2016).



**Figura 2. A célula ciliada (Adaptada de KANDEL *et al*, 2021).**

Os *tip links* são filamentos proteicos finos que conectam as pontas dos estereocílios adjacentes nas células ciliadas (SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018). Eles são compostos principalmente por proteínas como cadherina 23 (CDH23) e protocaderina 15 (PCDH15) (GOLDBERG *et al*, 2012; BHONKER *et al*, 2014; PURVES *et al*, 2018). Estas proteínas formam uma ponte entre os

estereocílios, permitindo a transmissão de forças mecânicas e conectam os estereocílios menores aos maiores, orientados obliquamente entre os estereocílios (figura 3). Sendo assim, são essenciais para a organização e a tensão adequada dos estereocílios, permitindo a transmissão eficiente das forças mecânicas geradas pelos movimentos da endolinfa. Além disso, são importantes para a adaptação rápida das células ciliadas (PURVES *et al*, 2018).



**Figura 3. Estrutura dos *tip links* (Adaptada de KANDEL *et al*, 2021).**

Os *tip links* desempenham um papel crucial na função sensorial das células ciliadas, pois são responsáveis pela abertura dos canais iônicos mecanossensíveis localizados nas pontas dos estereocílios. Quando a cabeça se move, a inércia da endolinfa no sistema vestibular causa a deflexão dos estereocílios, que por sua vez, estica os *tip links*, que puxam e abrem canais iônicos mecanossensíveis, permeáveis ao potássio (K<sup>+</sup>), na membrana do estereocílio adjacente (PURVES *et al*, 2018).

Mutações nas proteínas que compõem os *tip links*, como CDH23 e PCDH15, estão associadas a diversas formas de surdez e disfunções vestibulares (BHONKER *et al*, 2014). Já a ruptura dos mesmos, pode resultar em perda da função auditiva e vestibular. Contudo, alguns animais como pássaros e peixes possuem mecanismos moleculares que permitem a reposição ou reparo dos *tip*



*links* danificados, assegurando a continuidade da função sensorial. Apesar de humanos não possuírem tal mecanismo, a capacidade dos *tip links* de se regenerar após lesão é um campo ativo de pesquisa, pois possui implicações para o desenvolvimento de terapias para tratar disfunções sensoriais (PURVES *et al*, 2016)

Além dos estereocílios, cada célula ciliada possui um único cinocílio, que é um cílio verdadeiro e mais longo (figura 2). O cinocílio está localizado em uma extremidade do feixe de estereocílios e desempenha o papel de uma alavanca na orientação do movimento dos cílios (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; PURVES *et al*, 2018).

A base dos estereocílios e do cinocílio é ancorada na superfície apical da célula ciliada, que fornece suporte estrutural aos cílios permitindo que girem de acordo com o movimento da endolinfa (PURVES *et al*, 2018).

Na base das células ciliadas, as sinapses aferentes são formadas por fibras nervosas do nervo vestibular (MARCUS & JACOBSON, 2003), que por sua vez recebem neurotransmissores liberados pelas células ciliadas em resposta à deflexão dos cílios (HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018). As células ciliadas também recebem inervação eferente, que pode modular sua sensibilidade e resposta (KANDEL *et al*, 2021).

Quando a cabeça se move, inclinando ou girando ocorre a deflexão dos estereocílios em direção ou para longe do cinocílio. A direção da deflexão dos estereocílios determina a resposta das células ciliadas, a deflexão em direção ao cinocílio abre canais iônicos mecanossensíveis, enquanto a deflexão para longe do cinocílio fecha esses canais, o que se reflete na modulação dos neurotransmissores como veremos mais adiante (KANDEL *et al*, 2021).

A bilateralidade dos órgãos do labirinto conferem complementaridade de informações uma vez que por serem situadas de forma espelhada em relação ao eixo vertical medial da cabeça oferece

uma vasta gama de informações já que um mesmo movimento gera respostas excitatórias de um lado ao passo que do outro gera respostas inibitórias (KANDEL *et al*, 2021).

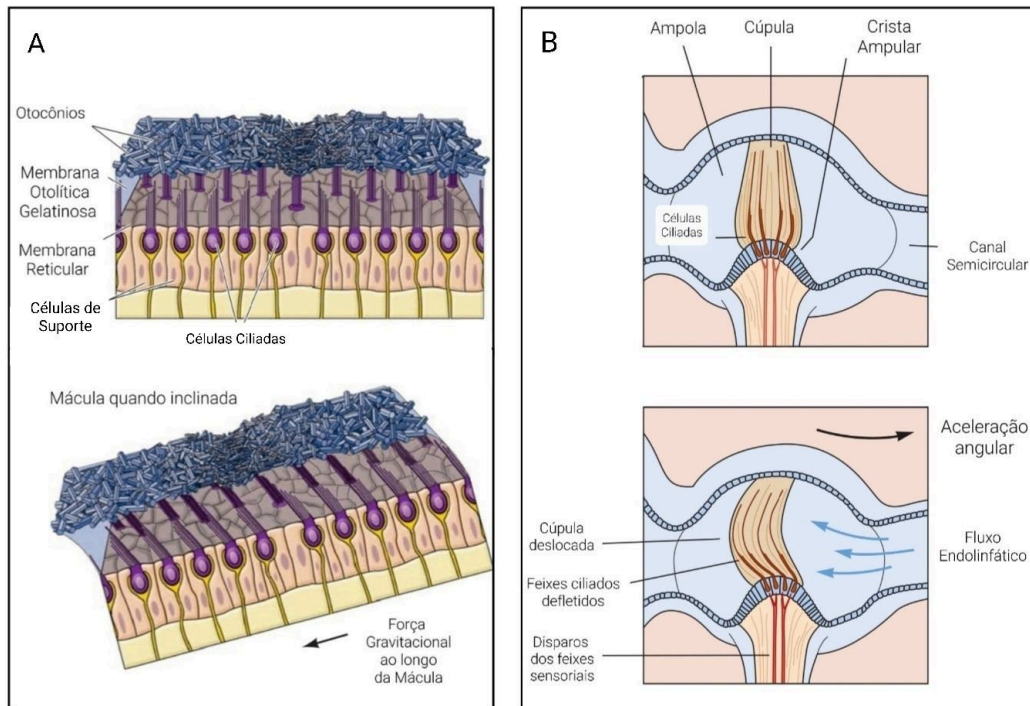
#### 4.12. Células da Mácula

As células ciliadas sensoriais dos órgãos otolíticos estão localizadas nas máculas do utrículo e do sáculo e possuem características únicas que lhes permitem detectar movimentos e variações na orientação da cabeça (LENT, 2002; HALL, 2011).

Estão cobertas por uma camada gelatinosa chamada membrana otolítica, na qual estão sobrepostos os otocônios, pequenos cristais de carbonato de cálcio. Os feixes ciliares se estendem até a membrana otolítica detectando assim os movimentos decorrentes da força gravitacional e da inércia dos movimentos lineares da cabeça, veja figura 4-A (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.13. Células da Crista Ampular

As células ciliadas da crista ampular, assim como as células ciliadas da mácula, são os receptores sensoriais dos canais semicirculares e também possuem diversos estereocílios e um único cinocílio, dispostos em fileiras graduais, sendo o cinocílio o mais longo (figura 4-B). Quando a cabeça se move, a inércia atua na endolinfa causando um deslocamento da cúpula, que, por sua vez, curva os estereocílios das células ciliadas (HALL, 2011).



**Figura 4. Células Sensoriais do Sistema Vestibular (Adaptada de PURVES *et al*, 2018 e KANDEL *et al*, 2021).** A - Nos órgãos otolíticos as células ciliadas encontram-se na mácula. B - Já nos canais semicirculares estão situadas nas Ampolas.

#### 4.14. Transdução de Sinais

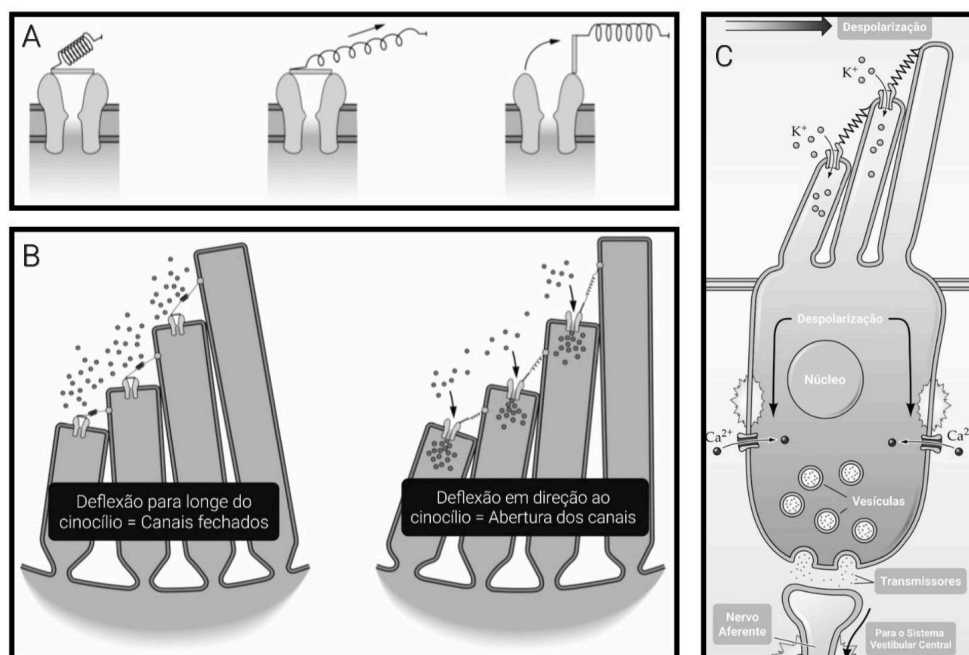
O funcionamento do sistema vestibular baseia-se na detecção de mudanças na posição e no movimento da cabeça. Quando em decorrência de determinado movimento, os estereocílios se movem em direção ao cinocílio, os *tip links* tensionam, abrindo os canais iônicos mecanossensíveis, permitindo a entrada de íons de  $K^+$  (figura 5-A,B), despolarizando a célula ciliada, que por sua vez abre canais de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) voltagem-dependentes permitindo a entrada de  $Ca^{2+}$  na célula (SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018).

Já quando o movimento acarreta na deflexão para longe do cinocílio, isso relaxa os *tip links*, fechando os canais iônicos (figura 5-A,B) e resultando na hiperpolarização da célula ciliada (SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018).

Os canais iônicos, pelos quais transitam  $K^+$  e  $Ca^{2+}$  participam ativamente no processo de transdução sináptica (SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018).

Os canais pelos quais o potássio entra e sai das células ciliadas, estão distribuídos tanto na membrana apical quanto na membrana basal das células ciliadas. Após a entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  pelos canais apicais e a consequente liberação de neurotransmissores, os canais de  $\text{K}^{+}$  cálcio dependentes, ajudam a repolarizar a célula ciliada permitindo o efluxo de  $\text{K}^{+}$  e, portanto, a restauração do potencial de membrana, mantendo assim o potencial de membrana da célula (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

Os canais de cálcio são importantes para a liberação de neurotransmissores e estão localizados principalmente na membrana basal das células ciliadas. A entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  na célula ciliada desencadeia a exocitose ao interagir com complexos proteicos responsáveis por ancorar as vesículas de neurotransmissores à membrana celular. Essa interação promove uma mudança conformacional nesses complexos, aproximando as vesículas da membrana e permitindo a fusão necessária para a liberação dos neurotransmissores (figura 5-C). Esses neurotransmissores, por sua vez, ativam os neurônios aferentes, iniciando a transmissão do sinal (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).



**Figura 5. Mecanismo de transdução de sinais pelas células ciliadas (Adaptada de KANDEL *et al*, 2021 e PURVES *et al*, 2018). A - Sistema de abertura dos canais iônicos através da distensão dos**

**tip links. B - A direção do movimento determina a abertura ou fechamento dos canais iônicos. C. Ao abrirem-se os canais iônicos em decorrência do movimento, ocorre a despolarização que irá desencadear a consequente entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  na célula e acarretar na aproximação das vesículas de neurotransmissores e sua ancoragem na membrana celular permitindo a liberação dos neurotransmissores.**

As células ciliadas do sistema vestibular funcionam em ambientes únicos criados pela endolinfa e perilinfa. A composição iônica desses fluidos é essencial para o funcionamento adequado dos canais iônicos e, conseqüentemente, para a transdução sensorial como veremos adiante (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.15. Funcionamento dos Canais Iônicos nas Células Ciliadas

Quando os estereocílios são defletidos, os tip links puxam e abrem os canais iônicos na porção apical das células, permitindo principalmente a entrada de  $\text{K}^{+}$  da endolinfa para dentro da célula ciliada. O gradiente de alta concentração de  $\text{K}^{+}$  na endolinfa e baixa concentração de  $\text{K}^{+}$  dentro da célula, favorece a entrada de  $\text{K}^{+}$  quando os canais são abertos. A entrada de  $\text{K}^{+}$  despolariza a célula ciliada (PURVES *et al*, 2018).

Após a despolarização, os canais de  $\text{K}^{+}$  na porção do corpo celular repolarizam a célula, através da saída de  $\text{K}^{+}$  da célula ciliada para a perilinfa, que possui baixa concentração de  $\text{K}^{+}$ . Este efluxo de  $\text{K}^{+}$  ajuda a restaurar o potencial de membrana da célula ciliada, permitindo a continuidade do ciclo de transdução (PURVES *et al*, 2018).

A despolarização celular desencadeia a abertura de canais de  $\text{Ca}^{2+}$  dependentes de voltagem, permitindo a entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  na célula ciliada que, por sua vez, resulta na liberação de neurotransmissores (PURVES *et al*, 2018).

A composição iônica da endolinfa e da perilinfa é fundamental para o funcionamento dos canais iônicos das células ciliadas do sistema vestibular. A endolinfa rica em potássio facilita a despolarização das células ciliadas através dos canais iônicos dos estereocílios, enquanto a perilinfa rica em sódio permite a repolarização através dos canais de potássio do corpo celular. Esses

processos são essenciais para a transdução mecânica e a comunicação eficiente com o sistema nervoso central (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

Esse mecanismo passivo de movimentação iônica preserva as reservas energéticas das células ciliadas ao evitar o uso de ATP para restaurar o potencial de membrana. Em vez disso, o gasto energético é delegado às células epiteliais adjacentes, que restabelecem os padrões iônicos entre a endolinfa e a perilinfa. Esse processo assegura a continuidade dos potenciais iônicos intra e extracelulares, mantendo a funcionalidade do sistema e a integridade das células sensoriais (GOLDBERG *et al*, 2012; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.16. Mecanismos de Neurotransmissão

Quando por meio destes mecanismos, ocorre a despolarização da célula ciliada, ocorre o aumento da liberação de neurotransmissores, principalmente glutamato, mas também GABA, glicina, histamina, entre outros (HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006; PURVES *et al*, 2018), nas sinapses com os neurônios aferentes. Isso gera potenciais de ação nas fibras do nervo vestibular, assim, os neurônios primários transmitem os sinais ao complexo do núcleos vestibulares no tronco encefálico, e no cerebelo onde estabelecem sinapses com os neurônios secundários. Os neurônios secundários, por sua vez, integram e processam essas informações, distribuindo-as para várias regiões do sistema nervoso central. Isso ocorre devido a estímulos distintos em cada região do labirinto membranoso (GOLDBERG *et al*, 2012; KANDEL *et al*, 2021).

No caso dos órgãos otolíticos, a detecção de aceleração linear se dá quando a cabeça se move linearmente ou se inclina, as otocônias nas máculas deslocam-se devido à gravidade e a inércia, este deslocamento causa a deflexão dos cílios das células sensoriais, gerando sinais elétricos que são enviados ao cérebro através do nervo vestibular (KANDEL *et al*, 2021; LENT, 2002).

Como visto anteriormente, a deflexão altera o potencial de membrana das células sensoriais, modulando a liberação de neurotransmissores nas sinapses com as fibras nervosas aferentes do nervo vestibular (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

Também vimos que a deflexão em direção ao cinocílio gera despolarização enquanto a deflexão em direção aos feixes mais curtos geram a hiperpolarização, contudo a posição das células ciliadas da mácula não são todas orientadas a uma mesma direção, isso faz com que cada grupo de células produza uma resposta diferente a uma mesma inclinação, gerando combinações específicas para cada estímulo, aumentando a especificidade da percepção dos movimentos, gerando inúmeras possibilidades de codificação (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011).

Já no caso dos canais semicirculares, a detecção de aceleração angular ocorre durante a rotação da cabeça, a endolinfa nos canais semicirculares move-se devido à inércia. Este movimento faz com que a cúpula, devido a estrutura em formato de êmbolo curvilíneo da ampola, se desloque defletindo os cílios das células sensoriais na crista ampular. A deflexão dos cílios gera potenciais de ação que são transmitidos ao tronco encefálico através do VIII nervo craniano (MARCUS & JACOBSON, 2003; HALL, 2011).

#### 4.17. VIII Nervo Craniano

O nervo vestibulococlear, também conhecido como oitavo nervo craniano, é responsável pela transmissão das informações auditivas e vestibulares do ouvido interno para o sistema nervoso central. Este nervo é composto por duas partes, o nervo vestibular que transporta sinais das células ciliadas dos órgãos otolíticos e dos canais semicirculares para os núcleos vestibulares no tronco encefálico, e o nervo coclear que transmite informações auditivas da cóclea para o encéfalo (MARCUS & JACOBSON, 2003; MACHADO & HAERTEL, 2013).

O nervo vestibular, que é parte do nervo vestibulococlear, conecta o ouvido interno, aos núcleos vestibulares no tronco encefálico (LENT, 2002), conectando o sistema vestibular periférico ao

sistema vestibular central. Essas conexões permitem que os sinais sensoriais detectados pelos órgãos otolíticos e canais semicirculares, sejam transmitidos para a porção central, nos núcleos vestibulares, para processamento (LENT, 2002; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.18. Os Núcleos Vestibulares

O complexo de núcleos vestibulares está localizado no tronco encefálico, especificamente na junção do bulbo e da ponte (HALL, 2011). Eles atuam na integração e processamento das informações sensoriais provenientes da porção periférica do sistema vestibular e também proprioceptivas, promovendo a coordenação das respostas motoras necessárias para manter o equilíbrio e a orientação espacial (MARCUS & JACOBSON, 2003; PURVES *et al*, 2018).

Ele é composto por quatro pares principais de núcleos: Núcleo Vestibular Superior (SVN), Núcleo Vestibular Medial (MVN), Núcleo Vestibular Lateral (LVN) e Núcleo Vestibular Inferior (IVN) (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006; PURVES *et al*, 2018).

O Núcleo Vestibular Superior (SVN) está localizado na porção rostral do complexo vestibular (MARCUS & JACOBSON, 2003), e está envolvido, principalmente, na mediação do reflexo vestibulo-ocular (RVO). Ele recebe informações dos canais semicirculares e projeta-se para os núcleos oculomotores para ajudar a estabilizar a imagem na retina durante os movimentos da cabeça. Possui conexões extensas com o núcleo oculomotor (CN III), núcleo troclear (CN IV), e núcleo abducente (CN VI), além de conexões com tálamo, formações reticulares e o cerebelo (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006; PURVES *et al*, 2018).

O Núcleo Vestibular Medial (MVN) que possui as subdivisões dorsal e ventral, situa-se na região medial do complexo vestibular (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006) e é importante para o controle da postura e do equilíbrio. Também participa do reflexo vestibulo-ocular (RVO) e do reflexo vestibulo-espalhal medial (RVEM), que ajuda a estabilizar a cabeça e o pescoço durante o movimento (LENT, 2002). Recebe informações dos canais semicirculares, dos



órgãos otolíticos e do cerebelo, e projeta-se para o cerebelo, tálamo, medula espinal, e núcleos abducente, oculomotor e troclear (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006; PURVES *et al*, 2018; GOLDBERG *et al*, 2012).

O Núcleo Vestibular Lateral (LVN) encontra-se lateralmente no complexo vestibular (MARCUS & JACOBSON, 2003), é o principal núcleo envolvido no reflexo vestibulo-espinal lateral (RVEL), que regula o tônus muscular dos músculos extensores para ajudar a manter a postura e o equilíbrio (LENT, 2002). Recebe aferências dos canais semicirculares e dos órgãos otolíticos, especialmente dos utrículos, e do cerebelo e envia eferências para a medula espinal através do trato vestibulo-espinal lateral (MARCUS & JACOBSON, 2003; PURVES *et al*, 2018).

Por fim, o Núcleo Vestibular Inferior (IVN), mais comumente descrito como descendente ou espinal (LAI & CHAN, 2002; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006; GOLDBERG *et al*, 2012) está localizado na parte caudal do complexo vestibular, na junção medulo-pontina (MARCUS & JACOBSON, 2003), e integra informações sensoriais provenientes do sistema vestibular, medula espinal, sistema somatossensorial e cerebelo. Está envolvido na modulação dos reflexos posturais e no controle do equilíbrio. Envia eferências para a medula espinal, e projeta para o cerebelo e outras áreas do tronco encefálico (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006; GOLDBERG *et al*, 2012).

Alguns dos reflexos mediados pelos núcleos vestibulares são o Reflexo Vestíbulo-Ocular (RVO), o Reflexo Vestíbulo-Cervical (RVC) e o Reflexo Vestíbulo-espinal (RVE) que iremos abordar mais adiante (LENT, 2002; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.19. O Cerebelo e o Sistema Vestibular

Situado posterior ao bulbo e a ponte o cerebelo possui extensas conexões com os núcleos vestibulares, particularmente no lobo floclonodular, que é essencial para a coordenação e modulação dos reflexos vestibulares (LENT, 2002; MARCUS & JACOBSON, 2003).

As conexões entre o sistema vestibular e o cerebelo são complexas e envolvem várias vias neurais específicas. As informações vestibulares chegam ao cerebelo principalmente através dos pedúnculos cerebelares inferior e médio. O pedúnculo cerebelar Inferior transporta fibras aferentes dos núcleos vestibulares, através do corpo justa-restiforme ipsilateralmente para o cerebelo, especialmente ao lobo floculonodular, mas também para outras regiões do arquicerebelo e para o vermis. Já o pedúnculo cerebelar médio, embora, seja predominantemente utilizado para fibras pontocerebelares, também participa na transmissão de algumas informações vestibulares advindas de regiões corticais relacionadas, como o córtex cingulado e o insular (MARCUS & JACOBSON, 2003).

O lobo floculonodular, também conhecido como vestíbulo-cerebelo, é a parte do cerebelo mais diretamente envolvida na recepção e processamento das informações vestibulares, recebendo informações primordialmente advindas do labirinto vestibular, desempenha um papel crucial na manutenção do equilíbrio e controle dos movimentos oculares (MARCUS & JACOBSON, 2003; HALL, 2011).

Além do lobo floculonodular, o vermis cerebelar, localizado na porção central do cerebelo, e os núcleos fastigiais também recebem informações vestibulares, sendo que este último, atua nos núcleos vestibulares de maneira excitatória, e constituem importantes áreas para a coordenação dos movimentos corporais e o ajuste postural, enviando sinais aos sistemas motores medial descendentes (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006).

O cerebelo também recebe aferências diretas do nervo vestibular sem antes passar pelos núcleos vestibulares (MARCUS & JACOBSON, 2003; HALL, 2011) chegando ao nódulo e a úvula do cerebelo através das fibras musgosas terminando no córtex cerebelar, que atua de forma inibitória no sistema vestibular (MARCUS & JACOBSON, 2003; HIGHSTEIN & HOLSTEIN, 2006).

O cerebelo, após processar as informações vestibulares, envia sinais para os núcleos reticulares da ponte e do bulbo (que dão origem aos tratos retículo-espinhais laterais e mediais) e de

volta para os núcleos vestibulares (que dão origem aos tratos vestibulo-espinhais) pelas vias corpo justa-restiforme e sistema tegmental centra.. O núcleo vestibular lateral, por exemplo, recebe projeções do lobo vestibulo-cerebelar via núcleo fastigial (MARCUS & JACOBSON, 2003).

Uma vez de volta nos núcleos vestibulares as informações são projetadas para os sistemas medial-descendentes das vias vestibulo-espinhais, para o fascículo medial-longitudinal e para o núcleo motor extraocular (MARCUS & JACOBSON, 2003).

Estes sinais são cruciais para a modulação dos reflexos vestibulares e o ajuste dos movimentos oculares e posturais (SIDEBOTHAM, 1988; KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

As informações processadas pelo cerebelo também são enviadas para outras regiões encefálicas, contralateralmente, via núcleos ventrais do tálamo seguindo para o córtex motor e então para o trato córtico-espinhal anterior (KANDEL *et al*, 2021; MARCUS & JACOBSON, 2003).

