Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

A rede cognitiva da criança transformada pelo mundo digital

Júlia Fernanda da Silva

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ENGENHARIA DE REDES DE COMUNICAÇÃO

Brasília

2024

Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

A rede cognitiva da criança transformada pelo mundo digital

Júlia Fernanda da Silva

Trabalho de Graduação submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Redes de Comunicação

Orientador: Prof. Jorge Henrique Cabral Fernandes

Brasília
2024

Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

A rede cognitiva da criança transformada pelo mundo digital

Júlia Fernanda da Silva

Trabalho de Graduação submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Redes de Comunicação

Trabalho aprovado. Brasília, 19 de Setembro de 2024:

Prof. Jorge Henrique Cabral Fernandes, UnB/CIC
Orientador

Edison Ishikawa, UnB/CIC
Examinador

Eloisa Nascimento Silva Pilati, UnB/DEG
Examinadora

Brasília
2024

Dedico este trabalho aos meus pais, meus primeiros professores.

Agradecimentos

Agradeço à minha família, que sempre colaborou com meus estudos, me incentivando a terminar este trabalho. Sou grata aos professores que tive contato durante minha trajetória acadêmica, e, mesmo de forma inconsciente, me inspiraram a contribuir com a educação de alguma maneira. Por fim, agradeço a mim por insistir no tema que faz meus olhos brilharem apesar de todos os receios.

“Despencados de voos cansativos
Complicados e pensativos
Machucados após tantos crivos
Blindados com nossos motivos
...
Será que o sol sai pra um voo melhor?
Eu vou esperar, talvez na primavera”
(Emicida)

Resumo

Este trabalho traz uma análise teórica dos impactos cognitivos e sociais no desenvolvimento de crianças causados pela utilização de tecnologias digitais presentes no cotidiano contemporâneo. Conjuntamente, aliou-se o estudo de redes grafais como forma de representação da arquitetura cerebral dos indivíduos alvo do estudo, os infantos e adolescentes. Esta análise foi realizada a partir da revisão de seis artigos científicos que auxiliam na tentativa de se responder a três perguntas principais:

- A estrutura cognitiva do ser humano é uma rede?
- Como o contato da criança com os diferentes mundos afeta a formação de suas redes?
- É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?

Paralelamente à análise dos artigos e à resposta às três perguntas, buscou-se o enfoque na educação adequada à realidade brasileira, para estrear uma indagação, mesmo que teórica, aos estudos acerca das consequências mentais e sociais do uso de ferramentas digitais em jovens no contexto nacional. Correlacionando os estudos, encontrou-se áreas cerebrais que apresentavam maior influência nos períodos de desenvolvimento dos indivíduos, além de destacar fases do crescimento com maior dificuldade de se analisar. Ademais, foram apontados tanto cuidados a serem tomados pelos professores na inserção de tais aparatos digitais em sala de aula quanto métodos pedagógicos alternativos aos quais esses profissionais podem recorrer.

Palavras-chave: Redes. Crianças. Tecnologias digitais. Cognição.

Abstract

This study provides a theoretical analysis of the cognitive and social impacts on children's development caused by the use of digital technologies present in contemporary everyday life. The study of graph networks was based as a way of representing the brain architecture of the individuals targeted by the study, children and adolescents. This analysis was carried out by reviewing six scientific articles that help in an attempt to answer three main questions:

- Is the human cognitive structure a network?
- How does a child's contact with different worlds affect the formation of their networks?
- Is it possible to represent the cognitive structure of a developing child through a graph?

Parallel to the analysis of the articles and the answer to the three questions, we focused on education appropriate to the Brazilian reality, to launch an inquiry, even if theoretical, into studies about the mental and social consequences of the use of digital tools in young people in the national context. Correlating the studies, brain areas that had greater influence on the periods of development of individuals were found, in addition to highlighting phases of growth that are more difficult to analyze. Furthermore, precautions to be taken by teachers when inserting such digital devices in the classroom and alternative pedagogical methods that these professionals can resort to were highlighted.

Keywords: Networks. Children. Digital Technologies. Cognition.

Aviso de *Copyright*

Este texto contém figuras com copyright, usadas para finalidades estritamente acadêmicas, e que não tem pretensão de substituir os trabalhos originais. O copyright é apresentado junto com as figuras, onde pertinente.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Matéria branca (*White matter*) e matéria cinza (*Gray matter*) de um cérebro humano. 26
Figura 2 – Lobos frontal, parietal, temporal e occipital. 27
Figura 3 – Lobo cerebral ínsula. 27
Figura 4 – Lobo cerebral límbico. 28
Figura 5 – Estrutura geral de um neurônio. 29
Figura 6 – Corpo caloso em azul claro. 31
Figura 7 – Grafos iguais esboçados de diferentes formas. 33
Figura 8 – Grafo I_1, subgrafo de I. 34
Figura 9 – Grafo J. 34
Figura 10 – Matriz de adjacência do Grafo J. 36
Figura 11 – Manipulação dos dados. 40
Figura 12 – Processos de parametrização. 42
Figura 13 – Procedimento de identificação individual. 43
Figura 14 – Procedimentos de análise de identificação. 60
Figura 15 – Perfomance dos procedimentos de identificação. 61
Figura 16 – Etapas da aquisição da imagem até a visualização matricial. 66
Figura 17 – Porcentagem de arestas de acordo com as sub-redes de cada conjunto de dados. 69