As conexões vestibulo-cerebelares permitem ao cerebelo ajustar continuamente a postura corporal para prevenir quedas e manter a estabilidade durante a locomoção. Lesões ou disfunções nas vias vestibulo cerebelares podem resultar em problemas significativos de equilíbrio, coordenação e controle dos movimentos oculares. Condições como a ataxia cerebelar, que afeta o cerebelo, podem causar desequilíbrio e descoordenação dos movimentos devido à interrupção das vias vestibulo cerebelares (MARCUS & JACOBSON, 2003).

#### 4.20. A Medula Espinal e o Sistema Vestibular

A medula espinal está envolvida na recepção, processamento e integração das informações vestibulares que são transmitidas pelos núcleos vestibulares. Ela desempenha um papel fundamental na mediação dos reflexos vestibulo-espinhais, que são essenciais para a manutenção do equilíbrio e da postura (PURVES, *et al*, 2018).

Existem dois principais tratos vestibulo-espinhais, o trato vestibulo-espinal lateral, que se origina principalmente no núcleo vestibular lateral e desce ipsilateralmente pela medula espinal, modulando a atividade dos músculos extensores e ajudando a manter a postura, e o trato vestibulo-espinal medial, que se origina no núcleo vestibular medial e se projeta bilateralmente pelos fascículos longitudinais mediais e desce pela medula espinal cervical, controlando os movimentos da cabeça e ajudando a estabilizar a posição da cabeça em relação ao corpo durante o movimento (MARCUS & JACOBSON, 2003; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

A medula espinal integra sinais vestibulares com informações provenientes de outros sistemas sensoriais, como o sistema somatossensorial, para coordenar as respostas motoras adequadas (KANDEL *et al*, 2021; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.21. O Tálamo e o Sistema Vestibular

Além de suas projeções no próprio tronco encefálico, e para o cerebelo e medula espinal, os núcleos vestibulares enviam sinais ao tálamo e ao córtex cerebral, permitindo a percepção consciente da orientação espacial e do movimento (MARCUS & JACOBSON, 2003; HALL, 2011).

Situado na porção dorsal do diencefalo, o tálamo atua como um centro de processamento, retransmissão de informações sensoriais, e integração (KANDEL, *et al*, 2021; SILVERTHORN, 2016). As projeções vestibulares que alcançam o tálamo envolvem múltiplos núcleos e vias neurais (KANDEL *et al*, 2021; GOLDBERG *et al*, 2012).

Os núcleos talâmicos retransmitem informações vestibulares para várias regiões corticais, onde essas informações são processadas e integradas para a percepção consciente e para o controle motor (KANDEL *et al*, 2021; GOLDBERG *et al*, 2012; SILVERTHORN, 2016).

Os principais núcleos talâmicos envolvidos com o sistema vestibular são os do complexo do Núcleo Ventral Posterior, que recebe projeções dos núcleos vestibulares assim como dos núcleos

profundos cerebelares, e retransmite informações para áreas somatossensoriais do córtex, para o córtex parieto-insular vestibular, córtex motor e pré-motor (KANDEL *et al*, 2021; GOLDBERG *et al*, 2012).

Os núcleos vestibulares também projetam para o Núcleo Intralaminar no tálamo, que por sua vez direciona projeções para o núcleo estriado e para o neocórtex (GOLDBERG *et al*, 2012).

#### 4.22. Os Núcleos da Base e o Sistema Vestibular

Os núcleos da base são um conjunto de núcleos no cérebro que incluem o núcleo caudado, putâmen, globo pálido, núcleo subtalâmico e substância negra, e estão envolvidos na regulação de movimentos voluntários e integração de funções sensoriais, motoras, emocionais e executivas (HALL, 2011; STILES & SMITH, 2015).

Os núcleos da base recebem informações através de vias multissensoriais como por vias talâmicas que processam informações dos núcleos vestibulares e por sua vez, processam essas informações, e enviam sinais de volta ao tálamo e ao córtex motor, contribuindo para a coordenação motora e o controle postural (HALL, 2011; GOLDBERG *et al*, 2012; STILES & SMITH, 2015).

#### 4.23. O Hipotálamo e o Sistema Vestibular

Situado abaixo do tálamo e acima da hipófise, o hipotálamo está envolvido no controle de diversas funções corporais, incluindo a regulação da temperatura corporal, osmolaridade de fluidos corporais, fome, sede, pressão sanguínea, ritmos circadianos, emoções, resposta ao estresse e o sistema endócrino através do controle da hipófise. (HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

Diversos estudos investigam a interação entre o sistema vestibular e o hipotálamo e demonstram que estes se relacionam por diversas vias, influenciando funções autonômicas, e emocionais, e possivelmente nos ritmos circadianos e resposta ao estresse. Essas conexões são importantes para a regulação da pressão arterial e a frequência cardíaca, que podem ser afetadas

por mudanças na posição do corpo e pelo movimento (GOLDBERG *et al*, 2012; SAMAN *et al*, 2012; RAJAGOPALAN *et al*, 2017; PURVES *et al*, 2018; MARTIN *et al*, 2020).

A orientação espacial e a percepção de movimento fornecidas pelo sistema vestibular podem influenciar os ritmos circadianos, via projeções do complexo de núcleos vestibulares para os núcleos supraquiasmáticos hipotalâmicos, hipotálamo posterior, e neurônios orexígenos do hipotálamo lateral, que são importantes para a sincronização dos ritmos biológicos com o ambiente externo, como o ciclo sono-vigília (HALL, 2011; MARTIN *et al*, 2020).

O sistema vestibular pode influenciar a resposta ao estresse através de conexões diretas entre os núcleos vestibulares e o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). A ativação do sistema vestibular, especialmente em situações de disfunção vestibular, estimula neurônios no núcleo paraventricular do hipotálamo, desencadeando a liberação de hormônios do estresse, como o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) e cortisol. Essa resposta, mediada por vias neuroanatômicas específicas, como projeções vestibulares para o hipotálamo e sistema límbico, promove plasticidade neural em áreas centrais como o núcleo vestibular medial e o cerebelo, ajudando na compensação vestibular, mas também amplificando respostas ao estresse em condições crônicas ou mal adaptadas, contudo estudos mais aprofundados ainda se fazem necessários nesta área (SAMAN *et al*, 2012).

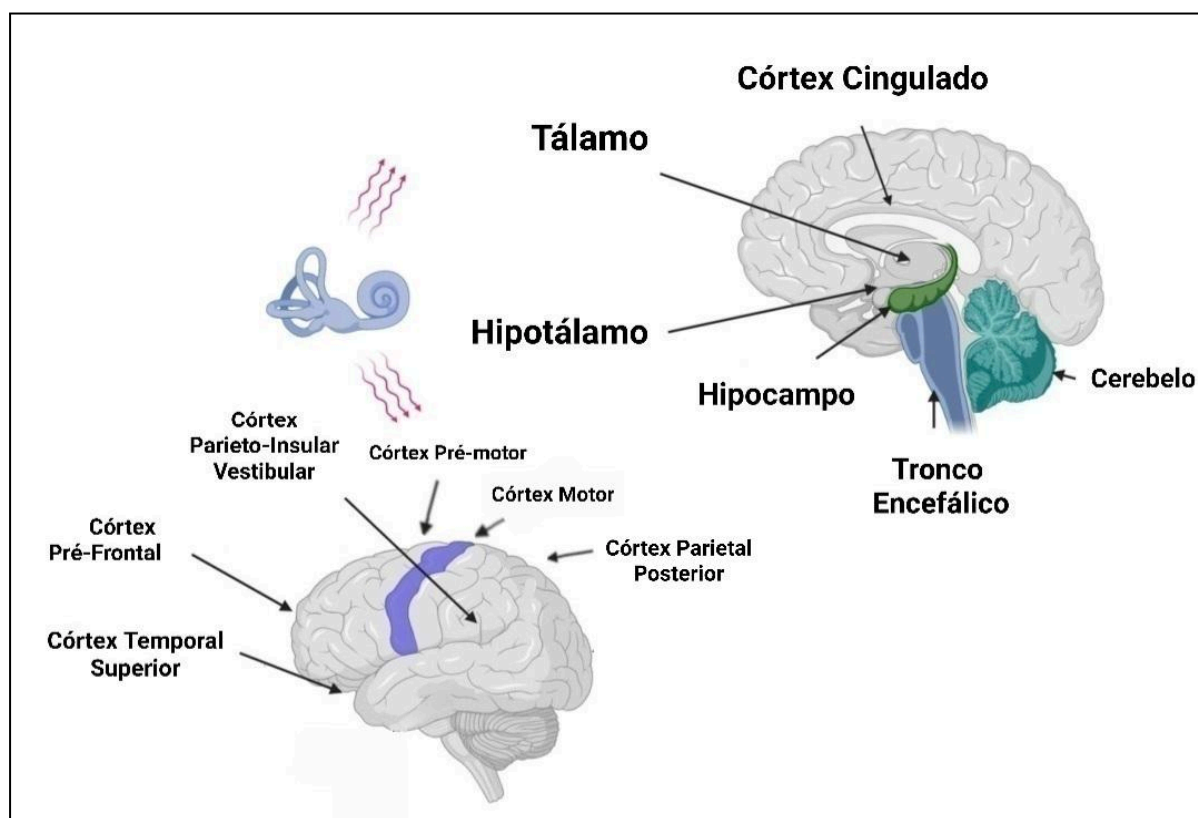
O sistema vestibular tem conexões com o sistema límbico, que além do hipotálamo, inclui estruturas como o hipocampo e a amígdala. Essas conexões são importantes para a integração de informações emocionais e de memória com a percepção de movimento e orientação espacial (KARNATH, 2001; RAJAGOPALAN *et al*, 2017).

#### 4.24. O Córtex e o Sistema Vestibular

As áreas corticais envolvidas na percepção consciente do movimento e da orientação espacial, bem como na integração das informações vestibulares com outras modalidades sensoriais

para formar uma representação coesa do ambiente e do movimento corporal são: Córtex Parieto-Insular Vestibular, Córtex Parietal Posterior, Córtex Pré-Frontal, Córtex Temporal Superior, Córtex Cingulado Anterior, Córtex Motor e Pré-Motor (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011; GOLDBERG *et al*, 2012; SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018).

As regiões corticais envolvidas no processamento vestibular (figura 6) são altamente interconectadas, permitindo a integração de informações vestibulares com sinais visuais, auditivos e somatossensoriais (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011; SILVERTHORN, 2016; PURVES *et al*, 2018).



**Figura 6. Principais regiões encefálicas envolvidas no sistema vestibular (Adaptada de BOŽANIĆ URBANČIĆ *et al*, 2024).**

Lesões ou disfunções nas regiões corticais envolvidas no processamento vestibular podem levar a distúrbios como vertigem central, desorientação espacial e dificuldades de coordenação motora (HALL, 2011; KINGMA & VAN DE BERG, 2016). Tais condições podem resultar de acidentes vasculares cerebrais, traumas cranianos ou doenças neurodegenerativas (MARCUS & JACOBSON, 2003; MACKOWETZKY *et al*, 2021). Abordaremos esse tema novamente mais adiante.

#### 4.24.1. Córtex Parieto-Insular Vestibular

O Córtex parieto-insular vestibular está localizado no giro pós-central na junção entre o lobo parietal e a ínsula, é responsável pela percepção vestibular consciente de equilíbrio e orientação espacial. Ele recebe informações dos núcleos vestibulares e desempenha um papel crucial na integração das informações vestibulares com outras modalidades sensoriais, como a visão e a propriocepção. Conecta-se com várias outras regiões corticais envolvidas no processamento sensorial e motor. A área parieto-insular vestibular serve como um ponto central para a integração vestibular, conectando-se com várias outras regiões corticais e subcorticais para formar uma rede de processamento sensorial e motor abrangente (MARCUS & JACOBSON, 2003; PURVES *et al*, 2018; GOLDBERG *et al*, 2012).

#### 4.24.2. Córtex Parietal Posterior

Situado na parte posterior do lobo parietal, integra informações sensoriais de diferentes modalidades (visual, somatossensorial e vestibular) para formar uma representação espacial do corpo e do ambiente. É fundamental para a percepção da orientação espacial e para a coordenação de movimentos direcionados. Conecta-se com o córtex pré-motor, o córtex motor primário e outras áreas associativas para mediar a coordenação motora (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.24.3. Córtex Pré-Frontal

Localizado na parte anterior do lobo frontal, está envolvido em funções executivas e na tomada de decisões. No contexto vestibular, ele integra informações sensoriais e motoras para planejar e executar movimentos voluntários, e também está envolvido em outros aspectos cognitivos como na antecipação e no ajuste de respostas motoras baseadas nas informações vestibulares periféricas pré-analisadas. Conecta-se com várias regiões corticais e subcorticais, incluindo o córtex



parietal posterior e regiões da insula (HALL, 2011; SILVERTHORN, 2016; RAJAGOPALAN *et al*, 2017; PADOVA *et al*, 2024).

#### 4.24.4. Córtex Temporal Superior

Localizado na parte superior do lobo temporal, abaixo da fissura de Sylvius, o Córtex temporal superior está envolvido na percepção de movimentos e na integração de informações auditivas e vestibulares, possivelmente auxiliando na distinção entre movimentos auto induzidos e movimentos externos do ambiente. Esta região conecta-se com o córtex parietal posterior, a área parieto-insular vestibular, e o córtex auditivo para processar informações multisensoriais (KARNATH, 2001).

#### 4.24.5. Córtex Cingulado Anterior

Situado na parte frontal do giro do cíngulo, emite projeções para os núcleos vestibulares, e está envolvido na regulação emocional, percepção da dor, atenção e memória. No contexto vestibular, ele pode estar envolvido na resposta emocional a desequilíbrios e na integração de informações vestibulares com estados emocionais. Conecta-se com o córtex pré-frontal, o córtex parietal posterior e várias estruturas límbicas (KANDEL *et al*, 2021; GOLDBERG *et al*, 2012; RAJAGOPALAN *et al*, 2017; PURVES *et al*, 2018).

#### 4.24.6. Córtex Motor e Pré-Motor

Situados no lobo frontal, anteriores ao sulco central. Essas áreas são responsáveis pelo planejamento e execução de movimentos voluntários. Elas recebem informações vestibulares para ajustar a postura e o movimento durante as atividades motoras. Conectam-se com o córtex parietal posterior, o córtex pré-frontal e os núcleos vestibulares para coordenar a resposta motora adequada (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011; SILVERTHORN, 2016).

#### 4.25. Integração

Como vimos até aqui, o sistema vestibular integra informações de outros sistemas sensoriais, incluindo o visual e o somatossensorial. Esta integração permite uma percepção precisa da orientação e do movimento do corpo no espaço (HALL, 2011). O cerebelo atua na coordenação das informações vestibulares, ajustando a atividade motora para manter o equilíbrio e a postura, enquanto áreas específicas do córtex cerebral, estão envolvidas na percepção consciente do movimento e da orientação espacial (HALL, 2011; SILVERTHORN, 2016).

Os sinais provenientes das máculas do utrículo e do sáculo são integrados em várias regiões do sistema nervoso central, principalmente nos núcleos vestibulares no tronco encefálico e no cerebelo, e retransmitidos para regiões corticais (HALL, 2011).

O sistema vestibular também participa de reflexos automáticos, como o reflexo vestíbulo-ocular, que estabiliza a imagem na retina durante o movimento da cabeça, e os reflexos vestíbulo-espinhais, que ajudam a manter a postura e o equilíbrio (LENT, 2002; HALL, 2011).

Em relação ao sistema autônomo, o sistema vestibular participa do reflexo de vômito, ativado pelo movimento percebido pelo labirinto que se comunica, por meio dos núcleos vestibulares e cerebelo, que atingem as zonas de gatilho quimiorreceptoras chegando ao centro do vômito (HALL, 2011). Uma hipótese do motivo pelo qual isso ocorre é que o sistema vestibular ativa as zonas de gatilho do vômito como resposta a conflitos sensoriais entre entradas visuais, vestibulares e proprioceptivas. Esses conflitos criam perturbações nos sistemas que mantêm a orientação espacial e a percepção do movimento, o que é interpretado pelo cérebro como um possível efeito neurotóxico. Essa interpretação evolutivamente adaptativa leva à ativação de respostas eméticas como mecanismo de defesa para eliminar substâncias tóxicas ingeridas, ainda que o estímulo original seja puramente mecânico, como em casos de enjoo de movimento (TREISMAN, 1977).

#### 4.25.1. Sistema Visual

As informações visuais são essenciais para a percepção do movimento e da posição no espaço. A integração entre os sistemas vestibular e visual ocorre através dos reflexos vestíbulo-oculares (RVO), que estabilizam a imagem na retina durante movimentos da cabeça, permitindo uma visão clara e estável (LENT, 2002). As projeções vestibulares para os núcleos de controle ocular, como o núcleo do nervo oculomotor, passam pelo fascículo longitudinal medial e facilitam a coordenação entre os movimentos oculares e a percepção vestibular (HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018).

Esse sistema recebe sinalização das áreas visuais do córtex occipital pelos tratos occipitotectal e occiptocolicular, para as regiões pretectal e do colículo superior no tronco cerebral, e então para os núcleos dos nervos oculomotores (HALL, 2011).

#### 4.25.2. Reflexo Vestíbulo-Ocular (RVO)

O RVO estabiliza a imagem na retina durante os movimentos rápidos da cabeça. Quando a cabeça se move em uma direção, o RVO provoca movimentos oculares compensatórios no sentido oposto, permitindo que os olhos mantenham o foco em um objeto fixo. Este reflexo pode ser mediado por sinais dos canais semicirculares que são integrados nos núcleos superiores e mediais vestibulares do tronco encefálico e transmitidos aos músculos oculomotores (LENT, 2002; PURVES *et al*, 2018; HALL, 2011), ou pelos órgãos otolíticos (NANDI & LUXON, 2008).

#### 4.25.3. Sistema Somatossensorial

O sistema somatossensorial fornece informações sobre a posição e o movimento dos membros e do tronco. Receptores proprioceptivos nos músculos e articulações, junto com receptores táteis na pele, contribuem para a percepção do movimento e equilíbrio. A integração das informações somatossensoriais com sinais vestibulares ocorre nos núcleos vestibulares e em áreas

corticais associadas, como o córtex parietal posterior, permitindo uma resposta coordenada e precisa ao movimento e à orientação espacial (KANDEL *et al*, 2021).

A integração multissensorial é fundamental para a função do sistema vestibular. A coordenação entre os sistemas visual, somatossensorial e vestibular permite uma percepção precisa e uma resposta adaptativa aos movimentos e à orientação espacial (HALL, 2011).

#### 4.25.4. Reflexo Vestíbulo-Cervical

O substrato anatômico para o Reflexo Vestíbulo-Cervical envolve o núcleo vestibular medial, axônios desse núcleo descem pelo fascículo longitudinal medial para alcançar os níveis superiores da medula espinal cervical. Essa via regula a posição da cabeça através da atividade reflexa dos músculos do pescoço em resposta à estimulação dos canais semicirculares causada por rotações da cabeça. Tais respostas, por sua vez, desencadeiam outros reflexos, como os reflexos vestíbulo-espinhais (PURVES *et al*, 2018).

#### 4.25.5. Reflexos Vestíbulo-Espinais

Os reflexos vestíbulo-espinhais ajudam a manter a postura e o equilíbrio durante a movimentação da cabeça e do corpo. Eles ajustam o tônus muscular e a posição dos membros para prevenir quedas e estabilizar o corpo. Os sinais vestibulares são transmitidos para a medula espinal, onde modulam a atividade dos neurônios motores que controlam os músculos do tronco e dos membros (LENT, 2002).

O Reflexo Vestíbulo-espinal é mediado por uma combinação de vias, incluindo os tratos vestíbulo-espinal lateral e medial e o trato reticuloespinal. Os inputs dos órgãos otolíticos projetam-se principalmente para o núcleo vestibular lateral, que, por sua vez, envia axônios no trato vestíbulo-espinal lateral para o corno ventral ipsilateral da medula espinal. Esses axônios terminam nos neurônios motores extensores e inibindo os neurônios motores flexores (PURVES *et al*, 2018).

#### 4.26. Origem e Desenvolvimento do Sistema Vestibular

O desenvolvimento do sistema vestibular é um processo complexo, desde as fases intrauterinas até a maturidade total, ocorrem uma série de eventos e processos que contribuem para a formação e o aprimoramento do sistema vestibular (ORNITZ *et al*, 1979; DECHESNE, 1985; DECHESNE, 1992; NANDI & LUXON, 2008).

O sistema nervoso deriva integralmente da ectoderme embrionária, a partir da placa neural, que pelo processo de neurulação dá origem ao tubo neural por volta do 22º dia após a concepção no desenvolvimento embrionário humano. É a partir das paredes do tubo neural que todo o sistema nervoso central é formado (BEAR *et al*, 2007; LENT, 2002). Então, por volta do 25º dia, ocorre o processo de diferenciação da região rostral do tubo neural que forma as três vesículas primárias, o prosencéfalo, o mesencéfalo, e o rombencéfalo, este último por sua vez irá se dividir em metencéfalo, que dará origem ao cerebelo e a ponte, e mielencéfalo, que dará origem ao bulbo (LENT, 2002; PURVES *et al*, 2018).

As origens do sistema vestibular podem ser observadas pelas projeções dos receptores do labirinto, que atingem o núcleo vestibular, que por sua vez ocupa posição proeminente no tronco encefálico (KANDEL *et al*, 2021). Como já estabelecido, o labirinto vestibular é considerado o principal componente periférico da maquinaria do sistema vestibular, e consiste de um conjunto de câmaras interconectadas, que formam-se a partir do placóide óptico do embrião (PURVES *et al*, 2018).

O placódio ótico é uma estrutura ectodérmica, que se forma por volta do vigésimo dia do desenvolvimento embrionário em ambos os lados da região do rombencéfalo, e se invagina para formar a invaginação ótica por volta do vigésimo-segundo dia. Em torno do vigésimo-oitavo dia essas invaginações evoluem para vesícula ótica, também denominada de otocisto, que posteriormente, aproximadamente na 5ª semana, passa a se dobrar a partir das paredes do otocisto, o que determina a morfologia grosseira do labirinto membranoso. Entre a sexta e sétima semana, os três

dutores semicirculares formam-se de maneira sucessiva, e os órgãos otolíticos, assim como a cóclea e o saco endolinfático começam a formar-se em compartimentos individuais. Por volta da oitava semana, as estruturas principais do labirinto, incluindo os canais semicirculares, o utrículo e o sáculo, estão formados, e atingem a morfologia adulta na décima semana (DECHESENE, 1992).

Os receptores sensoriais estão bem individualizados ao final da oitava semana e apresentam pequenos feixes ciliados, que ao longo do segundo trimestre de gestação se desenvolvem gradualmente, atingindo 55% do tamanho adulto na décima-quarta semana do desenvolvimento embrionário (DECHESENE, 1985; DECHESENE, 1992).

As conexões neurais aferentes já se mostram começando a penetrar o labirinto por volta da sétima semana e seguem se formando até a vigésima-quarta semana de gestação (DECHESENE, 1985; NANDI & LUXON, 2008), o aparato, como um todo, está funcionalmente apto entre o oitavo e nono mês (NANDI & LUXON, 2008).

Os movimentos que ocorrem durante o período embrionário, que incluem movimentos rotacionais e lineares, participam do desenvolvimento inicial do sistema vestibular. Estudos mostram que a estimulação vestibular intrauterina modula o desenvolvimento adequado das conexões neurais entre o ouvido interno e demais regiões encefálicas (RONCA *et al*, 2008; JAMON, 2014).

Após o nascimento, o sistema vestibular como um todo, continua a maturar significativamente (LAI & CHAN, 2002). Entretanto, antes de seguirmos tratando da maturação do sistema vestibular cabe, neste momento, traçar uma breve definição dos períodos tidos como infância, uma vez que optamos por abranger uma parcela desta no presente estudo, assim como dos conceitos de período e crítico período sensível, pois tais definições contribuíram para o entendimento da relevância do presente estudo ao discutirmos os períodos de maturação do sistema vestibular, tornando evidente que tal escolha não foi mera coincidência.

#### 4.27. Infância

A infância, segundo o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), é definida como o período que vai do nascimento até os 12 anos de idade incompletos (BRASIL, 2021). Esse período é dividido em fases para a implementação de políticas públicas específicas, essas fases são, a primeira infância, que engloba a primeiríssima infância (BRASIL, 2010; BRASIL, 2016; SÃO PAULO, 2018) e o período que se dá do final da primeira infância até o início da adolescência que será aqui, para todos os efeitos, denominado de segunda infância.

A primeira infância abrange o período que vai do nascimento até os seis anos de idade, englobando a primeiríssima infância. Este período é caracterizado por rápidos avanços no desenvolvimento de estruturas biológicas bem como no desenvolvimento cognitivo em aspectos emocionais e sociais (BRASIL, 2010; BRASIL, 2016).

A primeiríssima infância refere-se ao período que vai do nascimento até os três anos de idade, e é considerado o período mais importante para o desenvolvimento do ser humano (BOWLBY, 1982; SÃO PAULO, 2018).

A fase aqui denominada de segunda Infância, é o período que vai dos seis anos de idade até os 12 anos incompletos. Durante esta fase, a criança continua passando por importantes processos de desenvolvimento físicos, cognitivos, emocionais e sociais, que precedem a adolescência. Esse período é fundamental para a consolidação de aprendizagens, o desenvolvimento da autonomia e a formação de valores (BRASIL, 2017).

#### 4.28. Períodos Sensíveis e Períodos Críticos

O termo *período crítico* refere-se às janelas de tempo específicas durante o desenvolvimento de um organismo em que determinadas experiências ou estímulos são necessários para que o desenvolvimento ocorra tipicamente. Essas janelas são rígidas, sendo assim, se o organismo não for

exposto ao estímulo necessário durante o período crítico, podem ocorrer déficits permanentes na função associada. Um exemplo clássico de período crítico é a aquisição da linguagem em seres humanos. Estudos mostram que crianças que não são expostas à linguagem até uma certa idade têm grande dificuldade em adquirir habilidades linguísticas mais tarde na vida (HUBEL & WIESEL, 1970; KNUSDEN, 2004).

Já o termo *períodos sensíveis*, por outro lado, trata de janelas de tempo mais flexíveis em que a experiência tem um impacto máximo no desenvolvimento. No entanto, ao contrário dos períodos críticos, se a experiência necessária não for obtida durante o período sensível, a função ainda pode ser desenvolvida posteriormente, mas pode não ser tão eficaz ou rápida. Um exemplo de período sensível é o desenvolvimento da visão binocular em bebês. A privação de estímulos visuais durante o período sensível pode resultar em problemas de visão, mas a intervenção ainda pode ajudar a corrigir alguns dos déficits (BORNSTEIN, 1989; KNUSDEN, 2004).

#### 4.29. Maturação do Sistema Vestibular

Durante o primeiro ano de vida, há um rápido desenvolvimento e maturação do sistema vestibular especialmente dos 6 aos 12 meses (NANDI & LUXON, 2008), os reflexos vestibulares começam a se estabelecer e a resposta do nistagmo vestibular pode ser observada (ORNITZ *et al*, 1979).

Existem alguns períodos que podem ser considerados particularmente importantes para o desenvolvimento do sistema vestibular (ORNITZ *et al*, 1979; WIENER-VACHER *et al*, 2013; FERNANDES *et al*, 2015; RINE, 2018). Ornitz *et al*. (1979) discorre que entre 1 e 5 anos, o sistema vestibular continua a se desenvolver, e que este é um período crítico para o refinamento dos reflexos vestibulares e da coordenação motora associada. E que o período entre 5 e 12 anos é caracterizado por um aprimoramento contínuo da função vestibular, em que o nistagmo vestibular se torna mais estável e as respostas se assemelham mais às dos adultos.



Wiener-Vacher *et al.* (2013) argumenta que durante a infância, o sistema vestibular estabelece as importantes conexões com o tronco cerebral, cerebelo e várias áreas corticais previamente descritas, e que a estimulação vestibular adequada é crucial para o desenvolvimento dessas conexões, caracterizando três possíveis períodos críticos, que precedem as idades de 2, 7 e 11 anos. E Fernandes *et al.* (2015) caracterizam o período de 3 a 4 anos de idade como o mais importante para o desenvolvimento da habilidade de equilíbrio. Já na adolescência, o sistema atinge sua maturidade completa, e as respostas vestibulares são totalmente desenvolvidas e comparáveis às dos adultos jovens (ORNITZ *et al.*, 1979).

Durante a infância, as experiências motoras, como ser embalado, rolar, engatinhar, caminhar e brincar, estimulam o sistema vestibular e, portanto, influenciam a calibração e o refinamento das respostas vestibulares (NANDI & LUXON, 2008; RINE, 2018). A ausência de estímulos pode acarretar em consequências significativas para o desenvolvimento do sistema vestibular. Estudos indicam que a falta de movimentos rotacionais e lineares pode levar a uma defasagem nas respostas vestibulares (RONCA *et al.*, 2008. JAMON, 2014), afetando assim o desenvolvimento das demais conexões centrais do sistema, bem como seu funcionamento (WIENER-VACHER *et al.*, 2013; RINE, 2018).

#### 4.30. Disfunções, Lesões e Distúrbios Vestibulares

Disfunções no sistema vestibular podem levar a várias condições clínicas, como vertigem, desequilíbrio e nistagmo, que podem resultar de lesões, infecções, degeneração ou malformações das estruturas vestibulares (MARCUS & JACOBSON, 2003). Em crianças com deficiências neurológicas, como paralisia cerebral (CP), traumatismo cranioencefálico (TBI) e perda auditiva neurossensorial (SNHL), a prevalência de disfunções vestibulares é substancial (GHAI *et al.*, 2019). Esse dado é particularmente relevante, pois essas disfunções podem prejudicar marcos importantes do desenvolvimento motor, como caminhar e manter o equilíbrio.

Lesões ou disfunções na porção periférica do sistema vestibular, como as que ocorrem em condições como vertigem posicional paroxística benigna e doença de Ménière, podem resultar em sintomas como vertigem, desequilíbrio e nistagmo (MARCUS & JACOBSON, 2003; MACKOWETZKY I, 2021). Crianças com disfunções vestibulares frequentemente apresentam atrasos na marcha e no alcance de marcos motores, como evidenciado em crianças com SNHL e CP (NANDI & LUXON, 2008; WIENER-VACHER *et al*, 2013; RINE, 2018; GHAI *et al*, 2019). Apesar disso, mecanismos de compensação visual e somatossensorial podem atenuar os efeitos de disfunções vestibulares unilaterais, demonstrando a adaptabilidade do sistema vestibular (NANDI & LUXON, 2008).

Lesões na porção central, como aquelas causadas por acidente vascular cerebral (AVC) ou esclerose múltipla, podem afetar a integração sensorial e o controle motor, resultando em sintomas mais complexos, incluindo desequilíbrio postural (MARCUS & JACOBSON, 2003; MACKOWETZKY *et al*, 2021) e dificuldades cognitivas (WIENER-VACHER *et al*, 2013). Lesões nos núcleos vestibulares ou em suas conexões podem resultar em distúrbios como vertigem central, desequilíbrio e nistagmo. Tais lesões podem ser causadas por acidentes vasculares cerebrais, esclerose múltipla ou traumas (MARCUS & JACOBSON, 2003; MACKOWETZKY *et al*, 2021). A avaliação clínica e o uso de exames de imagem auxiliam no diagnóstico preciso das disfunções vestibulares (PURVES *et al*, 2018).

O sistema vestibular exibe plasticidade significativa, permitindo a adaptação a mudanças nas entradas sensoriais, como após lesões vestibulares periféricas ou centrais. (MARCUS & JACOBSON, 2003; NANDI & LUXON, 2008; GOLDBERG *et al*, 2012; WIENER-VACHER *et al*, 2013; McDONNEL & HILLIER, 2015; PADOVA *et al*, 2024). Isso é particularmente evidente em crianças que passam por implantes cocleares, onde a reabilitação vestibular pode reduzir significativamente os sintomas e ajudar a restaurar a função vestibular (GHAI *et al*, 2019).

Tratar disfunções vestibulares pode melhorar não apenas o equilíbrio físico, mas também os aspectos cognitivos e emocionais associados (TANEJA *et al*, 2004; WIENER-VACHER *et al*, 2013; RAJAGOPALAN *et al*, 2017; MACKOWETZKY *et al*, 2021). Abordagens de reabilitação vestibular que

envolvem estímulos visuais e proprioceptivos, além de exercícios de equilíbrio, podem ajudar a promover a plasticidade e melhorar a função vestibular (McDONNEL & HILLIER, 2015) e podem ser úteis no tratamento de distúrbios auxiliando na redução de sintomas advindos de disfunções no sistema vestibular, reduzindo os decorrentes 9 físicos (ARNOLD *et al*, 2014; McDONNEL & HILLIER, 2015) e emocionais que o indivíduo enfrenta ao longo da vida (RAJAGOPALAN *et al*, 2017).

#### 4.31. Estimulação no Desenvolvimento do Sistema Vestibular

Vimos que estimulação vestibular adequada é essencial para o desenvolvimento saudável do sistema vestibular, incluindo suas conexões corticais, e que a ausência de tais estímulos pode levar a defasagens significativas, impactando o equilíbrio, a coordenação e a percepção espacial. Portanto, é fundamental promover atividades que envolvam estimulação vestibular, ou seja movimentos rotacionais e lineares, ao longo de todas as etapas do desenvolvimento vestibular, especialmente durante a infância, para garantir uma maturação saudável deste sistema (ORNITZ *et al*, 1979; WIENER-VACHER *et al*, 2013) assim como em outras etapas da vida a fim de manter sua funcionalidade, uma vez que intervenções se mostram efetivas na recuperação deste sistema a curto e médio prazo (MARCUS & JACOBSON, 2003; ARNOLD *et al*, 2014; McDONNEL & HILLIER, 2015).

Estudos sobre reabilitação demonstram a eficácia dos movimentos que estimulam o sistema vestibular em diversas fases da vida, auxiliando em uma gama de distúrbios, lesões e disfunções vestibulares. Tais intervenções terapêuticas consistem em práticas de movimentos de cabeça, corpo e estimulação visual (MARTINS-BASSETTO *et al*, 2007; FERNANDES *et al*, 2015; RINE, 2018) e ainda, em alguns casos, tais práticas podem estar associadas a outras abordagens, como orientação a respeito da condição específica e técnicas de gerenciamento emocional (GURR & MOFFAT, 2000).

É possível inferir que, durante a adolescência e ao longo da vida adulta, a participação em atividades físicas continua a refinar e fazer a manutenção do sistema vestibular, uma vez que, apesar da degeneração natural das células ciliadas e das vias vestibulares em decorrência do

envelhecimento, a continuidade dos movimentos rotacionais e das atividades físicas apropriadas podem ajudar a mitigar os efeitos do mesmo no sistema vestibular (MARTINS-BASSETTO *et al*, 2007).

Da mesma forma, podemos dizer que movimentos rotacionais frequentes durante a infância, como girar e rolar, balançar, brincar de rodar, e outras atividades do gênero, proporcionam os estímulos essenciais para o desenvolvimento vestibular (GRIMMER, 2017; BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024).

Estudos que comparam o desenvolvimento de animais que passaram parte da gestação no espaço com animais controle que foram gestados integralmente na atmosfera terrestre, demonstram que nos órgãos otolíticos que respondem ao estímulo da força gravitacional, a hipergravidade, que seria o equivalente a uma maior estimulação, acelera maturação dos órgãos otolíticos, enquanto a microgravidade que equivale a uma baixa estimulação em tais órgãos, atrasa a maturação dos mesmos. O efeito contrário se dá nos canais semicirculares pois a microgravidade acaba por gerar um aumento da aceleração angular, causando uma quantidade maior de estímulos nos receptores desses órgãos, acarretando no amadurecimento precoce (RONCA *et al*, 2008; JAMON, 2014).

Os processos de desenvolvimento e maturação do sistema vestibular se iniciam na fase embrionária e se estendem até o final da infância, mas sua estimulação é importante e benéfica ao longo de toda a vida. Movimentos rotacionais e experiências motoras atuam na calibração e refinamento das respostas vestibulares. O sistema vestibular não só é vital para o equilíbrio e a orientação espacial, mas também está profundamente integrado com outras funções sensoriais e motoras do cérebro, incluindo o tálamo, o cerebelo e várias áreas corticais. A preservação de um sistema vestibular funcional é essencial para a saúde e o bem-estar integral do indivíduo (GURR & MOFFAT, 2000; MARTINS-BASSETTO *et al*, 2007; NANDI & LUXON, 2008; WIENER-VACHER *et al*, 2013; RAJAGOPALAN *et al*, 2017).

Boa parte dos movimentos necessários para a estimulação deste sistema ao longo da infância ocorrem através do brincar, que auxilia na formação de mapas sensoriais e cognitivos precisos e no refinamento das respostas vestibulares (GRIMMER, 2017, BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024).

#### 4.32. O Brincar

O brincar é uma atividade fundamental para o desenvolvimento integral do indivíduo, um conceito multifacetado que acarreta em implicações profundas para o desenvolvimento das funções orgânicas, executivas, emocionais e sociais (UNICEF, 2013), que como iremos ver a seguir, é reconhecida e analisada por diversos estudiosos ao longo da história.

Apesar do caráter natural e biológico do brincar, o qual pretendemos demonstrar ao final da presente dissertação, por questões histórico-culturais em diversos momentos da história, este foi tratado como algo trivial que pode e deve ser deixado de lado para que se priorize o aprendizado para a contribuição do indivíduo para a maquinaria social por meio do trabalho (HUIZINGA, 2000; HENRICKS, 2020). Tal crença se encontra ainda muito presente na concepção a respeito do brincar para muitas pessoas, podemos dizer, utilizando-nos da mesma analogia que Peter Gray (2013) ao tratar dos problemas do sistema de escolarização tradicional, que o brincar é hoje um ‘dos grandes elefantes na sala’ que, como sociedade, insistimos em ignorar na prática cotidiana, apesar dos esforços de inúmeros estudiosos em apontar o brincar como mecanismo pelo qual a aprendizagem ocorre.

Porém, antes de estabelecermos algumas definições para o brincar, é válido mencionar a contribuição histórica e contemporânea de alguns estudiosos ao redor do globo, que consideramos fundamentais no resgate da importância do mesmo, bem como discorrer, ainda que brevemente, sobre o que temos de leis relativas ao brincar atualmente. Assim poderemos melhor compreender e elaborar o conceito de Esquemas do Brincar aqui discutido, relacionando-o com o desenvolvimento

especificamente do sistema vestibular para, por fim, reforçar a estreita relação entre o brincar e o desenvolvimento biológico em seres humanos.

Assim sendo, ao falarmos no brincar é preciso lembrar primeiramente de Johann Pestalozzi, educador suíço, que foi um precursor na valorização do brincar como uma parte integral da educação. Ele acreditava que o desenvolvimento das capacidades naturais das crianças é melhor promovido através de atividades práticas e jogos que envolvem a totalidade do ser (PESTALOZZI, 1894). Pestalozzi enfatizava a importância do ambiente familiar e natural no processo de aprendizagem, sugerindo que o brincar é essencial para o desenvolvimento harmonioso das crianças.

O pedagogo alemão Friedrich Fröbel, que estudou com Pestalozzi, foi o criador do jardim de infância, e enfatizou a importância do brincar na educação infantil. Ele acreditava que, o brincar, era a atividade mais importante na vida da criança, através da qual ela explora o mundo, desenvolve habilidades motoras e executivas, e expressa sua criatividade. Hoje o projeto onde foram iniciadas as pesquisas sobre os Esquemas do Brincar, que iremos aprofundar adiante, levam o nome de Fröbel (Projeto Froebel ou *Froebel Trust Fund*) como uma homenagem a pedagogia que ele desenvolveu (ATHEY, 2007).

Rudolf Steiner, filósofo croata, fundador da pedagogia Waldorf, enfatizou a importância do desenvolvimento holístico da criança, integrando corpo, mente e espírito. A pedagogia Waldorf valoriza profundamente o brincar, especialmente o brincar livre e criativo, como essencial para o desenvolvimento infantil. Steiner descreveu o brincar como uma atividade central para o desenvolvimento motor e sensorial, estimulado através dos movimentos comuns nas brincadeiras infantis (STEINER, 1996).

A médica e educadora italiana Maria Montessori, que desenvolveu uma abordagem educacional que coloca o brincar e a exploração autônoma no centro do processo de aprendizagem, nos traz que o brincar, apesar de sua natureza leve, deve ser visto como uma atividade séria e

fundamental para a educação infantil. Montessori chamava aquilo que entendemos por brincar, de trabalho, e defendia que as crianças aprendem melhor quando estão livres para escolher atividades que lhes interessam, utilizando materiais didáticos projetados para estimular a curiosidade e o autoaprendizado. Devida esta constante analogia que faz entre aquilo que entendemos por brincar e o trabalho que a criança desempenha, seu legado ficou impresso através da frase comumente utilizada por pedagogos ao redor do mundo que diz: “O brincar é o trabalho da criança”. (MONTESSORI, 1987; MONTESSORI, 1989)

Henri Wallon, psicólogo e pediatra francês, contemporâneo a Maria Montessori, assim como ela, acreditava que o brincar contribui para o desenvolvimento de funções cognitivas motoras e sensoriais, auxiliando as crianças a desenvolverem suas identidades e a empatia, permitindo que explorem diferentes papéis e elaborem emoções, destacando a importância do movimento e da expressão corporal no brincar, tendo o corpo como um mediador entre a criança e o mundo (GALVÃO, 1998).

Mais tarde, o psicólogo russo Lev Vygotsky, através de uma perspectiva sociocultural, ao estudar o brincar, enfatizou a zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que equivale a distância entre o que a criança pode fazer sozinha e o que pode fazer com a ajuda de um adulto ou de outras crianças, onde o brincar permite que as crianças operem para além de suas capacidades individuais através da interação social. O brincar, segundo Vygotsky, é uma atividade que facilita a internalização de normas culturais e o desenvolvimento de habilidades sociais através da imitação e do jogo simbólico (GRAY, 2013; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017).

Na mesma época de Vygotsky, o biólogo, psicólogo e epistemólogo suíço Jean Piaget foi um dos pioneiros a investigar sistematicamente o brincar no contexto do desenvolvimento cognitivo. Ele propôs que o brincar é essencial para a assimilação e acomodação de novas experiências, permitindo que as crianças construam conhecimento através da interação com o ambiente (PIAGET, 1999).

Piaget identificou diferentes estágios de desenvolvimento, relacionando formas específicas de brincar que refletem o crescimento cognitivo (COHEN *et al*, 2008; GOODWAY *et al*, 2020). Segundo ele, o brincar permite que as crianças assimilem experiências do mundo real, construindo conhecimento através da interação com o ambiente, em suas palavras: “O brincar conduz da atividade para a representação, uma vez que evolui da atividade sensório-motora para o brincar imaginário ou simbólico” (PIAGET, 1999).

Os estágios de desenvolvimento de Piaget são: Estágio Sensório-Motor (0-2 anos), Estágio Pré-Operatório (2-7 anos), Estágio Operatório Concreto (7-11 anos), Estágio Operatório Formal (a partir dos 12 anos) (COHEN *et al*, 2008; GOODWAY *et al*, 2020).

No primeiro estágio, o brincar envolve atividades motoras simples e a exploração sensorial, no segundo, surgem brincadeiras simbólicas e de faz-de-conta, nas quais as crianças começam a usar objetos para representar outros objetos, no terceiro as brincadeiras tornam-se mais estruturadas, incluindo jogos com regras e atividades lógicas e no último o brincar pode envolver atividades mais abstratas, como jogos estratégicos e experimentação científica (COHEN *et al*, 2008; GOODWAY *et al*, 2020).

Aqui vale pontuar que toda determinação relativa ao desenvolvimento que padroniza faixas etárias deve ser avaliada com cautela, pois fatores como o ambiente e a individualidade de cada criança deve ser levada em consideração, portanto limitar-se a categorizar comportamentos e conquistas de habilidades, vinculando-as a determinadas idades pode, por sua vez, limitar a compreensão do desenvolvimento integral do indivíduo (HUBEL & WIESEL, 1970; BORNSTEIN, 1989; KNUSDEN, 2004; MATÉ, 2022).

Concomitante a Vygotsky e Piaget, o educador francês Célestin Freinet contribui com a conscientização sobre a importância do brincar no âmbito da educação, apesar de, assim como Montessori (1989), chamar de trabalho e não de brincadeira (SAMPAIO, 1989).



Contudo, ao analisar as descrições do que considera trabalho podemos perceber que para as crianças, as atividades que Freinet e Montessori assim consideravam, eram exercidas por elas de forma livre e espontânea puramente pelo prazer que sentiam ao fazê-las, que se assemelha muito mais ao conceito de lazer que temos hoje, do que com o conceito de trabalho que envolve labor, muitas vezes penoso e indesejado, portanto, nestes casos podemos conceber o referido “trabalho” como brincar, uma vez que, de acordo com Gray (2013), a diferenciação entre trabalho e lazer não se aplica quando entendemos a real natureza do brincar, e que essa distinção advém de questões histórico-culturais relativamente recentes na história da humanidade.

Assim sendo, ao integrar essas atividades análogas ao brincar em sua abordagem pedagógica, promovendo a aprendizagem ativa e a participação colaborativa, defendendo uma educação centrada na criança e em suas experiências livres, como uma maneira de conectar a educação à vida real, permitindo que as crianças aprendam através da experimentação e da expressão criativa (SAMPAIO, 1989).

Já a socióloga norte americana Mildred Parten contribuiu com a teoria dos estágios de desenvolvimento social do brincar, que descreve como ocorrem as interações sociais das crianças. Ela identificou seis estágios do brincar: desocupado, observador, solitário, paralelo, associativo e cooperativo (PARTEN, 1932; BERNARD, 1970; GORDON-BIDDLE *et al*, 2014).

Enquanto a pediatra húngara Emmi Pikler, focou em uma abordagem de cuidados baseada no respeito e na autonomia das crianças, colocando o brincar livre e não dirigido como primordial para o desenvolvimento saudável das crianças, permitindo-lhes explorar e aprender no seu próprio ritmo. Pikler enfatizou a importância do movimento livre e do ambiente seguro para que as crianças desenvolvam autoconfiança e habilidades motoras (GUTKNECHT & BADER, 2021).

Ao passo que o psiquiatra e psicólogo inglês John Bowlby, com sua teoria do apego, destacou a importância dos vínculos afetivos para o desenvolvimento emocional, argumentando que o brincar

permite que as crianças desenvolvam e explorem esses vínculos em um ambiente seguro, promovendo assim saúde emocional e capacidade de formar relações igualmente saudáveis. Além disso, Bowlby pontuou que o brincar é uma forma das crianças processarem suas experiências e emoções, facilitando o desenvolvimento de uma relação de apego seguro (BOWLBY, 1982).

Nos Estados Unidos, a educadora Dorothy Cohen, também enfatizou a importância do brincar para o desenvolvimento social e emocional das crianças. Ela acreditava que o brincar permite que as crianças explorem e compreendam suas emoções, construam relações sociais e desenvolvam habilidades de comunicação, destacando que o brincar funciona como uma forma de expressão criativa e de resolução de problemas (COHEN *et al*, 2008).

No Brasil, o conhecido educador e filósofo Paulo Freire, também ajudou a dar notoriedade para a importância do brincar na educação, enfatizando que a aprendizagem deve ser um processo ativo e participativo, onde as crianças são co-construtoras do conhecimento. O brincar, apesar de não ser mencionado de forma direta, pode ser identificado nas obras de Freire pela forma que ele enfatiza a importância da expressão livre e criativa, que permite que as crianças questionem, experimentem e reconstruam o conhecimento, promovendo a conscientização crítica (FREIRE, 1987; 1996).

Infelizmente não tão conhecido, é o trabalho da psicopedagoga britânica Chris Athey, que ampliou as ideias de Piaget ao focar no conceito de Esquemas na perspectiva da brincadeira da criança, argumentando que identificar esses esquemas ajuda educadores a compreender como as crianças estão explorando conceitos fundamentais, como espaço, movimento e causa e efeito (ATHEY, 2007). A pesquisa de Athey é a base principal da presente dissertação e demonstra como o brincar é uma ferramenta para o desenvolvimento intelectual e a construção de conhecimento. Os Esquemas serão aprofundados mais adiante.

Além dos pesquisadores até então mencionados, que já não estão mais entre nós, existem três nomes ainda pouco conhecidos em nosso país que influenciam as ideias abordadas aqui. Nascidos na década de 40, seguem trabalhando no intuito de colocar o brincar como protagonista para um desenvolvimento integral saudável do indivíduo, e por sua vez da sociedade que este está inserido, visto que, assim como nos traz a psicóloga Alice Miller (MILLER, 1983; 1990; 1991; 2006) em sua obra, tudo aquilo o que ocorre na infância retorna integralmente para a sociedade. São eles: o psiquiatra húngaro-canadense Gabor Maté, o psicólogo evolutivo estadunidense Peter Gray e a renomada educadora britânica Tina Bruce.

Gabor que é um dos especialistas em trauma mais reconhecidos da atualidade, destaca a importância do brincar livre para a saúde emocional e o desenvolvimento integral das crianças, argumentando que a falta de brincadeira pode levar a problemas de saúde mental e comportamentais. Ele enfatiza que o brincar permite que as crianças desenvolvam uma sensação de segurança e pertencimento (MATÉ, 1999; 2022).

Peter, que é co-fundador da organização sem fins lucrativos '*Alliance for Self-Directed Education*' (tradução livre: 'Aliança para uma educação autogerida'), defende que o brincar é essencial para o desenvolvimento emocional e social das crianças e argumenta que o brincar livre e não estruturado permite que as crianças desenvolvam habilidades de resolução de problemas, criatividade, autonomia e cooperação. Gray também destaca a importância do brincar para a saúde mental, e de se proporcionar um espaço seguro onde as crianças possam expressar emoções e enfrentar desafios (GRAY, 2013).

Tina Bruce identificou características essenciais do brincar livre e acredita que o brincar deve ser central no currículo da educação infantil. Ela argumenta que brincar é um processo natural através do qual as crianças desenvolvem habilidades essenciais, promovendo o desenvolvimento holístico, Tina trabalhou com Athey no projeto Froebel participando das pesquisas da mesma e carrega seu legado até os dias de hoje (BRUCE, 2020).

Em meio a tantas pesquisas que ressaltam a importância do brincar para o desenvolvimento, esforços políticos foram angariados e culminaram em acordos, que visam garantir às crianças o brincar como direito fundamental. A UNICEF, agência das Nações Unidas dedicada à infância, enfatiza a importância do brincar para o desenvolvimento saudável das crianças, destacando que o brincar é essencial para o bem-estar físico, emocional e social, e por isso as crianças precisam de tempo, espaço e oportunidade para brincar, tanto em casa quanto na escola, e que o brincar é um direito reconhecido pela Convenção sobre os Direitos da Criança que portanto todos os países devem garantir, alegando que a promoção do brincar deve ser uma prioridade nas políticas públicas e nos programas de educação e desenvolvimento infantil (UNICEF, 2013).

No Brasil, este acordo encontra-se refletido no ECA, no Marco Legal da Primeira Infância (Lei nº 13.257/2016), no Plano Nacional pela Primeira Infância (PNPI), e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2010; BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2021). O ECA, instituído pela Lei nº 8.069 de 13 de julho de 1990, é um marco legal fundamental para a proteção dos direitos das crianças e dos adolescentes no Brasil. O ECA estabelece uma série de direitos e garantias voltadas ao bem-estar e ao desenvolvimento integral de crianças e adolescentes, reconhecendo-os como sujeitos de direitos e cidadãos em formação. Um dos aspectos centrais contemplados pelo ECA é o direito ao brincar (BRASIL, 2021).

O direito ao brincar é abordado explicitamente no ECA (2021) como parte do direito à liberdade, ao respeito e à dignidade. O artigo 16 do ECA (2021) assegura à criança o direito à liberdade, compreendendo, dentre outros, o direito à brincadeira e às atividades recreativas:

"Art. 16. O direito à liberdade compreende os seguintes aspectos: I - ir, vir e estar nos logradouros públicos e espaços comunitários, ressalvadas as restrições legais; II - opinião e expressão; III - crença e culto religioso; IV - brincar, praticar esportes e divertir-se; V - participar da vida familiar e comunitária, sem discriminação; VI -

participar da vida política, na forma da lei; VII - buscar refúgio, auxílio e orientação."

(BRASIL, 2021).

O Marco Legal da Primeira Infância, que altera o ECA (1990) e consta na versão do mesmo de 2021 (BRASIL, 2021), reforça o brincar como direito básico da criança pelo Art. 5º e Art. 17. (BRASIL, 2016).

O PNPI dedica toda uma seção do documento tratando da defesa do direito de brincar, enfatizando que se trata de uma atividade de livre escolha, discorrendo sobre sua importância e traçando objetivos e metas a se alcançar para garantir o direito de brincar no cotidiano das crianças (BRASIL, 2010).

A BNCC, define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo da educação básica no Brasil, reconhecendo o brincar como um direito e um eixo central na educação infantil, destacando que o brincar promove o desenvolvimento integral das crianças, incluindo aspectos físicos, emocionais, sociais e executivos. Além disso, favorece a criatividade, a imaginação e a resolução de problemas, facilitando a interação social, a comunicação e a cooperação e que deve ser valorizado e incentivado no currículo escolar, proporcionando um ambiente rico e estimulante para as experiências lúdicas. (BRASIL, 2017).

#### 4.32.1. O Brincar da Perspectiva Evolutiva

De todas as definições do brincar, a que mais ressoa com o que é apresentado aqui, é a de Peter Gray que o apresenta como um mecanismo evolutivo que permite a prática de habilidades essenciais e a adaptação ao ambiente, promovendo o desenvolvimento saudável e integral dos indivíduos, uma vez que o brincar aparece em todas as espécies de mamíferos, especialmente durante o desenvolvimento, e em humanos em todas as diferentes culturas e sociedades (GRAY, 2013; GRAY, 2017).

Ao longo de sua obra, Peter mostra que o brincar tem funções evolutivas importantes, como a prática de habilidades motoras e sociais, a exploração do ambiente e a preparação para situações inesperadas, e em humanos, contribui para o desenvolvimento intelectual, emocional e social, preparando as crianças para a vida (GRAY, 2012; GRAY, 2013; GRAY, 2017).

Peter pontua que, o brincar possui quatro características básicas: (1) é voluntário e autodirigido; (2) motivado pelos meios e não pelos fins; (3) guiado por regras mentais flexíveis; (4) inclui fortes elementos da imaginação (GRAY, 2017). E ainda, como efeito destas características básicas, apresenta-se como um estado de alerta relaxado (GRAY, 2012; GRAY, 2013; GRAY, 2019).

De acordo com Peter tais características garantem o processo natural de desenvolvimento que também pode ser considerado o processo de educação, e assim como na célebre frase de Rudolf Steiner (1996) que diz que: “essencialmente não existe educação, que não a auto-educação”, é apontada por Gray como um processo individual que ocorre de dentro para fora, tal qual o brincar (GRAY, 2017).

Sendo assim, temos que o brincar envolve ações espontâneas, intrinsecamente motivadas, que podem ser observadas e categorizadas por apresentarem padrões (GRAY, 2013; GRAY, 2017), análogo a como desenvolvemos o pensamento de acordo com Piaget, através da teoria dos esquemas.

#### 4.33. Esquemas

Esquemas são os conceitos que formamos através de nossas experiências, nosso mapa de mundo, e segundo Piaget (1999) iniciamos a formação destes conceitos através das experiências sensório-motoras computando informações recebidas pelos sentidos e pela ação.

O processo de construção de esquemas é um processo que dura por toda a vida do indivíduo, pois é através dele que buscamos o que Piaget (1999), denominou de equilíbrio, ou

equilíbrio, onde o indivíduo busca fazer sentido do mundo ao seu redor e de si mesmo nesse mundo até um ponto de satisfação interna, ou equilíbrio, no sentido de que o conhecimento seja suficiente para que possa operar diante das informações que está recebendo (LA TAILLE *et al*, 1992; PIAGET, 1999; BRUCE, 2020).

Cohen *et al.* (2008) resume bem o como estamos constantemente construindo e complementando esquemas ao citar Goswami (1998, apud COHEN *et al*, 2008) que diz: “quando um esquema cognitivo se torna inadequado para dar sentido ao mundo, ele é substituído por um novo”.

#### 4.33.1. Esquemas do Brincar

Na obra "*Extending Thought in Young Children: A Parent-Teacher Partnership*" (tradução livre: ampliando o pensamento a respeito da primeira infância: Uma parceria entre pais e professores'), cuja a presente dissertação toma como base, Chris Athey (2007) desenvolveu a teoria aqui chamada de teoria dos Esquemas do Brincar. Durante seu trabalho no Projeto Froebel, onde investigou como as crianças adquirem conhecimento por meio de padrões de comportamento e interesses observados no brincar, ela observou, nos anos 90, através da ótica Piagetiana, que crianças apresentam padrões de comportamento que se repetem através de suas atitudes brincantes, e se concretizam em forma das ideias que fazemos do mundo a nossa volta, bem como as percepções que temos de nós mesmos. Ou seja, baseadas tanto em nossas experiências reais que consistem de eventos verificáveis e concretos, como nas experiências subjetivas, que referem-se a construções internas, derivadas da interpretação individual desses eventos, e são influenciadas por emoções, crenças e percepções únicas de cada pessoa (ATHEY, 2007; ARNOLD, 2015).

Tais padrões repetitivos de comportamento, são utilizados pelas crianças para explorar e interagir com o mundo ao seu redor, sendo, portanto, formas naturais de aprender e compreender o ambiente, fundamentais para o desenvolvimento cognitivo de forma geral. Athey (2007) descreve os esquemas como “padrões de comportamento repetidos pelos quais as experiências são assimiladas e

gradualmente coordenadas”, e tais coordenações levam a esquemas mais sofisticados (ATHEY, 2007; BRUCE, 2020).

A teoria de que operamos através de esquemas, pode ser encontrada de forma análoga em obras importantes para a neurociência, como quando Kandel *et al.* (2021) menciona o exemplo do jogador de tênis ao rebater uma bola, descrevendo o conjunto de vias pelas quais as memórias motoras que são evocadas de tentativas prévias de rebater bolas, permitem tal feito. O que por sua vez, teve de ser construído através de tentativas anteriores e ajustadas através da repetição. Tal como ocorre na aprendizagem por tentativa, erro, computação de dados e ajustes até atingir o objetivo desejado. Silverthorn (2016), por sua vez, diz que: “um movimento voluntário aprendido, melhora com a prática e, algumas vezes, torna-se automático, como os reflexos.”. Tais padrões podem ser facilmente observados em crianças das mais distintas idades, culturas, classes sociais, etc (ATHEY, 2007).

Athey (2007) classificou inicialmente 7 esquemas (ver quadro 1). Após a publicação de seus trabalhos referentes aos Esquemas, as teorias de Athey ganharam notoriedade no campo da pedagogia em diversos países, e através de novas observações, algumas terminologias foram alteradas e outros esquemas foram relatados como veremos adiante.

Em tese, os esquemas podem ser agrupados de diversas formas pois são inerentes ao indivíduo e representam as vias neurais, que são os caminhos formados por conexões entre neurônios (KANDEL *et al.*, 2021), que se estabelecem na cognição de cada um de forma única (PIAGET, 1999; BRUCE, 2020), e, portanto, não estão limitados aquilo que foi apresentado por Athey (2007), além disso, por serem padrões de comportamento observáveis que podem ser generalizados pela criança, podem ser explorados de diversas formas (BRUCE, 2020).

Ainda assim, os esquemas de Athey (2007) constituem a base para o que temos como consenso no âmbito da pedagogia. Desde a disseminação de seu trabalho, outros pesquisadores



elaboraram em cima destes conceitos e hoje, popularmente se fala em 9 esquemas mais comuns, observáveis e identificáveis, especialmente na infância, sendo eles: contenção, orientação, posicionamento, trajetória, transporte, envelopamento, transformação, conexão e rotação (ARNOLD, 2015; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; BOULTON & THOMAS, 2022). Uma breve descrição destes 9 Esquemas encontra-se no quadro abaixo (Quadro 2).

Os conceitos de Esquemas são difundidos e têm sua importância teórica e prática reconhecidas no Reino Unido, Nova Zelândia, Portugal, Alemanha, África do Sul, China, Finlândia, nos estudos, treinamentos e preparo profissional daqueles que trabalham no campo da educação infantil (ATHEY, 2007; HAUTAMÄKI & KUPIAINEN, 2014; ARNOLD, 2015; DEGUARA & NUTBROWN, 2017; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; ARNOLD, 2019; BOULTON & THOMAS, 2022; HEWITT, 2022;), porém, infelizmente isso ainda é pouco conhecido no Brasil. O presente trabalho tem como um dos seus objetivos modificar essa realidade.

Sendo assim, dos atuais 9 esquemas, por questões de cunho prático e relação aparentemente lógicas, focaremos no esquema de rotação buscando evidenciar as relações deste esquema com as vias e estruturas neurológicas relativas ao sistema vestibular.

#### 4.33.2. Esquema de Rotação

O esquema de rotação, que equivale ao que Athey (2007) chamou de dinâmico circular e rotação, é um dos 9 esquemas mais comuns de serem observados ao longo da infância, que consiste em uma série de demonstrações de interesses da criança por tudo aquilo que gira, a criança apresenta em seus momentos de brincadeira, lazer e curiosidade, preferência por atividades que envolvam girar o próprio corpo utilizando-se ou não de balanços ou outros aparatos para tal fim, correr em círculos em torno de um eixo qualquer, brincar com bolas, peões, observar rodas, desenhar círculos ou objetos que rolam, até mesmo passar longos períodos apenas olhando

curiosamente o tambor da máquina de lavar em funcionamento (ATHEY, 2007; ARNOLD, 2015; GRIMMER, 2017, BOULTON & THOMAS, 2022).

De forma sucinta a criança apresenta alto interesse pelo movimento rotacional. Athey observa que esses esquemas são particularmente importantes no desenvolvimento da percepção espacial e na compreensão das relações espaciais (ATHEY, 2007).

Esquemas e, especificamente, esquemas de rotação, são padrões de comportamento importantes para o desenvolvimento infantil. Através do brincar motivado intrinsecamente, as crianças estimulam o sistema vestibular, essencial para o equilíbrio e a percepção espacial (GRIMMER, 2017). Esse processo nos permite inferir que tais atividades não são apenas naturais e divertidas, mas também possuem funções biológicas cruciais para o desenvolvimento das funções biológicas e cognitivas.

Uma vez que o sistema vestibular é responsável pelo equilíbrio e pela orientação espacial e que o movimento é fundamental para o desenvolvimento adequado de suas estruturas e funcionalidade, podemos perceber as relações entre o esquema de rotação e o desenvolvimento vestibular, o que não limita um Esquema a uma única estrutura e muito menos uma estrutura a um único Esquema.

Quando crianças participam de atividades que envolvem rotação, como rodopiar ou girar objetos, elas estão estimulando o sistema vestibular (GRIMMER, 2017; BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024), portanto, estão consequentemente auxiliando-o em seu desenvolvimento.



**Figura 7. Criança interessada no esquema de rotação, à esquerda brincando com uma bolinha de gude que percorre um labirinto circular e à direita observando atentamente os movimentos rotacionais de uma máquina de lavar roupas (Fotos de acervo pessoal).**

A pesquisa de Athey sugere que esquemas, tais como o de rotação são frequentemente escolhidos pelas crianças porque oferecem uma maneira natural e prazerosa de explorar e entender o mundo, sendo, portanto intrinsecamente motivados, ou seja, as crianças escolhem fazer por conta própria, sem pressão externa. Podemos assim inferir que, atividades que envolvam padrões esquemáticos, podem ter funções biológicas importantes, tais como o desenvolvimento e fortalecimento do sistema vestibular.

#### 4.33.3. Riscos da Privação do Exercício dos Esquemas do Brincar

Em nossos modelos atuais de sociedade, nem sempre as crianças têm a possibilidade da livre expressão de suas motivações intrínsecas, que na verdade possuem a importante função de estimular e exercitar o organismo com o objetivo biológico, pré-programado, de preparar e otimizar as funções básicas necessárias para a sobrevivência e o sucesso transgeracional da espécie. Objetivo este, que na espécie humana, assim como em outras espécies de mamíferos, tem como meios as brincadeiras realizadas ao longo das fases de desenvolvimento que precedem a vida adulta (GRAY, 2013).

Neste sentido, os campos da psicologia e da psiquiatria reforçam a profunda conexão entre o brincar e a saúde emocional das crianças, demonstrando que o brincar, em suas diversas formas, desempenha um papel crucial no desenvolvimento emocional e na capacidade de lidar com situações desafiadoras.

Gray (2013; 2023) argumenta que o brincar livre e autônomo é essencial para o desenvolvimento emocional saudável. Em suas pesquisas, ele destaca que crianças que têm liberdade para brincar desenvolvem uma maior autonomia emocional e resiliência, pois o brincar permite que as crianças explorem suas emoções em um ambiente seguro, testando limites e enfrentando medos de maneira significativa. Essas experiências ajudam a construir a autoconfiança e a capacidade de enfrentar desafios emocionais no futuro.

Importante esclarecer que o conceito de resiliência aqui utilizado se refere à habilidade de navegar situações inusitadas e prejudiciais de forma a encontrar meios de sobreviver a elas com o mínimo de danos possíveis e apenas pelo tempo necessário para se encontrar uma solução ou saída bem sucedida para a situação, bem sucedida no sentido de garantir não somente a sobrevivência mas principalmente a homeostasia dos indivíduos envolvidos, assegurando assim uma vida feliz, saudável e satisfatória (GRAY, 2013; GRAY, 2019; PORGES & PORGES, 2023).

A ideia de que o brincar é uma forma natural de as crianças se desenvolverem, é reforçada por Maté (2022). Além disso, Gabor (Maté, 2022) sustenta que o brincar influencia o campo emocional ao citar a importância de uma abordagem em que o adulto de referência envolve o brincar nas interações com a criança, enfatizando a perspectiva de Bowlby (1982), de que o brincar pode ser visto como uma extensão do vínculo de apego, onde a presença de uma figura de apego segura encoraja a criança a se aventurar e explorar o mundo ao seu redor. Além disso, o brincar em um contexto de relação de apego seguro promove o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais, como empatia e resolução de conflitos (BOWLBY, 1982).

A privação do brincar natural na infância pode levar a uma série de consequências psicológicas negativas. Crianças que não têm a oportunidade de brincar livremente podem apresentar níveis mais altos de ansiedade e depressão, conforme destacado nas pesquisas de Gray (2013; 2023) e Maté (1999; 2022).

A falta de oportunidades para brincar limita a capacidade das crianças de desenvolver habilidades emocionais e sociais críticas, como a resiliência, a empatia e a capacidade de resolver problemas, pode resultar em dificuldades de relacionamento e problemas comportamentais (BOWLBY, 1982). Crianças privadas de brincar são menos propensas a desenvolver um senso de auto eficácia e podem ter dificuldade em lidar com situações estressantes de maneira saudável (GRAY 2013; GRAY *et al*, 2023).

As pesquisas de Gray, Maté e Bowlby ressaltam a importância vital do brincar para a saúde emocional das crianças. O brincar não apenas fornece um meio para as crianças explorarem e processarem emoções, mas também fortalece a resiliência e promove um desenvolvimento emocional equilibrado. As consequências da privação do brincar natural são severas e sublinham a necessidade de garantir que todas as crianças tenham oportunidades abundantes para brincar livremente.

Os Esquemas do Brincar permitem às crianças experimentarem, e internalizarem conceitos fundamentais sobre o espaço, a física, as relações sociais e as experiências de uma forma geral (ATHEY, 2007). A liberdade e a diversidade do brincar promovem a exploração desses esquemas em sua forma mais natural conforme eles se manifestam de acordo com a necessidade de cada indivíduo (ATHEY, 2007; GRAY, 2013; BRUCE, 2020).

Alguns dos prejuízos causados pelo estímulo inadequado dos sistemas sensoriais, foram ilustrados anteriormente ao discutirmos o desenvolvimento e maturação do sistema vestibular. Contudo, tais prejuízos não se restringem apenas às características orgânicas. Como vimos, o sistema

vestibular, assim como os diversos sistemas biológicos, integra uma gama de funções, apresentando interconectividade com a cognição e suas vertentes emocionais. Portanto, a estimulação inadequada afeta também, por consequência, tais aspectos da complexa condição biológica dos seres humanos (BOŽANIĆ URBANČIČ *et al*, 2024).

Uma vez que evidenciamos a clara relação entre o esquema de rotação com a estimulação do sistema vestibular, pode-se dizer que explorar estes padrões, que se apresentam como Esquemas de Brincar, oferecem a oportunidade da criança de se desenvolver plenamente, inclusive nos campos emocionais. Portanto, a impossibilidade de vivenciar os esquemas não só limita o desenvolvimento cognitivo no sentido da compreensão de conceitos fundamentais, mas também na saúde emocional das crianças.

Não atender a esta demanda da infância, possibilitando brincadeiras de qualidade e satisfação destas motivações, pode gerar incontáveis prejuízos no pleno desenvolvimento das futuras gerações, e alguns destes, já podemos identificar nas gerações atuais. Pesquisas apontam que crianças que passam mais tempo envolvidas com telas por exemplo, que pode ser considerado um formato de lazer mais passivo e não ativo, oposto ao brincar livre, apresentam atrasos cognitivos no campo motor e de cunho sócio-emocional (ARABIAT *et al*, 2023; MARTÍN-CÁRDABA *et al*, 2024) . A intenção aqui não é associar telas a um prejuízo propriamente dito, e sim evidenciar que o uso indiscriminado das mesmas reduz a oportunidade da criança em tempo a ser investido em outras atividades fundamentais para o desenvolvimento saudável, onde provavelmente surgem os maiores prejuízos (MATÉ, 2022; ARABIAT *et al*, 2023; MARTÍN-CÁRDABA *et al*, 2024).

Assim, cabe aqui ressaltar, que o uso das telas não monitorado pode expor a criança a inúmeros conteúdos inapropriados sujeitando-a a uma série de perigos, bem como a uma assimilação equivocada da realidade, gerando também prejuízos em termos de segurança física e emocional (BERT *et al*, 2016; MATÉ, 2022; MARTÍN-CÁRDABA *et al*, 2024; MAZZEO *et al*, 2024).

Vale esclarecer que, por monitoramento, entende-se realizar uma curadoria dos conteúdos ao mesmo tempo que se está constantemente conversando e orientando a criança a compreender aquilo que se consome, e a evitar conteúdos inadequados. Sempre explicando as razões pelas quais tal conteúdo pode ser potencialmente danoso, elaborando o como o que se consome pode influenciar a vida fora das telas de forma positiva ou negativa e auxiliando-a a diferenciar o que se vê nas telas daquilo que a vida material, e não a virtual, realmente consiste, buscando assim guiar a criança para um uso saudável e sustentável, das tecnologias. Sustentável no sentido que poderá continuar sendo utilizado de forma positiva de uma perspectiva geral, levando em conta um benefício global, por longos períodos, sem causar prejuízos para os seres humanos ou para os demais seres e ecossistemas. O que, de acordo com Martín-Cárdaba *et al* (2024), não se dá em um lugar de controle e restrições propriamente ditas.

Ou seja, é preciso incluir a criança no processo da alfabetização tecnológica com respeito às motivações intrínsecas que surgem naturalmente do desejo de compreender aquilo que se vê constantemente ao seu redor, enquanto a protege de um ambiente no qual ela ainda não possui as habilidades e recursos para navegar sozinha. Assim como provemos auxílio para que a criança aprenda a subir em uma árvore em segurança e assim alcançar os bons frutos da mesma. Mostramos quais as melhores árvores para se escalar, explicamos os motivos e acompanhamos as tentativas de subida para ajudar na compreensão do processo, nos mantemos atentos para que não se pise em falso ou em locais perigosos, ficamos de prontidão para segurar a criança em caso de queda, e em última instância estamos ali para auxiliar caso não seja possível evitar a queda, e para que possamos então, atender aos ferimentos. Assim, ao passo que a criança vai adquirindo e demonstrando habilidade podemos nos afastar aos poucos, na confiança de que ela tem agora recursos suficientes para escalar a árvore por conta própria.

Sendo assim, é importante frisar que não se trata de uma questão de controlar o uso de telas por assim dizer, mas sim de orientar para o uso das mesmas, uma vez que o interesse espontâneo se tornar incontornável, e forem necessárias tais intervenções (MARTÍN-CÁRDABA et al, 2024).

Vale também pontuar que, prestar atenção ao que a criança consome nas telas, pode, de forma análoga a observação das preferências nas brincadeiras proposta por Athey (2007), oferecer pistas valiosas aos cuidadores para perceberem os interesses da criança, incluindo os interesses esquemáticos.

Uma vez que os cuidadores percebam tais interesses, o conhecimento dos mesmos pode servir para que se encontre alternativas para atender a eles em outros formatos, inclusive fora das telas. Auxiliando a tornar o brincar mais atrativo que os recursos tecnológicos, assim como se pode fazer quando consideramos necessário redirecionar algum comportamento esquemático possivelmente perigoso para a criança (ATHEY, 2007; GRIMME, 2017; BRUCE, 2020).

Ao combinar tais observações com as informações relativas aos Esquemas do Brincar, pais, educadores e cuidadores de crianças em geral, podem melhor compreender o que está se passando com a criança e escolher as formas mais adequadas para atender suas necessidades de desenvolvimento, de acordo com o momento e com os recursos disponíveis.

#### 4.33.4. Impacto do Esquema de Rotação no Desenvolvimento

O Esquema do Brincar de Rotação é caracterizado por ações repetitivas que envolvem movimentos circulares (ATHEY, 2007), como girar em torno de si mesmo, brincar em equipamentos de playground (gira-giras, balanços circulares), rodopiar objetos, desenhar formas que remetem ao movimento ou a formas circulares, podendo inclusive se apresentar refletido na expressão de comunicação da criança, tal qual a fala, utilizando-se de recursos de comunicação que remetem a ações como: girar, rodar, rodopiar, circular, espiralar, etc (ATHEY, 2007; GRIMMER, 2017; BRUCE, 2020). Além disso, ocorrem de forma oculta aos sentidos alheios a nível de pensamentos individuais



(ATHEY, 2007; ARNOLD, 2015; ARNOLD, 2019). Tudo isso ativa direta ou indiretamente o sistema vestibular, responsável por interpretar movimentos, equilíbrio e orientação espacial (GRIMMER, 2017; BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024).

Como descrito por Božanić Urbancič *et al*. (2024), a estimulação vestibular adequada durante a infância é fundamental para o desenvolvimento das conexões centrais desse sistema com outras áreas do encéfalo, incluindo o córtex motor, o sistema límbico (GURR & MOFFAT, 2000; MARTINS-BASSETTO *et al*, 2007; NANDI & LUXON, 2008; WIENER-VACHER *et al*, 2013; RAJAGOPALAN *et al*, 2017; BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024).

Durante o Esquema de Rotação, grande parte dos movimentos ativam as células sensoriais dos canais semicirculares e dos órgãos otolíticos. Essas experiências fortalecem os reflexos vestibulo-oculares e vestibulo-espinais, e acionam regiões do sistema nervoso associadas à regulação emocional e ao aprendizado motor, formando uma grande rede interconectada que integra as informações dos núcleos vestibulares e as diversas regiões encefálicas previamente mencionadas (NANDI & LUXON, 2008; WIENER-VACHER *et al*, 2013; GRIMMER, 2017;).

Portanto, podemos considerar que, integrar brincadeiras que envolvam rotação nos contextos educacionais e familiares é essencial para assegurar uma estimulação vestibular rica, que contribua para o amadurecimento do sistema nervoso e para a promoção do desenvolvimento saudável.

#### 4.34. Disseminação de Informações ao Público

Como estabelecido através da presente dissertação é fundamental que criemos possibilidades para que as crianças explorem os esquemas da forma mais ampla possível, mas para que isso ocorra é necessário que os cuidadores compreendam a dimensão da importância do brincar, portanto é preciso que essas informações possam extrapolar o meio científico atingindo o público geral.

Para tanto, em sociedade com o investidor, produtor e editor Augusto César de Figueiredo Calili, o Projeto #SemeandoBrincadeiras, que atualmente consiste em uma marca registrada no INPI, foi criado para divulgar informações relativas ao brincar principalmente por meio das mídias digitais.

O projeto oferece informações gratuitas a respeito do desenvolvimento infantil e a importância do brincar na aprendizagem por meio de vídeos e textos, buscando sempre um olhar sustentável em termos ecológicos e ambientais mas principalmente a respeito daquilo que se sustenta de acordo com a natureza biológica do indivíduo, visando encontrar equilíbrio entre a programação biológica do ser humano e os ambientes e arranjos sociais nos quais nos encontramos, levando em consideração os contextos histórico-culturais dos diversos grupos populacionais bem como o contexto único do universo de cada indivíduo.

No projeto buscamos sempre oferecer sugestões de brincadeiras que atendam às diversas necessidades do indivíduo no brincar, muitas vezes propondo que este seja realizado com materiais naturais, como por exemplo areia, restos de alimentos, argila, materiais da vida cotidiana, como utensílios de cozinha, objetos disponíveis no ambiente domiciliar ou de convívio da criança, materiais reutilizados, como sucata e recicláveis, e também incentivando consumo de segunda mão. Partindo do pressuposto que para brincar, a criança não precisa de brinquedo propriamente dito, pois na relação com a criança tudo pode se tornar um brinquedo, e que o importante para a infância é o brincar, e este pode acontecer na espontaneidade do cotidiano, independente de brinquedos que são criados para comercialização.

Além das informações gratuitas o #SemeandoBrincadeiras oferece serviços de consultorias, palestras, workshops e oficinas dentro das inúmeras temáticas do brincar, mas principalmente nas linhas de pesquisa que envolvem os esquemas do brincar, fases do brincar, brincar na aprendizagem e desenvolvimento integral saudável, bem como na promoção de um brincar mais ecológico, consciente e sustentável.

A maior parte dos conteúdos produzidos até o presente momento, podem ser acessados pelo instagram (<https://www.instagram.com/semelandobrinadeiras>), contudo alguns conteúdos são produzidos exclusivamente para o blog do website (<https://semelandobrinadeiras.com.br>) e para o canal no YouTube (<https://youtube.com/@semelandobrinadeiras>), que vem sendo os focos para as produções futuras, na tentativa de conduzir o público para espaços que acomodam conteúdos mais aprofundados.

Parece contraditório pensarmos em comunicar a importância dessa conscientização por meio da tecnologia que tanto se apresenta prejudicial para o desenvolvimento, entretanto ousamos afirmar que a tecnologia em si não é o problema, mas sim o uso excessivo que acaba por privar as crianças de outras experiências fundamentais para um bom desenvolvimento integral, bem como uso inapropriado e sem orientação adequada suficiente, que capacite sua utilização sem causar danos para o indivíduo em maturação (MARTÍN-CÁRDABA et al, 2024). Tendo em vista que o público alvo são adultos cuidadores de crianças e não as crianças em si, e que o movimento de utilização de tais tecnologias se mostram indissociáveis da vida moderna, se faz necessário levar a informação onde o público, que tanto necessita destas informações, se encontra (SOUZA & DALE, 2024).

#### 4.35. Percebendo e Utilizando o Conhecimento sobre Esquemas

Ao entender, identificar e apoiar os Esquemas do Brincar, os cuidadores podem criar ambientes de aprendizagem mais responsivos e eficazes que expandem o aprendizado de maneira significativa (ATHEY, 2007; GRIMMER, 2017; BRUCE, 2020).

Em situações em que permitir o exercício de um esquema, tal qual ele se apresenta, por representar algum risco real para a criança como, por exemplo, rodar no topo de uma superfície alta, direcioná-la para atividades que possuam relação esquemática com a necessidade intrínseca é uma opção, uma vez que também ativa as vias neurais que seriam ativadas na ação inicial, geralmente satisfazendo-a (ATHEY, 2007; WIENER-VACHER, 2023).

Contudo, buscar meios de permitir, primordialmente, a execução das ações no formato natural que elas se apresentam, aumenta as chances da satisfação plena do indivíduo na busca pela equilíbrio (PIAGET, 1999), e por consequência, a probabilidade de que o indivíduo logre os objetivos desenvolvimentistas ou emocionais que estão por trás da ação, e que muitas vezes nos fogem aos olhos, como no caso aqui apresentado, em que os movimentos rotacionais influenciam o desenvolvimento do sistema vestibular e suas funções relacionadas.

Compreender que tais ações são na realidade uma necessidade inerente ao desenvolvimento do sistema nervoso, ajuda a desmistificar alguns comportamentos tidos como “maus comportamentos” ou inadequação da criança, tornando cuidadores mais responsivos e evitando diagnósticos desnecessários, promovendo assim saúde integral para os indivíduos em desenvolvimento (ATHEY, 2007; GRIMMER, 2017; BRUCE, 2020; EIGENMANN, 2023).

Nesse sentido, o presente trabalho se alinha com a abordagem da Educação Positiva, desenvolvida pela Escola de Educação Positiva (escola de Pós-graduação e Certificação em Educação Positiva, reconhecida pelo MEC) que compreende que todo comportamento é na verdade uma comunicação do indivíduo, refletindo uma necessidade a ser atendida: tal qual ocorre quando vamos até a cozinha em busca por alimento ou para um local aconchegante e silencioso para dormirmos, por exemplo (EIGENMANN, 2023).

A abordagem da Educação Positiva tem, como um de seus pilares, o Desenho Original do ser Humano, que afirma que quando as necessidades como as de movimento, sono, alimentação e excreção da criança não são respeitadas, toda e qualquer expressão consiste em um pedido de ajuda para que estas necessidades básicas sejam restituídas ao seu ritmo natural (GUTMAN, 2016; EIGENMANN, 2023). Bem como a Teoria do Apego, que elenca o brincar como uma das necessidades primordiais para o estabelecimento do apego seguro, que por sua vez é fundamental para promover o desenvolvimento saudável do indivíduo (BOWLBY, 1982; EIGENMANN, 2023).

Da mesma forma, a necessidade de se desenvolver motiva uma série de comportamentos aqui refletidos nos Esquemas do Brincar, que precisam ser atendidos a fim de promover um pleno desenvolvimento das funções orgânicas, emocionais, executivas e sociais do indivíduo, e não devem ser negadas às crianças, assim como não se deve negar o alimento, o sono adequado ou as demais necessidades que a sociedade atual já reconhece como fundamentais (BRASIL, 2021).

Através das mídias sociais, por meio do #SemeandoBrincadeiras, além dos vídeos teóricos em que apresentamos conceitos importantes para a melhor compreensão do brincar, oferecemos também sugestões de como atender a tais necessidades em diversos contextos, incluindo o redirecionamento de uma ação esquemática para outra, auxiliando assim cuidadores a aumentarem seus leques de recursos para identificar e promover o brincar mais adequado e assertivo nas mais distintas ocasiões.

#### 4.36. Expandindo Horizontes para Semear Sonhos e Futuros

Para finalizarmos, gostaríamos de discorrer sobre os casos de alguns modelos de escolas democráticas, que consistem em objeto de estudo de Peter Gray, e da Finlândia, que como veremos adiante, é atualmente o país com os melhores índices de educação e felicidade.

Gray dedicou uma parte significativa de seu trabalho ao estudo das escolas democráticas, onde a liberdade e a autodireção dos alunos são centrais para a metodologia educacional. Gray conduziu pesquisas detalhadas sobre essas instituições, especialmente a Sudbury Valley School, que teve seu modelo original instaurado em Massachusetts que é uma das mais renomadas escolas democráticas dos Estados Unidos, e algumas outras escolas Sudbury que se formaram a partir do modelo original (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY 2013; GRAY *et al*, 2021).

As escolas democráticas, como a *Sudbury Valley School*, são escolas particulares que apesar disso operam com um custo por pupilo menor do que o das escolas públicas, além de mensalidades mais acessíveis que a maioria das escolas particulares e são caracterizadas por alguns princípios

fundamentais. Nessas escolas, os alunos têm total liberdade para escolher como gastar seu tempo e quais atividades ou assuntos explorar. Não há currículos obrigatórios, e a educação é personalizada de acordo com os interesses individuais de cada aluno (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

As decisões sobre a gestão da escola são democráticas, com cada aluno e membro da equipe tendo um voto igual. As reuniões escolares, onde todos podem participar e votar, são um componente central dessa estrutura. Os alunos são incentivados a assumir a responsabilidade por seu próprio aprendizado e pelo ambiente escolar. Isso promove um senso de autonomia e autoeficácia. Além disso, as escolas democráticas buscam criar um ambiente que imita a vida real, onde as crianças aprendem através de interações sociais, exploração prática e experiências diretas. Uma característica chave para a dinâmica dessas escolas é a interação multi-etária que proporciona um ambiente rico em oportunidades de aprendizagem dentro das zonas de desenvolvimento proximal (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY 2013; GRAY *et al*, 2021).

Peter conduziu várias pesquisas para avaliar a efetividade das escolas democráticas, delas destaca-se um estudos em que um extenso questionário foi respondido por ex-alunos da *Sudbury Valley School* a fim de entender como suas experiências na escola democrática impactaram suas vidas subsequentes (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

Os resultados indicaram que os ex-alunos tendem a se sair bem academicamente e profissionalmente. Muitos prosseguiram para o ensino superior e alcançaram sucesso em diversas carreiras, no sentido de que, independente do grau de instrução acadêmica, para além da compensação financeira e reconhecimento, encontraram propósito satisfação interna e principalmente, felicidade. A flexibilidade e a adaptabilidade adquiridas durante sua educação foram frequentemente citadas como fatores contribuintes para esse sucesso (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

Os ex-alunos relataram altos níveis de satisfação pessoal e bem-estar. A autonomia e a liberdade experimentadas na escola democrática contribuíram para um forte senso de autoconhecimento e confiança, fundamentais para a satisfação pessoal (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

A ênfase nas interações sociais e na responsabilidade pessoal nas escolas democráticas ajudou os alunos a desenvolverem habilidades sociais e emocionais robustas. Isso incluiu a capacidade de trabalhar em equipe, resolver conflitos e liderar, ou seja, promover ações de facilitação e mediação no grupo, exercendo influência por meio do diálogo e da capacidade de ouvir, persuadir e articular soluções que considerem as necessidades e os desejos de todos os envolvidos. Liderar, nesse contexto, não implica controle ou hierarquia rígida, mas sim a habilidade de colaborar e fomentar consensos em busca do bem comum (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

Ex-alunos das escolas estudada por Gray, frequentemente destacaram que a liberdade para explorar seus interesses e a falta de restrições curriculares incentivaram um espírito empreendedor, no sentido que observam e respondem às necessidades do coletivo, identificando oportunidades de ação que promovam mudanças positivas e sustentáveis, de forma criativa e resiliente, reunindo recursos e pessoas para atender às demandas do grupo de forma colaborativa. Além disso, muitos se tornaram líderes e inovadores em suas áreas de atuação, propondo soluções originais e criativas para desafios do cotidiano, utilizando seu conhecimento e experiência para melhorar o bem-estar da comunidade como um todo, contribuindo para transformações que respeitem os valores, as culturas e as necessidades das pessoas ao seu redor, e não focando apenas em ganhos individuais (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

Essas pesquisas destacam a efetividade das escolas democráticas em preparar alunos não apenas academicamente, mas também emocional e socialmente, equipando-os com habilidades essenciais para a vida adulta. Gray argumenta que o modelo educacional democrático pode servir

como uma alternativa viável aos sistemas educacionais tradicionais, especialmente em um mundo que vem, felizmente, valorizando cada vez mais a criatividade, a adaptabilidade e a resiliência na vida adulta, uma vez que essas características, se preservadas também estão associadas a uma vida saudável e feliz (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY, 2019; GRAY *et al*, 2021).

Já a Finlândia, tem se destacado repetidamente em diversos rankings globais, tanto pelos altos níveis de felicidade de seus cidadãos, quanto pela qualidade de seu sistema educacional, que no caso, diferentemente das escolas democráticas apresentadas anteriormente, em sua maior parte e especialmente na educação infantil e primária, operam como serviço gratuito. Além disso, tanto as instituições públicas como as privadas seguem os mesmos padrões e diretrizes, oferecendo uma educação de qualidade para todos de forma igualitária (MATÉ, 2022; HELLIWELL *et al*, 2024; EURYDICE, 2023).

Alguns dos fatores que contribuem para esse sucesso incluem a alta qualificação dos professores que compreendem o desenvolvimento humano e grande parte das ideias aqui apresentadas, a ênfase no aprendizado colaborativo e a ausência de um sistema de testes padronizados extensivos. Em vez disso, a avaliação contínua e personalizada dos alunos é priorizada, permitindo um ambiente de aprendizado mais adaptativo e menos estressante (MATÉ, 2022; OECD, 2024).

A Finlândia, portanto, serve como um exemplo global de como políticas eficazes e bem implementadas podem impactar positivamente a sociedade. E apesar de contrastar com as escolas democráticas aqui discutidas, em termos de incentivo financeiro para gestão, acessibilidade em termos de abrangência da população e condução geral dos processos educacionais tais como aulas formais, ambos formatos educacionais convergem em diversos pontos filosóficos e pedagógicos, buscando colocar a criança no protagonismo de seu próprio desenvolvimento e processo de aprendizagem.



Os princípios da teoria dos Esquemas influenciam a prática pedagógica na Finlândia, que valoriza a aprendizagem através do brincar para o desenvolvimento infantil, e de proporcionar um ambiente onde as crianças podem explorar e aprender de maneira natural e significativa (FINLÂNDIA, 2024; HAUTAMÄKI & KUPIAINEN, 2014), e espontaneamente encontra-se presente nas escolas democráticas, uma vez que nestas últimas, o interesse e a motivação intrínseca da criança é profundamente respeitado (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY, 2019; GRAY *et al*, 2021).

## 5. Considerações Finais

Ao analisarmos a relação do esquema do brincar de rotação e o desenvolvimento do sistema vestibular, podemos observar como o brincar pode ser considerado um mecanismo evolutivo biológico que auxilia o indivíduo nos processos de aprendizagem e desenvolvimento.

Estudar a relação dos Esquemas do Brincar com o desenvolvimento de sistemas biológicos pode favorecer a compreensão dos meios pelos quais os indivíduos atingem um melhor desenvolvimento. Seria interessante que pesquisadores que porventura se interessem por este tópico, desenhassem novos estudos como o da presente dissertação, ou ainda mais aprofundados de observação, a semelhança do que fez Athey, mas que pudessem quantificar e relacionar as atividades esquemáticas, com ganhos cognitivos e motores, e com desenvolvimento de estruturas biológicas que possam ter relação com o esquema investigado, possivelmente analisando as regiões encefálicas ativadas quando identificadas ações que remete a um esquema em específico. Um obstáculo para tais estudos seriam os de avaliar o comportamento natural, uma vez que ao fazerem parte de um estudo de observação sistemática e avaliações neurais, já constitui um processo não-natural.

Incorporar os conhecimentos de estudos que busquem compreender tais mecanismos nas práticas educacionais, tendo como base modelos que colocam a criança no centro da aprendizagem, assim como os modelos das Escolas Democráticas estudadas por Gray, os implementados no sistema de educação da Finlândia e ainda nas abordagens sustentadas pela Escola de Educação Positiva, podem resultar em melhorias profundas na saúde física e mental das futuras gerações.

Isso é semear sonhos e futuros.

## 6. Referências

- ARABIAT, D.; AL JABERY, M.; ROBINSON, S.; WHITEHEAD, L.; MÖRELIUS, E. Interactive technology use and child development: A systematic review. *Child: Care, Health and Development*, v. 49, n. 4, p. 679-715, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cch.13082>. Acesso em: 26 ago, 2024.
- ARNOLD, C. How action schemas are reflected in young children's emerging language. *Early Child Development and Care*, v. 189, n. 12, p. 1992-2004, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03004430.2018.1427087>. Acesso em: 25 jun, 2024.
- ARNOLD, C. Schemas: a way into a child's world. *Early Child Development and Care*, v. 185, n. 5, p. 727-741, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/03004430.2014.952634>. Acesso em: 26 jun, 2024.
- ARNOLD, S. A.; STEWART, A. M.; MOOR, H. M.; KARL, R. C.; RENEKER, J. C. The effectiveness of vestibular rehabilitation interventions in treating unilateral peripheral vestibular disorders: a systematic review. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, [s.l.], v. 25, n. 5-6, p. 241-249, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pri.1635>. Acesso em: 29 jun, 2024.
- ATHEY, C. Extending thought in young children: a parent-teacher partnership. 2. ed. London: Sage Publications Ltd., 2007.
- BALABAN, C. D. Neural substrates linking balance control and anxiety. *Physiology & Behavior*, v. 77, n. 4-5, p. 469-475, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031938402009356>. Acesso em: 28 jun, 2024.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. Neuroscience: Exploring the brain. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007. cap. 7.

- BERNARD, J. Mildred Parten Newhall 1902-1970. *The American Sociologist*, 5 (4), p. 383–383, 1970. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/27701690>. Acesso em: 08 jun, 2024.
- BERT, F.; GUALANO, M. R.; CAMUSSI, E.; SILIQUINI, R. Risks and threats of social media websites: Twitter and the Proana movement. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, v. 19, n. 4, p. 1-6, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26991868/>. Acesso: 27 ago, 2024.
- BHONKER, Y.; USHAKOV, K.; AVRAHAM, K. B. Human gene discovery for understanding development of the inner ear and hearing loss . In: ROMAND, R.; VARELA-NIETO, I. (Eds.). *Development of Auditory and Vestibular Systems*. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2014. cap. 4.
- BIGELOW, R. T.; AGRAWAL, Y. Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *Journal of Vestibular Research*, v. 25, p. 73–89, 2015. Disponível em: <https://content.iospress.com/articles/journal-of-vestibular-research/ves544>. Acesso em: 19 jul, 2024.
- BORNSTEIN, M. H. Sensitive periods in development: Structural characteristics and causal interpretations. *Psychological Bulletin*, v. 105, p. 179–197. 1989. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1989-21877-001>. Acesso em: 6 set, 2024.
- BOULTON, P.; THOMAS, A. How does play in the outdoors afford opportunities for schema development in young children? *International Journal of Play*, v. 11, n. 2, p. 184-201, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21594937.2022.2069348?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 25 jun, 2024.
- BOWLBY, J. Apego e perda: V. 1 - Apego. 2. ed. Nova York: Basic Books, 1982.

BOŽANIĆ URBANČIČ, N.; BATTELINO, S.; VOZEL, D. Appropriate vestibular stimulation in children and adolescents: a prerequisite for normal cognitive, motor development and bodily homeostasis: a review. *Children*, Basel, v. 11, n. 2, p. 1-13, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38275423/>. Acesso em: 22 Nov, 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Plano Nacional da Primeira Infância. Brasília: MEC, 2010.

BRASIL. Lei n.º 13.257, de 8 de março de 2016. Dispõe sobre as políticas públicas para a Primeira Infância e altera a Lei n.º 8.069, de 13 de julho de 1990 (Estatuto da Criança e do Adolescente), o Decreto-Lei n.º 3.689, de 3 de outubro de 1941 (Código de Processo Penal), a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei n.º 5.452, de 1º de maio de 1943, e a Lei n.º 11.770, de 9 de setembro de 2008. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/l13257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13257.htm). Acesso em: 09 jul, 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2017.

BRASIL. Estatuto da Criança e do Adolescente. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Brasília: Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos, 2021

BRIERLEY, J.; NUTBROWN, C. Understanding Schematic Learning at Two. London: Bloomsbury Academic, 2017.

BRUCE, T. Educating Young Children - A Lifetime Journey into a Froebelian Approach - The Selected Works of Tina Bruce. 1.ed. London: Routledge, 2020.

CRUCIAN, G. P.; BARRETT, A. M.; SCHWARTZ, R. L.; BOWERS, D.; TRIGGS, W. J.; FRIEDMAN, W.; HEILMAN, K.M. Cognitive and vestibulo-proprioceptive components of spatial ability in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*. 2000. v. 38, n. 6, p. 757-767. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0028393299001438?via%3Dihub>. Acesso em: 28 jun, 2024.

COHEN, D. H.; STERN, V.; BALABAN, N.; GROPPER, N. Observing and recording the behavior of young children. 5. ed. New York: Teachers College Press, 2008. cap. 5; cap. 7.

DECHESNE, C. J.; SANS, A. Development of vestibular receptor surfaces in human fetuses. *American Journal of Otolaryngology*, v. 6, n. 5, p. 378-387, 1985. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196070985800168?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jul, 2024

DECHESNE, C. J. The development of vestibular sensory organ in human. in: ROMAND, R. (Ed.). *Development of Auditory and Vestibular Systems 2*. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 1992. cap. 14.

DEGUARA, J.; NUTBROWN, C; Signs, symbols and schemas: understanding meaning in a child's drawings. *International Journal of Early Years Education*, v. 26, p. 4-23. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09669760.2017.1369398>. Acesso em: 26 jun, 2024.

EIGENMANN, M. Pais feridos. Filhos sobreviventes: E como quebrar este ciclo. 1. ed. Bauru, SP: Astral Cultural, 2023.

EURYDICE - Rede de Informações sobre Educação na Europa. Overview? National education system in Finland. Bruxelas: Comissão Europeia, 2023. Disponível em: <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/finland/overview>. Acesso em: 07 dez, 2024.

FERNANDES, R.; HARIPRASAD, S.; KUMAR, V. K. Physical therapy management for balance deficits in children with hearing impairments: a systematic review. *Physiotherapy*, v. 51, n.8, p.753-758, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jpc.12867>. Acesso em: 29 jun, 2024.

- FINLÂNDIA. National core curriculum for early childhood education and care. Helsinque: Finnish National Agency for Education, 2022. Disponível em: <https://www.oph.fi/en/education-and-qualifications/national-core-curriculum-ecec-nutshell#anchor-national-core-curriculum-for-ecec-obligates>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- FRANCO, E. S.; PANHOCA, I. Vestibular function in children underperforming at school. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, v. 74, n. 6, p. 815-825, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1808869415301415?via%3Dihub>. Acesso em: 17 fev, 2022.
- FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GALVÃO, I. Henri Wallon: uma concepção dialética do desenvolvimento infantil. 4. ed. Petrópolis: Vozes. 1998.
- GHAJ, S.; HAKIM, M.; DANNENBAUM, E.; LAMONTAGNE, A.. Prevalence of vestibular dysfunction in children with neurological disabilities: a systematic review. *Frontiers in Neurology*, v. 10, p. 1294, 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2019.01294/full>. Acesso em: 29 jun, 2024.
- GRAY, P.; CHANOFF, D. Democratic schooling: what happens to young people who have charge of their own education? *American Journal of Education*, v. 94, n. 2, p. 182-213, fev. 1986. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1084948>. Acesso em: 21 jul, 2024.

GRAY, P. Evolutionary functions of play: practice, resilience, innovation, and cooperation. In: SMITH, P. K.; ROOPNARINE, J. *The Cambridge Handbook of Play: Developmental and Disciplinary Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. cap. 6.

GRAY, P. *Free to learn: why unleashing the instinct to play will make our children happier, more self-reliant, and better students for life*. New York: Basic Books, 2013.

GRAY, P.; LANCY, D. F.; BJORKLUND, D. F. Decline in Independent Activity as a Cause of Decline in Children's Mental Wellbeing: Summary of the Evidence. *Journal of Pediatrics*. v. 260. 2023. Disponível em: [https://www.jpeds.com/article/S0022-3476\(23\)00111-7/abstract](https://www.jpeds.com/article/S0022-3476(23)00111-7/abstract). Acesso em: 07 jul, 2024.

GRAY, P.; RILEY, G.; CURRIE-KNIGHT, K. Former Students' Evaluations of Experiences at a Democratic School: Roles of the Democratic Processes, Staff, and the Community of Students. *Other Education: The Journal of Educational Alternatives*, v. 10, n. 2, p. 4-25, 2021. Disponível em: [https://cdn2.psychologytoday.com/assets/hvss\\_study\\_published.pdf](https://cdn2.psychologytoday.com/assets/hvss_study_published.pdf). Acesso em: 21 jul, 2024.

GRAY, P. The value of a play-filled childhood in development of the hunter-gatherer individual. In: NARVAEZ, D.; PANKSEPP, J.; SCHORE, A.; GLEASON, T. *Evolution, Early Experience and Human Development: From Research to Practice and Policy*. New York: Oxford University Press, 2012. cap. 14.

GRAY, P. What exactly is play, and why is it such a powerful vehicle for learning? *Top Language Disorders*, v. 37, n. 3, p. 217-228, 2017. Disponível em: [https://cdn2.psychologytoday.com/assets/what\\_is\\_play\\_published.pdf](https://cdn2.psychologytoday.com/assets/what_is_play_published.pdf). Acesso em: 07 jul, 2024.



- GRIMMER, T. Observing and Developing Schematic Behaviour in Young Children: A Professional's Guide for Supporting Children's Learning, Play and Development. London and Philadelphia: Jessica Kingsley Publishers, 2017.
- GOLDBERG, J. M.; WILSON, V. J.; CULLEN, K. E.; ANGELAKI, D. E.; BROUSSARD, D. M.; BÜTTNER-ENNEVER, J. E.; FUKUSHIMA, K.; MINOR, L. B. The Vestibular System: A Sixth Sense. Oxford University Press, 2012. cap. 3; cap. 6; cap. 13; cap. 16.
- GÓMEZ-ALVAREZ, F. B.; JAUREGUI-RENAUD, K. Psychological Symptoms and Spatial Orientation During the First 3 Months After Acute Unilateral Vestibular Lesion. *Archives of Medical Research*, v. 42, n. 2, p. 97-103, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S018844091100049X?via%3Dihub>. Acesso em: 19 jul, 2024.
- GOODWAY, J. D.; OZMUN, J. C.; GALLAHUE, D. L. Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults. 8th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020. Cap. 2.
- GORDON-BIDDLE, K.; GARCIA NEVARES, A.; ROUNDTREE HENDERSON, W.; VALERO-KERRICK, A. Early childhood education: Becoming a professional. Los Angeles: SAGE. 2014. Cap. 10.
- GURR, B.; MOFFAT, N.. Psychological consequences of vertigo and the effectiveness of vestibular rehabilitation for brain injury patients. *Brain Injury*, Poole, v. 15, n. 5, p. 387-400, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11350653/>. Acesso em: 11 jul, 2024.
- GUTKNECHT, D.; BADER, C. The Pikler Approach to Infant and Toddler Education and Care. In: D. Gutknecht (Ed.), Aspects U3 – Study Texts Network QuiCC, 1, 2021. Disponível em: <https://www.eh-freiburg.de/network-quality-in-childcare-and-family-day-care-freiburg/?lang=en#aspects-u3>. Acesso em: 07 jul, 2024.

GUTMAN, L. A Biografia Humana. Rio de Janeiro: Editora Best Seller, 2016.

HALL, J. E. Guyton and Hall textbook of medical physiology. 14. ed. Philadelphia, Pa: Elsevier, 2011. cap. 51; cap. 55; cap. 56; cap. 57; cap. 58; cap. 59; Cap. 63.

HAUTAMÄKI, J.; KUPIAINEN, S. Learning to learn in Finland: Theory and policy, research and practice. In: *CRICK, R. D.; STRINGHER, C.; REN, K. Learning to learn International perspectives from theory and practice*. Oxon: Routledge, 2014. Cap. 8.

HELLIWELL, J. F.; LAYARD, R; SACHS, J. D.; DE NEVE, J-E.; AKNIN, L. B.; WANG, S. World Happiness Report 2024. The UN Sustainable Development Solutions Network, 2024. Disponível em: <https://worldhappiness.report/ed/2024/happiness-of-the-younger-the-older-and-those-in-between/#ranking-of-happiness-2021-2023>. Acesso em: 12 jun, 2024.

HENRICKS, T. S. Play studies: a brief history. *American Journal of Play*, v. 12, n. 2, p. 117-132, 2020. Disponível em: <https://www.museumofplay.org/journalofplay/issues/volume-12-number-2/>. Acesso em: 10 dez, 2024.

HEWITT, E. An exploration of the relationship between schema and language: four young child case studies. *Early Child Development and Care*, v. 192, n. 12, p. 1931-1939, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03004430.2021.1954628?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 25 jun, 2024.

HIGHSTEIN, S. M.; HOLSTEIN, G. R. The anatomy of the vestibular nuclei. In: *Progress in brain research*, v. 151. Elsevier B.V., 2006. cap. 6.

HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N. The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *The Journal of Physiology*, v. 206, p. 419–436. 1970. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1348655/>. Acesso em: 3 set, 2024.

- HUIZINGA, J. Homo ludens: o jogo como elemento da cultura. Tradução de João Paulo Monteiro. Revisão de Mary Amazonas Leite de Barros. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000. (Coleção Estudos; dirigida por J. Guinsburg).
- JAMON, M. The development of vestibular system and related functions in mammals: impact of gravity. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, v. 8, p. 11, 2014. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/integrative-neuroscience/articles/10.3389/fnint.2014.00011/full>. Acesso em: 17 fev, 2022.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. Principles of Neural Science, 4. ed. [s.l.] McGraw-Hill Medical, 2000.
- KANDEL, E. R.; KOESTER, J. D.; MACK, S. H.; SIEGELBAUM, S. A. Principles of neural science. 6th ed. New York: McGraw Hill, 2021. p.3-4; cap. 11.
- KARNATH, H. O. New Insights into the Functions of the Superior Temporal Cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 2, n. 8, p. 568-576, 2001. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35086057>. Acesso em: 15 jul, 2024.
- KINGMA, H.; VAN DE BERG, R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. In: FURMAN, J. M.; LEMPET, T. (Ed.). *Handbook of Clinical Neurology*. 3rd series, Neuro-Otology, vol. 137. Elsevier B.V., 2016. cap.1.
- KNUDSEN, E. I. Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 16, p. 1412–1425. 2004. Disponível em: <https://direct.mit.edu/jocn/article-abstract/16/8/1412/3895/Sensitive-Periods-in-the-Development-of-the-Brain?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 6 set, 2024.
- LAI, C. H.; CHAN, Y. S. Development of the vestibular system. *Neuroembryology*, Basel, v. 1, n. 2, p. 61-71, 2002. Disponível em: <https://karger.com/neb/article-abstract/1/2/61/206295/Development-of-the-Vestibular-System?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 16 Jun, 2024.

- LA TAILLE, Y. de; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias Psicogenéticas em Discussão. São Paulo: Summus Editorial, 1992.
- LEMOS, L. E. C. Neurofisiologia e Psicologia, 1. ed. Manaus: Edições Governo do Estado, 2001. cap.2.
- LENT, R. Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos fundamentais de neurociência. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2002. cap. 6, p.193-210; cap. 12.
- MACHADO, A.; HAERTEL, L. M. Neuroanatomia funcional. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. Cap 11.
- MACKOWETZKY, K.; YOON, K. H.; MACKOWETZKY, E. J.; WASKIEWICZ, A. J. Development and evolution of the vestibular apparatuses of the inner ear. *Journal of Anatomy*. v. 239, n. 4, p. 801-828. 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joa.13459>. Acesso em: 06 jun, 2024.
- MARCUS, E. M.; JACOBSON, S. Integrated Neuroscience - A clinical problem solving approach, 1. ed. New York: Springer Science+Business Media, 2003. cap. 1; cap.7; cap.11; cap. 12; cap. 13; cap. 15; cap. 20.
- MARTIN, T.; ZOUABI, A.; PASQUIER, F.; DENISE, P.; GAUTHIER, A.; QUARCK, G. Twenty-four-hour variation of vestibular function in young and elderly adults. *Chronobiology International*, v. 38, n. 1, p. 90-102, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07420528.2020.1835941>. Acesso em: 18 jul, 2024.
- MARTÍN-CÁRDABA, M. Á.; MARTÍNEZ DÍAZ, M. V.; LAFUENTE PÉREZ, P.; GARCÍA CASTRO, J. Smartphone ownership, minors' well-being, and parental mediation strategies. *Journal of Youth and Adolescence*, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10964-024-02013-7>. Acesso em: 27 ago, 2024.

- MARTINS-BASSETTO, J.; ZEIGELBOIM, B. S.; JURKIEWICZ, A. L.; RIBAS, A.; DINIZ da ROSA, M. R. Reabilitação vestibular em idosos com Parkinson. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 269-281, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcefac/a/PLHry6RFPFg647XkGDt9KYC/>. Acesso em: 15 jul, 2024.
- MATÉ, G. *Scattered Minds: The Origins and Healing of Attention Deficit Disorder*. New York: Plume, 1999.
- MATÉ, G. *The Myth of Normal: Trauma, Illness, and Healing in a Toxic Culture*. New York: Avery, 2022. cap. 9; cap. 13.
- MAZZEO, S. E.; WEINSTOCK, M.; VASHRO, T. N.; HENNING, T.; DERRIGO, K. Mitigating harms of social media for adolescent body image and eating disorders: a review. *Psychology Research and Behavior Management*, v. 17, p. 2587-2601, 2024. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11229793/>. Acesso em: 27 ago, 2024.
- McDONNELL, M. N.; HILLIER, S. L. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction (Review). *The Cochrane Library*, v. 1, p. 1-112. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11259236/>. Acesso em: 29 jun, 2024.
- MILLER, A. *For Your Own Good: Hidden Cruelty in Child-Rearing and the Roots of Violence*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 1983.
- MILLER, A. *The Drama of the Gifted Child: The Search for the True Self*. New York: Basic Books, 1990.
- MILLER, A. *Conhecimento banido*. São Paulo: Cia das Letras, 1991.
- MILLER, A. *Não Perceberás: A Repressão da Maternidade e a Questão da Maternidade na Sociedade Contemporânea*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- MONTESSORI, M. *A criança. Circuito do Livro*, 1989.

MONTESSORI, M. A mente absorvente. Rio de Janeiro: Nórdica, 1987.

NANDI, R.; LUXON, L. M. Development and assessment of the vestibular system. *International Journal of Audiology*, v. 47, n. 9, p. 566-577, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14992020802324540>. Acesso em: 06 jun, 2024

OECD. Finnish Education Evaluation Centre (FINEEC): OECD Centre for Skills Evaluations, OECD Skills Studies. Paris: OECD Publishing. 2024. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/finnish-education-evaluation-centre-fineec\\_b1c0b194-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/finnish-education-evaluation-centre-fineec_b1c0b194-en.html). Acesso em: 14 ago, 2024.

ORNITZ, E. M.; ATWELL, C. W.; WALTER, D. O.; HARTMAN, E. E.; KAPLAN, A. R. The maturation of vestibular nystagmus in infancy and childhood. *Acta Otolaryngol*, v. 88, p. 244-256, 1979. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00016487909137166>. Acesso em: 03 jul, 2024.

PADOVA, D.; FARIA, A.; RATNANATHER, J. T.; SO R. J.; ZHU S.; AGRAWAL, Y. Vestibular Function is Associated with Prefrontal and Sensorimotor Cortical Gray Matter Volumes in a Cross-Sectional Study of Healthy, Older Adults. *Aperture Neuro*. v.4, p. 1-16, 2024. Disponível em: <https://apertureneuro.org/article/116785-vestibular-function-is-associated-with-prefrontal-and-sensorimotor-cortical-gray-matter-volumes-in-a-cross-sectional-study-of-healthy-older-adults>. Acesso em: 15 jul, 2024.

PARTEN, M. B. Social participation among pre-school children. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, Washington, D.C., v. 27, n. 3, p. 243-269, 1932. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1933-03543-001>. Acesso em: 09 jul, 2024.

PESTALOZZI, J. H. How Gertrude Teaches Her Children. Syracuse: C. W. Bardeen, 1894.

PIAGET, J. Play, dreams and imitation in childhood. London: Routledge. 1999.

PORGES, S. W.; PORGES, S. Our polyvagal world: how safety and trauma change us. New York: W. W. Norton & Company, 2023.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, D.; HALL, W. C.; LAMANTIA, A.-S.; MOONEY R. D.; PLATT, M.L.; WHITE, L. E. Neuroscience, 5th ed. Sinauer Associates, 2018. cap. 6; cap. 9; cap. 10; cap. 13; cap. 14; cap. 17; cap. 20; cap. 21; cap. 22; cap. 25; cap. 32; Apêndice A07-A14.

RAJAGOPALAN A.; JINU, K. V.; SAILESH, K. S.; MISHRA, S.; REDDY, U. K.; MUKKADAN, J. K. Understanding the links between vestibular and limbic systems regulating emotions. *Journal of natural science, biology, and medicine*, v. 8, n. 1, p. 11-15. 2017 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5320810/>. Acesso em: 15 jul, 2024.

RINE, R. M. Vestibular rehabilitation for children. In: McCASLIN, Devin L.; CHRISTY, Jennifer B. Contemporary concepts in pediatric vestibular assessment and management. *Seminars in Hearing*, New York: Thieme Medical Publishers, v. 39, n. 4, p. 334-344, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6054578/>. Acesso em: 17 jul, 2024.

RONCA, A. E.; FRITZSCH, B.; BRUCE, L. L.; ALBERTS, J. R. Orbital spaceflight during pregnancy shapes function of mammalian vestibular system. *Behavioral neuroscience*, v. 122, n.1, p. 224–232. 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2610337/pdf/nihms-81667.pdf> Acesso em: 09 jul, 2024.

SAMAN, Y.; BAMIOU, D. E.; GLEESON, M.; DUTIA, M. B. Interactions between stress and vestibular compensation – a review. *Frontiers in Neurology*, v. 3, n. 116, p.1-8. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3406321/>. Acesso em: 16 jul, 2024.

SAMPAIO, R. M. W. F. Freinet: evolução histórica e atualidades. São Paulo: Scipione, 1989.

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Saúde. São Paulo pela Primeiríssima Infância: mapeamento de práticas. *Boletim do Instituto de Saúde (BIS)*, v. 19, jul. 2018.

SIDEBOTHAM P. Balance through the ages of man. *The Journal of Laryngology and Otology*. v. 102, n.3, p. 203-208. 1988. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-laryngology-and-otology/article/abs/balance-through-the-ages-of-man/1E5734E4A10A0BE6ED01872988CA0F17>  
Acesso em: 10 jul, 2024.

SILVERTHORN, D. U. Fisiologia Humana uma Abordagem Integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. cap. 9; cap. 10; cap. 13.

SOUZA, J. B. de; DALE, C. S. Science communication on social media - challenges and opportunities. BrJP [online]. 2024, v. 07. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brjp/a/T3cBsXMkgstsc66sJVP74Mx/?lang=en>. Acesso em: 30 Nov, 2024.

STEINER, R. The Child's Changing Consciousness as the basis of pedagogical practices. New York: Anthroposophic Press, 1996.

STILES, L.; SMITH, P. F. The vestibular-basal ganglia connection: balancing motor control. *Brain Research*. v. 1597, p. 180-188. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006899314016709?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jul, 2024.

TANEJA, V.; BERI, R.S.; PULIYEL, J.M. Play in Orphanages. *Indian Journal of Pediatrics*, v. 71, p.297-299. 2004. Disponível em: <https://jacob.puliyel.com/download.php?id=42>. Acesso em: 03 jun, 2024.



TREISMAN, Michel. Motion sickness: an evolutionary hypothesis. *Science*, New York, v. 197, n. 4302, p. 493-495, 1977. Disponível em:

[https://www.science.org/doi/10.1126/science.301659?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://www.science.org/doi/10.1126/science.301659?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed). Acesso em: 12 Dez, 2024.

UNICEF. Convention on the rights of the Child. Disponível em:

<https://www.unicef.org/child-rights-convention/convention-text>. Acesso em 23 Jun, 2024.

WIENER-VACHER, S. R.; HAMILTON, D. A.; WIENER, S. I. Vestibular activity and cognitive development. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, Lausanne, v. 7, 2013. Disponível

em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2013.00092/full> Acesso em: 12 jul, 2023.

## 7. Anexos

### 7.1. Anexo I - Versão Preliminar de Artigo para Possível Publicação

#### **A relação entre o “Esquema do Brincar de Rotação” e o desenvolvimento do sistema vestibular e sua importância para o desenvolvimento do sistema nervoso. Um olhar sobre a primeira infância.**

Paula Scholze Borges Curral & André Schwambach Vieira

##### **Resumo**

O sistema vestibular compreende estruturas do ouvido interno, tronco encefálico, cerebelo e córtex cerebral. Está envolvido com o equilíbrio, percepção espacial, funções motoras, cognição, e sistema límbico. Seu desenvolvimento adequado repercute na saúde integral do indivíduo e em sua qualidade de vida. Um fator crucial para que tal sistema desenvolva aspectos que refletirão em uma boa adaptação ao ambiente e no desenvolvimento global do indivíduo, é a estimulação adequada das estruturas das quais o sistema é formado. A infância abrange períodos essenciais para o estímulo das estruturas que detectam a inclinação, velocidade dos movimentos e aceleração linear e angular da cabeça. É também nela, que o brincar se apresenta enfaticamente. O presente trabalho discorre sobre o Brincar como mecanismo biológico evolutivo que possui, dentre suas funções, o papel de estimular estruturas físicas, tais quais as células sensoriais do labirinto vestibular, a fim de promover seu desenvolvimento. Navegando por valorosas teorias sobre o Brincar, elencamos a teoria dos Esquemas do Brincar, da pedagoga Chris Athey, como uma maneira de compreender como tais mecanismo se manifestam e resultam no estímulo do sistema vestibular naturalmente. Convidamos quem lê, a refletir sobre a infância, para melhor compreender o desenvolvimento por uma perspectiva biológica, pensando em como promovê-lo, visando a saúde integral do ser humano. Citamos o pesquisador Peter Gray, a Escola de Educação Positiva e o sistema educacional da Finlândia como nortes nesta tarefa. Em paralelo, criamos canais para disseminar informações relativas à importância do brincar para o desenvolvimento infantil, em mídias virtuais.

Palavras-chave: Esquemas do Brincar; Desenvolvimento infantil; Sistema Vestibular; Brincar; Aprendizagem; Educação; Neurociência.

##### **Abstract**

The vestibular system comprises structures of the inner ear, brain stem, cerebellum and cerebral cortex. It is involved with balance, spatial perception, motor functions, cognition, and the limbic system. Its adequate development impacts the individual's overall health and quality of life. A crucial factor for such a system to develop aspects that will reflect good adaptation to the environment and the individual's overall development is the adequate stimulation of the structures from which the system is formed. Childhood encompasses essential periods for the stimulation of structures that detect the inclination, speed of movement and linear and angular acceleration of the head. It is also when Play emphatically presents itself. This dissertation discusses Play as an evolutionary biological mechanism that has, among its functions, the role of stimulating physical structures, such as the sensory cells of the vestibular labyrinth, in order to promote their development. Browsing through valuable theories about Play, we list the theory of Play Schemes, by pedagogue Chris Athey, as a way of understanding how such mechanisms manifest themselves and result in the stimulation of the vestibular system naturally. We invite the readers to reflect on

childhood, to better understand development from a biological perspective, thinking about how to promote it, aiming for the integral health of human beings. We cite researcher Peter Gray, the School of Positive Education and the Finnish educational system as guides in this task. In parallel, we created channels to disseminate information regarding the importance of Play for child development, in virtual media.

Key-Words: Schemas in Play; Child Development; Vestibular System; Play; Learning; Education; Neuroscience.

### **Introdução**

O sistema vestibular desempenha um papel fundamental no equilíbrio e na orientação espacial do organismo humano. Segundo Kandel *et al* (2000), o sistema vestibular sinaliza ao indivíduo a posição da própria cabeça e para onde ela está se movimentando, medindo “a aceleração linear e angular da cabeça através de um conjunto de cinco órgãos sensoriais no ouvido interno”. Sendo esses 3 canais semicirculares e dois órgãos otolíticos (sáculo e utrículo) que desempenham papéis essenciais no processamento das informações vestibulares (KINGMA & VAN DE BERG, 2016).

Os canais semicirculares são sensíveis aos movimentos rotacionais da cabeça, enquanto os otólitos respondem aos movimentos lineares e à gravidade. Esses componentes trabalham em conjunto para transmitir informações sensoriais ao encéfalo, permitindo uma percepção precisa da posição e movimento do corpo no espaço (PURVES *et al*, 2018). Além do equilíbrio, o sistema vestibular exerce influência sobre uma série de funções essenciais para o organismo. Marcus & Jacobson (2003) destacam que um sistema vestibular comprometido pode estar associado a distúrbios como tontura, desequilíbrio, vertigem e quedas, afetando diretamente a qualidade de vida dos indivíduos.

A importância de se ter um sistema vestibular bem desenvolvido vai além do aspecto sensorial. Estudos demonstram relação entre o sistema vestibular e o desenvolvimento de funções cognitivas (WIENER-VACHER *et al*, 2013; GURR & MOFFAT, 2000; FRANCO & PANHOCA, 2008; BIGELOW & AGRAWAL, 2015; GÓMEZ-ALVAREZ & JAUREGUI-RENAUD, 2011; PADOVA *et al*, 2024) tais quais funções motoras (WIENER-VACHER *et al*, 2013) e emocionais (BALABAN, 2002; MACKOWETZKY *et al*, 2021;), especialmente durante a infância e a primeira infância (ORNITZ *et al*, 1979; WIENER-VACHER *et al*, 2013; SAMAN *et al*, 2012; KINGMA & VAN DE BERG, 2016; RAJAGOPALAN *et al*, 2017). De acordo com WIENER-VACHER *et al* (2013), um sistema vestibular saudável e adequadamente estimulado, contribui para a aquisição de habilidades motoras, desenvolvimento sensorial, percepção espacial e a integração sensorial. Aspectos fundamentais para um desenvolvimento global e uma adaptação adequada ao ambiente.

Ao compreender a complexidade e a importância do sistema vestibular, podemos direcionar esforços para promover estimulação apropriada do mesmo. Segundo Rine (2018), é fundamental elencar estratégias eficazes para desenvolver o sistema vestibular através de um olhar cuidadoso e individualizado, otimizando assim o desenvolvimento infantil por meio de atividades físicas, jogos, brincadeiras, e quando necessário, intervenções terapêuticas específicas. Tal qual ocorre nas intervenções de reabilitação vestibular, movimentos realizados pelas crianças através do brincar oferecem estímulos que auxiliam no desenvolvimento e amadurecimento do sistema vestibular (RINE, 2018). A importância do brincar é de tal ordem que há mais de 30 anos foi reconhecida na convenção dos direitos das crianças (UNICEF). Simples intervenções que estimulam o brincar são capazes de melhorar o desenvolvimento motor e intelectual de forma substancial (TANEJA *et al*,

2004). Sendo assim, compreender o brincar se faz fundamental para que pais e profissionais possam auxiliar a promover o desenvolvimento saudável para as crianças pelas quais são responsáveis.

Uma teoria que auxilia na compreensão do brincar e sua natureza desenvolvimentista é a dos Esquemas do Brincar, que tem por premissa os conceitos Piagetianos básicos de esquema, no qual o indivíduo constrói sua percepção de si mesmo e de mundo através de suas experiências, elaborando conceitos a respeito daquilo que vivencia (GRIMMER, 2017). Seguindo essa linha, ao analisar nos anos 90 o comportamento de crianças do *projeto Froebel, que financia pesquisas e práticas pedagógicas de cunho desenvolvimentista principalmente no Reino Unido, em parceria com os pais das crianças* que frequentaram tal projeto, a pedagoga Chris Athey (2007) e sua equipe de educadores, coletaram dados que permitiram a compreensão de como esquemas se desenvolvem a partir da ação de brincar motivada intrinsecamente, em conceitos cognitivos que podem ser observados em crianças por meio de suas criações no próprio brincar e através de suas falas. Foram então estabelecidos 7 padrões de comportamento que podem ser observados em crianças de diferentes idades, culturas, classes sociais, etc. Eles são: Dynamic vertical schemas; Back and forth or side to side; Circular direction and rotation; Going over, under or 'on-top-of'; Going round a boundary; Going through a boundary; Containing and enveloping. A tradução livre destes, acompanhada de uma apresentação geral de cada um, encontra-se no quadro 1 (ATHEY, 2007).

| Nomenclatura original            | Tradução livre                                    | Interesses principais envolvidos                                                                |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dynamic vertical schemas         | Esquemas dinâmico vertical                        | Subir, descer ou movimentar objetos ou a si mesmo para cima e para baixo.                       |
| Back and forth or side to side   | Para frente e para trás, ou de um lado para outro | Movimentos repetitivos de um lado para o outro ou para frente e para trás.                      |
| Circular direction and rotation  | Direção circular e rotação                        | Círculos ou movimentos circulares e giratórios, envolvendo a rotação de objetos ou de si mesmo. |
| Going over, under or 'on-top-of' | Por cima, por baixo ou 'em cima de'               | Passar por cima, por baixo ou subir em objetos.                                                 |
| Going round a boundary           | Por volta de uma barreira                         | Circular ou contornar uma borda ou limite.                                                      |
| Going through a boundary         | Atravessando uma barreira                         | Atravessar ou passar por barreiras ou limites.                                                  |
| Containing and enveloping        | Contendo e envelopando                            | Colocar objetos dentro de outros ou cobrir objetos com materiais.                               |

Quadro 1.

Após a publicação de seus trabalhos referentes aos Esquemas, as teorias de Athey ganharam notoriedade no campo da pedagogia em diversos países, e após novas observações, atualmente fala-se comumente sobre 9 esquemas (quadro 2) mais observados na infância, são eles: contenção, orientação, posicionamento, trajetória, transporte, envelopamento, transformação, conexão e rotação (ATHEY, 2007; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; BOULTON & THOMAS, 2022).

Apesar de esquemas poderem ser agrupados de inúmeras formas, e de não estarem limitados aos apresentados por Athey, eles constituem a base para o que temos como consenso no âmbito da pedagogia no exterior (ATHEY, 2007; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017;

BOULTON & THOMAS, 2022). Contudo, infelizmente isso ainda é pouco conhecido e difundido no Brasil.

| Esquema do Brincar | Interesses principais envolvidos                                                        |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| TRAJETÓRIA         | Como algo vai de um ponto a outro através de movimentos lineares                        |
| TRANSPORTES        | Como mover objetos de um lugar para outro, carregando, empurrando ou puxando            |
| ROTAÇÃO            | Como se dão os movimentos rotacionais ou circulares e suas propriedades                 |
| ORIENTAÇÃO         | Como as coisas são observadas e experienciadas através de perspectivas novas e incomuns |
| CONEXÃO            | Como unir ou separar coisas, montar e/ou desmontar, colar, descamar, destacar           |
| POSICIONAMENTO     | Como colocar e manter coisas em determinada posição, categorizar e ordenar              |
| CONTENÇÃO          | Como objetos ocupam ou extrapolam fronteiras e limitações espaciais 2D e 3D             |
| ENVELOPAMENTO      | Como algo desaparece e reaparece, envolvendo, escondendo, cobrindo, descobrindo         |
| TRANSFORMAÇÃO      | Como as formas e aparência das coisas mudam e se transformam                            |

**Quadro 2.**

Dos 9 esquemas mencionados, optamos por focar no esquema de rotação para buscarmos evidenciar a relação de um esquema com vias e estruturas neurológicas. No caso do presente estudo focamos no esquema de rotação com o sistema vestibular, trazendo assim este conhecimento para o âmbito acadêmico científico brasileiro, buscando gerar o interesse de outros pesquisadores e enaltecer a importância do brincar para questões relativas ao desenvolvimento infantil. Em paralelo, almejamos levar esse conhecimento ao público geral, por meio das mídias digitais, evidenciando a importância do desenvolvimento do sistema vestibular bem como do desenvolvimento integral da criança, a fim de conscientizar a população para fornecer práticas para o estímulo cognitivo de forma integrada embasadas nos Esquemas do Brincar, bem como frisar o brincar como mecanismo evolutivo biológico para o desenvolvimento.

### **Materiais e Métodos**

Para as pesquisas teóricas foram utilizadas plataformas de busca online tradicionais como google scholar, pubmed, livros de acervos digitais de plataformas como kindle, livros do acervo da biblioteca municipal de Ubatuba, e de acervo pessoal.

Em relação a produção e exposição das mídias digitais utilizamos nossos smartphones e câmeras digitais pessoais para captar imagens de crianças brincando, sempre com o cuidado de proteger a identidade e privacidade das crianças registradas, além de intervir minimamente na brincadeira, e para a gravação de discursos explicativos a despeito de temas relativos ao brincar e ao desenvolvimento infantil saudável. Já para a edição de vídeos e produção de postagens foram utilizados os seguintes programas de edição: Instagram Reels (Meta), CapCut (ByteDance), Adobe Premiere Pro (Adobe), Adobe Photoshop (Adobe), Adobe Illustrator (Adobe) e Canva (Canva). As redes sociais e plataformas utilizadas para divulgação dos vídeos e textos foram:

Instagram: <https://www.instagram.com/semendobrinadeiras>

Kwai: <https://www.kwai.com/@semendobrinadeiras>

YouTube: <https://youtube.com/@semendobrinadeiras>

Facebook: <https://www.facebook.com/semendo.brincadeiras>

TikTok: <https://www.tiktok.com/@semeandobrincadeiras>

X (antigo Twitter): <https://x.com/SemeandoBrinca2>

WebSite próprio adquirido pela plataforma godaddy: <https://semeandobrincadeiras.com.br>

Chat GPT foi utilizado para auxiliar no refinamento do texto e formatação de referências

## **Desenvolvimento**

O sistema vestibular é um circuito complexo envolvendo estruturas do ouvido interno, tronco encefálico, cerebelo e córtex cerebral, sendo responsável por funções como percepção espacial, equilíbrio e estabilização visual. Ele também participa de funções motoras e intelectuais, ajudando o cérebro a integrar informações sensoriais para manter a orientação corporal (STILES & SMITH, 2015; Purves *et al*, 2018).

O equilíbrio e a postura corporal são mantidos através da detecção de movimentos da cabeça e de mudanças na posição do corpo, auxiliando na ativação de reflexos posturais. Isso previne quedas e ajusta a postura em resposta a estímulos externos, permitindo a realização segura de atividades cotidianas (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011). A visão clara durante o movimento é garantida pelo reflexo vestibulo-ocular (RVO), que estabiliza o olhar ajustando a posição dos olhos, de acordo com os movimentos da cabeça, com base nos sinais detectados pelo sistema vestibular. Esse processo é crucial para tarefas que exigem coordenação visomotora (KANDEL *et al*, 2021).

O sistema vestibular também contribui para a memória e a aprendizagem. A integração vestibular com o hipocampo é importante para a navegação espacial e a consolidação de memórias. Disfunções vestibulares podem causar déficits em tarefas cognitivas e dificuldades de concentração (WIENER-VACHER *et al*, 2013; PADOVA *et al*, 2024). Além das funções motoras e intelectuais, o sistema vestibular está relacionado à regulação emocional, distúrbios vestibulares podem levar a sintomas emocionais como ansiedade e depressão, devido à interconexão entre as vias vestibulares e as áreas cerebrais envolvidas na emoção, como o sistema límbico (BALABAN, 2002; RAJAGOPALAN *et al*, 2017).

A organização do sistema vestibular inclui a porção periférica, localizada no ouvido interno, e a porção central, composta pelos núcleos vestibulares no tronco encefálico. O labirinto vestibular, parte da porção periférica, contém estruturas sensoriais responsáveis por detectar a aceleração linear e angular da cabeça (HALL, 2011; PURVES *et al*, 2018). As células ciliadas sensoriais do sistema vestibular são mecanorreceptoras e detectam o movimento da endolinfa, fluído presentes no labirinto no caso dos canais semicirculares ou o movimento gerado na mácula devido ao peso das otocônias sobrepostas as células ciliadas nos órgãos otolíticos, que atuam devido a inércia em decorrência da força da gravidade. Esses movimentos geram potenciais de ação que são enviados para regiões encefálicas, permitindo a percepção de movimento e posição da cabeça (KANDEL *et al*, 2021).

O nervo vestibulococlear conecta o sistema vestibular periférico aos núcleos vestibulares no tronco encefálico que processa as informações vestibulares e retransmitindo-as para o cerebelo, córtex cerebral e outras áreas, coordenando respostas motoras necessárias para manter o equilíbrio (MARCUS & JACOBSON, 2003). O cerebelo, especialmente o lobo floclunodular, desempenha um papel importante na modulação dos reflexos vestibulares, ajustando a postura e o equilíbrio corporal. Conexões entre o sistema vestibular e o cerebelo permitem uma resposta precisa e coordenada a estímulos sensoriais (LENT, 2002; PURVES *et al*, 2018).

O sistema vestibular interage também com outras áreas do cérebro, como o tálamo, córtex motor, córtex parietal e córtex pré-frontal, para integrar informações sensoriais e motoras. Essas

conexões são essenciais para a percepção consciente do movimento, controle motor voluntário e manutenção do equilíbrio durante atividades cotidianas (KANDEL *et al*, 2021; HALL, 2011).

O desenvolvimento do sistema vestibular é um processo complexo que começa nas fases intrauterinas e continua até a maturidade completa. O sistema nervoso é formado a partir da ectoderme embrionária e, a partir do tubo neural, surgem as principais estruturas do sistema nervoso central, incluindo o sistema vestibular. O labirinto vestibular, principal componente periférico, começa a se formar por volta do vigésimo dia de gestação (DECHESNE, 1992).

As estruturas sensoriais do sistema vestibular, como os canais semicirculares, o utrículo e o sáculo, se desenvolvem durante as primeiras semanas de gestação, atingindo a morfologia adulta por volta da décima semana. As células ciliadas começam a se desenvolver no segundo trimestre, atingindo 55% do tamanho adulto na décima-quarta semana, e as conexões neurais são formadas até a vigésima-quarta semana (DECHESNE, 1985; NANDI & LUXON, 2008).

A estimulação vestibular durante o desenvolvimento intrauterino é crucial para a formação das conexões neurais adequadas entre o ouvido interno e o sistema nervoso central (RONCA *et al*, 2008. JAMON, 2014). Após o nascimento, o sistema vestibular continua a amadurecer, sendo o período da infância entre 1 e 5 anos considerado crítico para o refinamento dos reflexos vestibulares e da coordenação motora (ORNITZ *et al*, 1979).

A infância é dividida em fases, com a primeiríssima infância, de 0 a 3 anos, sendo a mais importante para o desenvolvimento. Durante esse período, ocorrem rápidos avanços no desenvolvimento nos aspectos motores, emocionais e intelectuais. O período de 3 a 4 anos é crucial para o desenvolvimento do equilíbrio, e o sistema vestibular atinge sua maturidade completa na adolescência (BRASIL, 2017; FERNANDES *et al*, 2015; ORNITZ, *et al*, 1979). Wiener-Vacher *et al*. (2013) argumentam que durante a infância, o sistema vestibular estabelece as importantes conexões com o tronco cerebral, cerebelo e áreas do córtex cerebral, e que a estimulação vestibular adequada é crucial para o desenvolvimento dessas conexões, caracterizando três possíveis períodos críticos, que precedem as idades de 2, 7 e 11 anos.

Períodos sensíveis e críticos parecem ser particularmente significativos para o desenvolvimento do sistema vestibular. Durante os períodos críticos, determinadas experiências são essenciais para o desenvolvimento típico. Nos períodos sensíveis, a experiência tem um impacto máximo, mas o desenvolvimento pode ocorrer posteriormente, ainda que de forma menos eficaz (HUBEL & WIESEL, 1970; KNUDSEN, 2004).

A estimulação vestibular adequada ao longo da vida, especialmente durante a infância, é essencial para garantir o desenvolvimento saudável do sistema vestibular. Atividades como brincar, girar e caminhar ajudam a calibrar e refinar as respostas vestibulares. A falta de estimulação pode prejudicar o desenvolvimento, resultando em defasagens no equilíbrio e na coordenação (WIENER-VACHER *et al*, 2013; GRIMMER, 2017; NANDI & LUXON, 2008; RINE, 2018; BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024).

O brincar é uma atividade essencial para o desenvolvimento integral, promovendo habilidades cognitivas e sociais, é um direito fundamental reconhecido por instituições como a UNICEF, que destaca sua importância para o desenvolvimento saudável das crianças (UNICEF, 2013).

No entanto, ao longo da história, o brincar foi muitas vezes tratado como algo secundário, enquanto diversos estudiosos, como Peter Gray, defendem que ele é um mecanismo evolutivo central para a aprendizagem e o desenvolvimento humano. Ele proporciona a base para lidar com situações diversas ao longo da vida (GRAY, 2013).

Diversos educadores e pesquisadores da educação e aprendizagem ao longo da história, como Pestalozzi, Fröbel, Steiner e Montessori, valorizaram o brincar como parte central do desenvolvimento infantil. Para eles, o brincar estimula a criatividade, a exploração e o desenvolvimento motor e cognitivo, além de ser um processo natural de aprendizagem. Pedagogos como Wallon e Vygotsky também destacaram o brincar como uma forma de socialização e internalização de normas culturais (PESTALOZZI, 1894; STEINER, 1996; LA TAILLE *et al*, 1992; GRAY, 2013; ATHEY, 2007; MONTESSORI, 1987; MONTESSORI, 1989; GALVÃO, 1998).

Piaget, ao estudar o desenvolvimento cognitivo, descreveu o brincar como um recurso para a assimilação e acomodação de novas experiências. Ele classificou o desenvolvimento em estágios, associando cada um a formas específicas de brincadeira. Esses estágios mostram como o brincar evolui de atividades sensório-motoras para brincadeiras mais abstratas e complexas (PIAGET, 1999).

Autores contemporâneos como Gabor Maté, Peter Gray e Tina Bruce continuam a defender o papel central do brincar para o desenvolvimento emocional e social das crianças (MATÉ, 1999; MATÉ, 2022; GRAY, 2013; BRUCE, 2020). Gray, por exemplo, apresenta o brincar como essencial para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, criatividade e cooperação, destacando sua função evolutiva (GRAY, 2013), uma vez que todo mamífero brinca, especialmente enquanto filhote.

Em seu artigo intitulado *Evolutionary Functions of Play* (2019) Peter revisa diversos estudos que evidenciam como o brincar ocorre em diversas espécies e como ele está relacionado com o desenvolvimento de habilidades fundamentais próprias de tais espécies. Ele argumenta que o brincar possui características como ser voluntário, autodirigido e guiado pela imaginação, o que o torna um recurso central para o desenvolvimento integral.

Gray afirma que o brincar é um processo de auto-educação, um aspecto fundamental no crescimento das crianças (GRAY, 2012; GRAY, 2013, GRAY, 2017). Assim, temos que o brincar envolve ações espontâneas, intrinsecamente motivadas, que podem ser observadas e categorizadas por apresentarem padrões (GRAY, 2013; GRAY, 2017), análogo a como desenvolvemos o pensamento de acordo com Piaget, através da teoria dos esquemas.

Esquemas são conceitos formados a partir de nossas experiências sensório-motoras, segundo Piaget (1999), esse processo de construção e adaptação dura a vida inteira, permitindo que o indivíduo busque a equilíbrio, processo pelo qual buscamos dar sentido do mundo ao nosso redor e a nós mesmos nesse mundo até um ponto de satisfação interna, ou equilíbrio, no sentido de que o conhecimento seja suficiente para que possamos operar diante das informações que estamos recebendo (LA TAILLE *et al*, 1992; PIAGET, 1999; BRUCE, 2020). “Quando um esquema cognitivo se torna insuficiente para interpretar novas informações, ele é substituído ou complementado por outro mais adequado”, como explicado por Cohen *et al*. (2008, p.113) ao citar Goswami (1998, p. 260), demonstrando a constante evolução do nosso entendimento do mundo ao redor (LA TAILLE *et al*, 1992; PIAGET, 1999; BRUCE, 2020).

Na obra "Extending Thought in Young Children" (2007), Chris Athey desenvolveu a teoria dos Esquemas do Brincar durante o Projeto Froebel, investigando como as crianças adquirem conhecimento através de padrões de comportamento e interesse observados no brincar. Athey,



influenciada por Piaget, observou que as crianças apresentam comportamentos repetitivos que ajudam a construir suas percepções do mundo e de si mesmas, baseados tanto em experiências reais quanto subjetivas. Esses padrões de comportamento, ou esquemas, são formas naturais que as crianças utilizam para explorar e entender o ambiente, sendo fundamentais para o desenvolvimento cognitivo e motor.

A teoria dos esquemas de Athey encontra paralelos em outras áreas, como na neurociência. Kandel *et al.* (2021) menciona como as memórias motoras, formadas por tentativas prévias, permitem a execução de movimentos complexos, como o de um jogador de tênis. Esse processo de tentativa, erro e ajuste até o sucesso é o modo como as crianças aprendem através de esquemas. Silverthorn (2016) também destaca que movimentos voluntários aprendidos melhoram com a prática e podem se tornar automáticos, como os reflexos.

Athey (2007) inicialmente classificou sete esquemas (Ver tabela 1). Com o tempo, suas teorias ganharam destaque na pedagogia em vários países, e pode ser observada em crianças de diversas idades, culturas e classes sociais, refletindo a universalidade do processo de aprendizagem por esquemas (ARNOLD, 2015; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; BOULTON & THOMAS, 2022).

Os esquemas, embora possam ser agrupados de diversas formas, são inerentes a cada indivíduo e representam vias neurais únicas, conforme Piaget (1999) e Bruce (2020). E não estão limitados aos descritos por Athey (2007), podendo ser observados e explorados de várias maneiras, já que se manifestam em padrões comportamentais generalizados pelas crianças. Contudo, os nove esquemas identificados por Athey formam a base do consenso pedagógico, sendo eles: contenção, orientação, posicionamento, trajetória, transporte, envelopamento, transformação, conexão e rotação (Ver tabela 2). Esses esquemas são amplamente reconhecidos e utilizados em diversos países, como Reino Unido, Nova Zelândia, Finlândia e Alemanha, porém ainda pouco difundidos no Brasil (ATHEY, 2007; HAUTAMÄKI & KUPIAINEN, 2014; ARNOLD, 2015; DEGUARA & NUTBROWN, 2017; BRIERLEY & NUTBROWN, 2017; GRIMMER, 2017; ARNOLD, 2019; BRUCE, 2020; BOULTON & THOMAS, 2022; HEWITT, 2022).

O presente trabalho buscou contribuir para a disseminação desses conceitos no Brasil, focando no esquema de rotação, devido à sua relevância prática e conexão lógica com as estruturas neurológicas relacionadas ao sistema vestibular. Ao explorar o esquema de rotação, será possível evidenciar suas relações com as vias neurológicas e destacar sua importância no desenvolvimento infantil.

O esquema de rotação, descrito por Athey (2007) como "dinâmico circular e rotação", é um dos mais comuns durante a infância. Ele envolve o interesse das crianças por atividades que giram, seja girando o próprio corpo, correndo em círculos, brincando com bolas ou observando objetos que rodam, como o tambor de uma máquina de lavar. Esses comportamentos são intrinsecamente motivados e frequentemente escolhidos pelas crianças em momentos de brincadeira, lazer ou curiosidade, refletindo sua preferência natural por movimentos rotacionais (ARNOLD, 2015; GRIMMER, 2017).

Esses esquemas de rotação são fundamentais para o desenvolvimento da percepção espacial e compreensão das relações espaciais, conforme observado por Athey (2007). Ao brincar, as crianças estimulam o sistema vestibular, essencial para o equilíbrio e orientação espacial. Essa relação entre o esquema de rotação e o sistema vestibular mostra que tais atividades não são apenas divertidas, mas também têm uma função biológica importante para o desenvolvimento (BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024).

Quando crianças se envolvem em atividades que envolvem rotação, como rodopiar ou girar objetos, elas ajudam no desenvolvimento do sistema vestibular (GRIMMER, 2017; BOŽANIĆ URBANCIČ *et al*, 2024). A pesquisa de Athey sugere que esses esquemas são escolhidos naturalmente pelas crianças porque proporcionam uma maneira prazerosa de explorar e entender o mundo. Assim, os padrões de comportamento esquemáticos, como o de rotação, podem desempenhar papéis biológicos significativos no fortalecimento do sistema vestibular e no desenvolvimento infantil geral.

Em nossa sociedade atual, as crianças nem sempre têm a oportunidade de expressar suas motivações intrínsecas, que são fundamentais para estimular e preparar o organismo para as funções básicas necessárias à sobrevivência e ao sucesso da espécie. O brincar, especialmente durante as fases iniciais de desenvolvimento, cumpre esse papel, como evidenciado por pesquisadores como Gray (2013), que destaca o papel central do brincar livre no desenvolvimento emocional e na construção de resiliência.

Importante esclarecer que quando falamos de resiliência estamos nos referindo à habilidade de navegar situações inusitadas e prejudiciais de forma a encontrar meios de sobreviver a elas com o mínimo de danos possíveis e apenas pelo tempo necessário para se encontrar uma solução ou saída bem sucedida para a situação, bem sucedida no sentido de garantir não somente a sobrevivência mas principalmente a homeostasia dos indivíduos envolvidos, assegurando assim uma vida feliz, saudável e satisfatória (GRAY, 2013; GRAY, 2019; PORGES & PORGES, 2023).

A privação do brincar natural na infância pode gerar consequências psicológicas graves, como maior predisposição à ansiedade e depressão, de acordo com as pesquisas de Gray (2013) e Maté (2022). Bowlby (1982) também argumenta que o brincar em um contexto de apego seguro fortalece habilidades sociais e emocionais, como empatia e resolução de conflitos. Sem oportunidades para brincar, as crianças enfrentam dificuldades no desenvolvimento de habilidades emocionais, o que pode comprometer sua capacidade de enfrentar situações desafiadoras.

A pesquisa de Athey (2007) destaca que os Esquemas do Brincar, como o esquema de rotação, são essenciais para o desenvolvimento. Atividades como girar estimulam o sistema vestibular, o que reforça a importância desses esquemas para a saúde integral das crianças. A privação dessas oportunidades limita o desenvolvimento completo, tanto cognitivo quanto emocional.

Isso pode ser observado através de estudos que associam o uso excessivo de telas a atrasos no desenvolvimento cognitivo, motor e socioemocional. Embora o uso de tecnologia não seja intrinsecamente prejudicial quando exercido com cautela, o tempo excessivo dedicado a atividades mais passivas, como ocorre no caso das telas, pode substituir brincadeiras ativas e criativas, o que

prejudica o desenvolvimento saudável. Pesquisas recentes (ARABIAT *et al*, 2023; MARTÍN-CÁRDABA *et al*, 2024) apontam para esses impactos negativos quando o uso de telas não é equilibrado com atividades essenciais ao desenvolvimento.

O monitoramento e a orientação no uso de telas são fundamentais para evitar que as crianças sejam expostas a conteúdos inadequados e para assegurar que compreendam a diferença entre o mundo virtual e a realidade do mundo material. A supervisão cuidadosa ajuda a criança a desenvolver habilidades tecnológicas de maneira saudável, respeitando suas motivações intrínsecas e garantindo uma compreensão crítica dos conteúdos consumidos, sem restringir seu desenvolvimento natural (MARTÍN-CÁRDABA *et al*, 2024).

Ao acompanhar o interesse das crianças nas telas, pais e educadores podem identificar seus interesses, inclusive os interesses esquemáticos, e oferecer alternativas fora do ambiente digital que envolvam brincadeiras mais atrativas e educativas. Essa abordagem permite compreender melhor as necessidades de desenvolvimento das crianças, fornecendo suporte adequado e criando um equilíbrio saudável entre o uso da tecnologia e o brincar ativo (MARTÍN-CÁRDABA *et al*, 2024).

Como vimos, proporcionar às crianças oportunidades para explorar os esquemas de brincar amplamente é de fundamental importância, mas para isso, é preciso que os cuidadores compreendam a relevância do brincar e do brincar esquemático. Com o objetivo de disseminar essas informações ao público geral, foi criado o projeto #SemeandoBrincadeiras, em sociedade com o investidor, produtor e editor Augusto César de Figueiredo Calili. Este projeto, registrado como marca no INPI, oferece conteúdos gratuitos sobre desenvolvimento infantil e a importância do brincar, além de serviços pagos de consultorias, palestras e workshops que abordam temas como os esquemas do brincar, desenvolvimento saudável e práticas sustentáveis para promoção da aprendizagem.

Embora possa parecer contraditório utilizar a tecnologia para promover a conscientização sobre o brincar, o problema não está na tecnologia em si, mas no uso excessivo e inadequado. O #SemeandoBrincadeiras busca, através de mídias digitais, informar os cuidadores sobre a importância do brincar equilibrado e consciente, considerando o papel inevitável da tecnologia na vida moderna. A proposta é levar essas informações aos adultos responsáveis pelas crianças, capacitando-os a usar a tecnologia de maneira benéfica, sem comprometer o desenvolvimento integral dos pequenos.

Ao entender e apoiar os Esquemas do Brincar, os cuidadores podem criar ambientes de aprendizagem mais eficazes, permitindo que o aprendizado das crianças se expanda de forma significativa (ATHEY, 2007; GRIMMER, 2017; BRUCE, 2020). Em situações de risco, como girar em uma superfície alta, é possível redirecionar a criança para uma atividade relacionada ao esquema original, que ativa as mesmas vias neurais, geralmente satisfazendo a necessidade da criança (ATHEY, 2007; WIENER-VACHER, 2023). No entanto, sempre que possível, permitir que as crianças executem as ações de forma natural aumenta as chances de satisfação plena e promove o desenvolvimento (PIAGET, 1999).

Compreender que esses comportamentos refletem necessidades reais ajuda a desmistificar ações frequentemente vistas como “maus comportamentos”. Essa perspectiva promove uma visão mais responsiva dos cuidadores e evita diagnósticos desnecessários, alinhando-se à abordagem da

Educação Positiva pela Escola da Educação Positiva, que considera todo comportamento uma forma de comunicação das necessidades do indivíduo. A Educação Positiva defende que desrespeitar necessidades básicas como as de movimento, sono, alimentação e excreção, desencadeia comportamentos que, na verdade, são pedidos de ajuda para que o equilíbrio natural da criança seja restituído (EIGENMANN, 2023).

Assim como o sono e a alimentação, os Esquemas do Brincar, por consistirem de padrões naturais que ocorrem no brincar através de motivação intrínseca, devem, assim como o brincar em sua totalidade ser considerados essenciais para o desenvolvimento pleno das crianças (BRASIL, 2021). O projeto #SemeandoBrincadeiras, por meio de vídeos teóricos e sugestões práticas, ajuda os cuidadores a identificar e atender essas necessidades em diferentes contextos, oferecendo recursos para redirecionar comportamentos esquemáticos de maneira assertiva e saudável.

Para finalizarmos, gostaríamos de discorrer sobre os casos de alguns modelos de escolas democráticas, que consistem em objeto de estudo de Peter Gray, e da Finlândia, que como veremos adiante, é atualmente o país com os melhores índices de educação e felicidade.

Peter Gray dedicou grande parte de seu trabalho ao estudo das escolas democráticas, que têm como base a liberdade e a autodireção dos alunos. Um exemplo emblemático é a Sudbury Valley School, onde os alunos têm total autonomia para escolher como gastar seu tempo, sem currículos obrigatórios, e a educação é personalizada de acordo com seus interesses. Além disso, a gestão dessas escolas é feita de maneira democrática, com alunos e professores participando de decisões em igualdade de votos, o que incentiva a responsabilidade pessoal e o aprendizado por meio de interações sociais e experiências diretas (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

As pesquisas de Gray avaliaram a eficácia dessas escolas, como no caso de um estudo com ex-alunos da Sudbury Valley School, que mostrou que muitos seguiram para o ensino superior e obtiveram sucesso em diversas carreiras. Além do desempenho acadêmico, os ex-alunos relataram altos níveis de satisfação pessoal e bem-estar, atribuindo isso à autonomia e liberdade vividas na escola. As habilidades sociais e emocionais, como trabalho em equipe e resolução de conflitos, também foram amplamente desenvolvidas, contribuindo para o sucesso nas vidas profissionais e pessoais dos alunos (GRAY & CHANOFF, 1986; GRAY, 2013; GRAY *et al*, 2021).

Por outro lado, a Finlândia se destaca globalmente tanto pela qualidade de seu sistema educacional quanto pelos altos níveis de felicidade de seus cidadãos. Esse sucesso é atribuído à alta qualificação dos professores, ênfase no aprendizado colaborativo e a ausência de testes padronizados exaustivos. As avaliações são contínuas e personalizadas, criando um ambiente de aprendizado menos estressante e mais adaptado ao ritmo dos alunos. O sistema finlandês também valoriza a aprendizagem através do brincar, em linha com os princípios da teoria dos Esquemas, que proporcionam um ambiente em que as crianças podem explorar e aprender de maneira natural e significativa (MATÉ, 2022; HAUTAMÄKI & KUPIAINEN, 2014; HELLIWELL *et al*, 2024; EURYDICE, 2023; OECD, 2024).

### **Considerações Finais**

A análise da relação entre o esquema do brincar de rotação e o desenvolvimento do sistema vestibular destaca o brincar como um mecanismo evolutivo biológico que auxilia no aprendizado e

desenvolvimento do indivíduo. Ao estudar a conexão entre os Esquemas do Brincar e o desenvolvimento de sistemas biológicos, abre-se a possibilidade de entender melhor como as crianças alcançam um desenvolvimento mais completo. Novos estudos poderiam quantificar e relacionar atividades esquemáticas a ganhos cognitivos e motores, além de investigar o impacto dessas atividades no desenvolvimento de estruturas biológicas específicas, como as regiões encefálicas ativadas por cada esquema.

No entanto, um desafio para esses estudos é manter a naturalidade do comportamento infantil durante a observação e análise neural, já que a inserção em um ambiente controlado poderia interferir nos comportamentos espontâneos. Mesmo assim, incorporar os resultados desses estudos em práticas educacionais centradas na criança, como as observadas nas escolas democráticas estudadas por Gray, no sistema educacional finlandês e na abordagem da Escola de Educação Positiva, pode trazer melhorias significativas para a saúde física e mental das futuras gerações.

Assim, ao unir essas abordagens educacionais e os conhecimentos sobre o impacto dos esquemas de brincar, estaremos efetivamente "semeando sonhos e futuros", criando um ambiente mais saudável e promissor para o desenvolvimento infantil.

## Referências

- ARABIAT, D.; AL JABERY, M.; ROBINSON, S.; WHITEHEAD, L.; MÖRELIUS, E. Interactive technology use and child development: A systematic review. *Child: Care, Health and Development*, v. 49, n. 4, p. 679-715, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cch.13082>. Acesso em: 26 ago, 2024.
- ARNOLD, C. How action schemas are reflected in young children's emerging language. *Early Child Development and Care*, v. 189, n. 12, p. 1992-2004, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03004430.2018.1427087>. Acesso em: 25 jun, 2024.
- ARNOLD, S. A.; STEWART, A. M.; MOOR, H. M.; KARL, R. C.; RENEKER, J. C. The effectiveness of vestibular rehabilitation interventions in treating unilateral peripheral vestibular disorders: a systematic review. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, [s.l.], v. 25, n. 5-6, p. 241-249, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pri.1635>. Acesso em: 29 jun, 2024.
- ATHEY, C. *Extending thought in young children: a parent-teacher partnership*. 2. ed. London: Sage Publications Ltd., 2007.
- BALABAN, C. D. Neural substrates linking balance control and anxiety. *Physiology & Behavior*, v. 77, n. 4-5, p. 469-475, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031938402009356>. Acesso em: 28 jun, 2024.
- BIGELOW, R. T.; AGRAWAL, Y. Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *Journal of Vestibular Research*, v. 25, p. 73-89, 2015. Disponível em: <https://content.iospress.com/articles/journal-of-vestibular-research/ves544>. Acesso em: 19 jul, 2024.
- BOULTON, P.; THOMAS, A. How does play in the outdoors afford opportunities for schema development in young children? *International Journal of Play*, v. 11, n. 2, p. 184-201, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21594937.2022.2069348?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 25 jun, 2024.

- BOWLBY, J. Apego e perda: V. 1 - Apego. 2. ed. Nova York: Basic Books, 1982.
- BOŽANIĆ URBANČIČ, N.; BATTELINO, S.; VOZEL, D. Appropriate vestibular stimulation in children and adolescents: a prerequisite for normal cognitive, motor development and bodily homeostasis: a review. *Children*, Basel, v. 11, n. 2, p. 1-13, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38275423/>. Acesso em: 22 Nov, 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2017.
- BRASIL. Estatuto da Criança e do Adolescente. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Brasília: Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos, 2021
- BRIERLEY, J.; NUTBROWN, C. Understanding Schematic Learning at Two. London: Bloomsbury Academic, 2017.
- BRUCE, T. Educating Young Children - A Lifetime Journey into a Froebelian Approach - The Selected Works of Tina Bruce. 1.ed. London: Routledge, 2020.
- COHEN, D. H.; STERN, V.; BALABAN, N.; GROPPER, N. Observing and recording the behavior of young children. 5. ed. New York: Teachers College Press, 2008. cap. 5; cap. 7.
- DECHESNE, C. J.; SANS, A. Development of vestibular receptor surfaces in human fetuses. *American Journal of Otolaryngology*, v. 6, n. 5, p. 378-387, 1985. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196070985800168?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jul, 2024
- DECHESNE, C. J. The development of vestibular sensory organ in human. in: ROMAND, R. (Ed.). *Development of Auditory and Vestibular Systems* 2. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 1992. cap. 14.
- DEGUARA, J.; NUTBROWN, C; Signs, symbols and schemas: understanding meaning in a child's drawings. *International Journal of Early Years Education*, v. 26, p. 4-23. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09669760.2017.1369398>. Acesso em: 26 jun, 2024.
- EIGENMANN, M. Pais feridos. Filhos sobreviventes: E como quebrar este ciclo. 1. ed. Bauru, SP: Astral Cultural, 2023.
- EURYDICE - Rede de Informações sobre Educação na Europa. Overview? National education system in Finland. Bruxelas: Comissão Europeia, 2023. Disponível em: <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/finland/overview>. Acesso em: 07 dez, 2024.
- FERNANDES, R.; HARIPRASAD, S.; KUMAR, V. K. Physical therapy management for balance deficits in children with hearing impairments: a systematic review. *Physiotherapy*, v. 51, n.8, p.753-758, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jpc.12867>. Acesso em: 29 jun, 2024.
- FRANCO, E. S.; PANHOCA, I. Vestibular function in children underperforming at school. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, v. 74, n. 6, p. 815-825, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1808869415301415?via%3Dihub>. Acesso em: 17 fev, 2022.
- GALVÃO, I. Henri Wallon: uma concepção dialética do desenvolvimento infantil. 4. ed. Petrópolis: Vozes. 1998.
- GRAY, P.; CHANOFF, D. Democratic schooling: what happens to young people who have charge of their own education? *American Journal of Education*, v. 94, n. 2, p. 182-213, fev. 1986. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1084948>. Acesso em: 21 jul, 2024.

- GRAY, P. Evolutionary functions of play: practice, resilience, innovation, and cooperation. In: SMITH, P. K.; ROOPNARINE, J. *The Cambridge Handbook of Play: Developmental and Disciplinary Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. cap. 6.
- GRAY, P. *Free to learn: why unleashing the instinct to play will make our children happier, more self-reliant, and better students for life*. New York: Basic Books, 2013.
- GRAY, P.; RILEY, G.; CURRIE-KNIGHT, K. Former Students' Evaluations of Experiences at a Democratic School: Roles of the Democratic Processes, Staff, and the Community of Students. *Other Education: The Journal of Educational Alternatives*, v. 10, n. 2, p. 4-25, 2021. Disponível em: [https://cdn2.psychologytoday.com/assets/hvss\\_study\\_published.pdf](https://cdn2.psychologytoday.com/assets/hvss_study_published.pdf). Acesso em: 21 jul, 2024.
- GRAY, P. The value of a play-filled childhood in development of the hunter-gatherer individual. In: NARVAEZ, D.; PANKSEPP, J.; SCHORE, A.; GLEASON, T. *Evolution, Early Experience and Human Development: From Research to Practice and Policy*. New York: Oxford University Press, 2012. cap. 14.
- GRAY, P. What exactly is play, and why is it such a powerful vehicle for learning? *Top Language Disorders*, v. 37, n. 3, p. 217-228, 2017. Disponível em: [https://cdn2.psychologytoday.com/assets/what\\_is\\_play\\_published.pdf](https://cdn2.psychologytoday.com/assets/what_is_play_published.pdf). Acesso em: 07 jul, 2024.
- GRIMMER, T. *Observing and Developing Schematic Behaviour in Young Children: A Professional's Guide for Supporting Children's Learning, Play and Development*. London and Philadelphia: Jessica Kingsley Publishers, 2017.
- GÓMEZ-ALVAREZ, F. B.; JAUREGUI-RENAUD, K. Psychological Symptoms and Spatial Orientation During the First 3 Months After Acute Unilateral Vestibular Lesion. *Archives of Medical Research*, v. 42, n. 2, p. 97-103, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S018844091100049X?via%3Dihub>. Acesso em: 19 jul, 2024.
- GURR, B.; MOFFAT, N.. Psychological consequences of vertigo and the effectiveness of vestibular rehabilitation for brain injury patients. *Brain Injury, Poole*, v. 15, n. 5, p. 387-400, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11350653/>. Acesso em: 11 jul, 2024.
- HALL, J. E. *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. 14. ed. Philadelphia, Pa: Elsevier, 2011. cap. 51; cap. 55; cap. 56; cap. 57; cap. 58; cap. 59; Cap. 63.
- HAUTAMÄKI, J.; KUPIAINEN, S. Learning to learn in Finland: Theory and policy, research and practice. In: CRICK, R. D.; STRINGHER, C.; REN, K. *Learning to learn International perspectives from theory and practice*. Oxon: Routledge, 2014. Cap. 8.
- HELLIWELL, J. F.; LAYARD, R; SACHS, J. D.; DE NEVE, J-E.; AKNIN, L. B.; WANG, S. *World Happiness Report 2024*. The UN Sustainable Development Solutions Network, 2024. Disponível em: <https://worldhappiness.report/ed/2024/happiness-of-the-younger-the-older-and-those-in-between/#ranking-of-happiness-2021-2023>. Acesso em: 12 jun, 2024.
- HEWITT, E. An exploration of the relationship between schema and language: four young child case studies. *Early Child Development and Care*, v. 192, n. 12, p. 1931-1939, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03004430.2021.1954628?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 25 jun, 2024.
- HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N. The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *The Journal of Physiology*, v. 206, p. 419-436. 1970. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1348655/>. Acesso em: 3 set, 2024.

- JAMON, M. The development of vestibular system and related functions in mammals: impact of gravity. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, v. 8, p. 11, 2014. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/integrative-neuroscience/articles/10.3389/fnint.2014.00011/full>. Acesso em: 17 fev, 2022.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. *Principles of Neural Science*, 4. ed. [s.l.] McGraw-Hill Medical, 2000.
- KANDEL, E. R.; KOESTER, J. D.; MACK, S H.; SIEGELBAUM, S. A. *Principles of neural science*. 6th ed. New York: McGraw Hill, 2021. p.3-4; cap. 11.
- KINGMA, H.; VAN DE BERG, R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. In: FURMAN, J. M.; LEMPET, T. (Ed.). *Handbook of Clinical Neurology*. 3rd series, Neuro-Otology, vol. 137. Elsevier B.V., 2016. cap.1.
- KNUDSEN, E. I. Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 16, p. 1412–1425. 2004. Disponível em: <https://direct.mit.edu/jocn/article-abstract/16/8/1412/3895/Sensitive-Periods-in-the-Development-of-the-Brain?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 6 set, 2024.
- LA TAILLE, Y. de; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias Psicogenéticas em Discussão. São Paulo: Summus Editorial, 1992.
- LENT, R. Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos fundamentais de neurociência. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2002. cap. 6, p.193-210; cap. 12.
- MACKOWETZKY, K.; YOON, K. H.; MACKOWETZKY, E. J.; WASKIEWICZ, A. J. Development and evolution of the vestibular apparatuses of the inner ear. *Journal of Anatomy*. v. 239, n. 4, p. 801-828. 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joa.13459>. Acesso em: 06 jun, 2024.
- MARCUS, E. M.; JACOBSON, S. *Integrated Neuroscience - A clinical problem solving approach*, 1. ed. New York: Springer Science+Business Media, 2003. cap. 1; cap.7; cap.11; cap. 12; cap. 13; cap. 15; cap. 20.
- MARTÍN-CÁRDABA, M. Á.; MARTÍNEZ DÍAZ, M. V.; LAFUENTE PÉREZ, P.; GARCÍA CASTRO, J. Smartphone ownership, minors' well-being, and parental mediation strategies. *Journal of Youth and Adolescence*, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10964-024-02013-7>. Acesso em: 27 ago, 2024.
- MATÉ, G. *Scattered Minds: The Origins and Healing of Attention Deficit Disorder*. New York: Plume, 1999.
- MATÉ, G. *The Myth of Normal: Trauma, Illness, and Healing in a Toxic Culture*. New York: Avery, 2022. cap. 9; cap. 13.
- MONTESSORI, M. *A criança. Circuito do Livro*, 1989.
- MONTESSORI, M. *A mente absorvente*. Rio de Janeiro: Nórdica, 1987.
- NANDI, R.; LUXON, L. M. Development and assessment of the vestibular system. *International Journal of Audiology*, v. 47, n. 9, p. 566-577, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14992020802324540>. Acesso em: 06 jun, 2024.
- OECD. Finnish Education Evaluation Centre (FINEEC): OECD Centre for Skills Evaluations, OECD Skills Studies. Paris: OECD Publishing. 2024. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/finnish-education-evaluation-centre-fineec\\_b1c0b194-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/finnish-education-evaluation-centre-fineec_b1c0b194-en.html). Acesso em: 14 ago, 2024.



- ORNITZ, E. M.; ATWELL, C. W.; WALTER, D. O.; HARTMAN, E. E.; KAPLAN, A. R. The maturation of vestibular nystagmus in infancy and childhood. *Acta Otolaryngol*, v. 88, p. 244-256, 1979. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00016487909137166>. Acesso em: 03 jul, 2024.
- PADOVA, D.; FARIA, A.; RATNANATHER, J. T.; SO R. J.; ZHU S.; AGRAWAL, Y. Vestibular Function is Associated with Prefrontal and Sensorimotor Cortical Gray Matter Volumes in a Cross-Sectional Study of Healthy, Older Adults. *Aperture Neuro*. v.4, p. 1-16, 2024. Disponível em: <https://apertureneuro.org/article/116785-vestibular-function-is-associated-with-prefrontal-and-sensorimotor-cortical-gray-matter-volumes-in-a-cross-sectional-study-of-healthy-older-adults>. Acesso em: 15 jul, 2024.
- PESTALOZZI, J. H. *How Gertrude Teaches Her Children*. Syracuse: C. W. Bardeen, 1894.
- PIAGET, J. *Play, dreams and imitation in childhood*. London: Routledge. 1999.
- PORGES, S. W.; PORGES, S. *Our polyvagal world: how safety and trauma change us*. New York: W. W. Norton & Company, 2023.
- PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, D.; HALL, W. C.; LAMANTIA, A.-S.; MOONEY R. D.; PLATT, M.L.; WHITE, L. E. *Neuroscience*, 5th ed. Sinauer Associates, 2018. cap. 6; cap. 9; cap. 10; cap. 13; cap. 14; cap. 17; cap. 20; cap. 21; cap. 22; cap. 25; cap. 32; Apêndice A07-A14.
- RAJAGOPALAN A.; JINU, K. V.; SAILESH, K. S.; MISHRA, S.; REDDY, U. K.; MUKKADAN, J. K. Understanding the links between vestibular and limbic systems regulating emotions. *Journal of natural science, biology, and medicine*, v. 8, n. 1, p. 11-15. 2017 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5320810/>. Acesso em: 15 jul, 2024.
- RINE, R. M. Vestibular rehabilitation for children. In: McCASLIN, Devin L.; CHRISTY, Jennifer B. *Contemporary concepts in pediatric vestibular assessment and management*. Seminars in Hearing, New York: Thieme Medical Publishers, v. 39, n. 4, p. 334-344, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6054578/>. Acesso em: 17 jul, 2024.
- RONCA, A. E.; FRITZSCH, B.; BRUCE, L. L.; ALBERTS, J. R. Orbital spaceflight during pregnancy shapes function of mammalian vestibular system. *Behavioral neuroscience*, v. 122, n.1, p. 224–232. 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2610337/pdf/nihms-81667.pdf>. Acesso em: 09 jul, 2024.
- SAMAN, Y.; BAMIOU, D. E.; GLEESON, M.; DUTIA, M. B. Interactions between stress and vestibular compensation – a review. *Frontiers in Neurology*, v. 3, n. 116, p.1-8. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3406321/>. Acesso em: 16 jul, 2024.
- SILVERTHORN, D. U. *Fisiologia Humana uma Abordagem Integrada*. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. cap. 9; cap. 10; cap. 13.
- STEINER, R. *The Child's Changing Consciousness as the basis of pedagogical practices*. New York: Anthroposopfic Press, 1996.
- STILES, L.; SMITH, P. F. The vestibular-basal ganglia connection: balancing motor control. *Brain Research*. v. 1597, p. 180-188. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006899314016709?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jul, 2024.
- TANEJA, V.; BERI, R.S.; PULIYEL, J.M. Play in Orphanages. *Indian Journal of Pediatrics*, v. 71, p.297-299. 2004. Disponível em: <https://jacob.puliyel.com/download.php?id=42>. Acesso em: 03 jun, 2024.

UNICEF. Convention on the rights of the Child. Disponível em: <https://www.unicef.org/child-rights-convention/convention-text>. Acesso em 23 Jun, 2024.

WIENER-VACHER, S. R.; HAMILTON, D. A.; WIENER, S. I. Vestibular activity and cognitive development. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, Lausanne, v. 7, 2013. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2013.00092/full>. Acesso em: 12 jul, 2023.

## 7.2. Anexo II - Declarações



COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
Universidade Estadual de Campinas  
Caixa Postal 6109. 13083-970, Campinas, SP, Brasil  
Fone (19) 3521-6378. email: cpgib@unicamp.br

**DECLARAÇÃO**

Em observância ao **§5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15**, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada **"A RELAÇÃO ENTRE O "ESQUEMA DO BRINCAR DE ROTAÇÃO " E O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA VESTIBULAR E SUA IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NERVOSO. UM OLHAR SOBRE A PRIMEIRA INFÂNCIA"**, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia Molecular e Morfofuncional do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: 

Nome do(a) aluno(a): Paula Scholze Borges Curral

Assinatura: 

Nome do(a) orientador(a): André Schwambach Vieira

Data: Campinas, 19 de Dezembro de 2024

**Declaração**

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **A RELAÇÃO ENTRE O “ESQUEMA DO BRINCAR DE ROTAÇÃO ” E O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA VESTIBULAR E SUA IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NERVOSO. UM OLHAR SOBRE A PRIMEIRA INFÂNCIA**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 19 de Dezembro de 2024

Assinatura : 

Nome do(a) autor(a): **Paula Scholze Borges Curral**

RG n.º 47816107-4

Assinatura : 

Nome do(a) orientador(a): **André Schwambach Vieira**

RG n.º 11597678