Lista de abreviaturas e siglas

Problem Based Learning / Aprendizagem Baseada em Problema	PBL	20
AAP	Academia Americana de Pediatria	53
AF	Anisotropia Fracionada	64
AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem	16
BIRD	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento	14
BNCC	Base Nacional Comum Curricular	17
BOLD	*Blood Oxygenation Level Dependent*	42
CALM	*Centre for Attention Learning and Memory*	71
EaD	Educação a Distância	16
ERE	Ensino Remoto Emergencial	16
FE	Funções Executivas	70
fMRI	*functional Magnetic Resonance Imaging* / Imagem por Ressonância Magnética Funcional	58
HCP	*Human Connectome Project* / Projeto Conectoma Humano	32
ICN	*Intrinsic Connectivity Networks*	72
MSD	Merck Sharp & Dohme	25
PLING	*Pediatric Longitudinal Imaging, Neurocognition, and Genetics*	65
ProInfo	Programa Nacional de Tecnologia Educacional	15
SAEB	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica	15
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade	70
TED	*Technology*, *Entertainment*, *Design* / Tecnologia, Entretenimento, Design	31
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação	19
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura	14

Sumário

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Contextualização 14
1.1.1 Intervenções estrangeiras no modelo de educação brasileiro 14
1.1.2 A inserção do digital na esfera educacional 16
1.1.3 Computação na Educação Básica 17
1.1.4 Incorporação de tecnologias digitais aos processos de aprendizagem e comunicação 18
1.2 Descrição do Problema 19
1.3 Objetivos e Metodologia 22
1.4 Estrutura do Trabalho 23

2 A ESTRUTURA COGNITIVA DO SER HUMANO É UMA REDE? . 24
2.1 Pesquisas sobre o Cérebro Humano 24
2.2 Disposição geral do cérebro 25
2.2.1 Matéria Cinza 25
2.2.1.1 Neurônio 29
2.2.2 Matéria branca 30
2.2.2.1 Conectoma 31
2.3 Teoria dos Grafos, Redes ou Estruturas Grafais 32
2.3.1 Teoria dos Grafos é um campo de estudo da matemática usado na investigação de elementos e suas relações. 33
2.3.2 Matriz de adjacência 35
2.4 Modelagem de redes 37
2.4.1 Aquisição de imagens 37
2.4.2 Linhas de fluxo e conectividade funcional 38
2.5 Artigos correlatos 38
2.5.1 *Mobile footprinting: linking individual distinctiveness in mobility patterns to mood, sleep, and brain functional connectivity* 39
2.5.1.1 Metodologia e aquisição de dados comportamentais 39
2.5.1.2 Análise de conectividade funcional cerebral com base na diferenciação de padrões comportamentais 42
2.6 Estrutura cognitiva como uma rede 44

3 COMO O CONTATO DA CRIANÇA COM OS DIFERENTES MUNDOS AFETA A FORMAÇÃO DE SUAS REDES? 46

3.1 Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico de crianças e adolescentes . . . 46
3.1.1 Idade pré-escolar . . . 47
3.1.2 Educação infantil para o Ensino Fundamental . . . 49
3.1.3 Idade escolar . . . 50
3.2 Artigos correlatos . . . 51
3.2.1 *Connecting the brain of the child from synapses to screen-based activity* . . . 51
3.2.1.1 Desenvolvimento do cérebro social infantil . . . 52
3.2.1.2 Consequências da interação criança-tela . . . 53
3.2.2 *Digital media and developing brains: concerns and opportunities* . . . 53
3.2.2.1 Desenvolvimento do cérebro na primeira infância e as mídias digitais . . . 54
3.2.2.2 Meia infância . . . 54
3.2.2.3 Adolescência . . . 55
3.3 Impacto do contato da criança com os mundos na formação de suas redes . . . 55

4 É POSSÍVEL A REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA COGNITIVA DE UMA CRIANÇA EM DESENVOLVIMENTO POR MEIO DE UM GRAFO? . . . 58
4.1 Artigos correlatos . . . 58
4.1.1 *Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity* . . . 58
4.1.1.1 Coleta e separação de dados comportamentais dos indivíduos . . . 59
4.1.1.2 Análise da conectividade cerebral total . . . 60
4.1.1.3 Identificação baseada em sub redes do cérebro . . . 60
4.1.1.4 Parcelamento da rede e contribuição de arestas individuais . . . 61
4.1.1.5 Influência da duração da sessão na idenficação de indivíduos . . . 62
4.1.1.6 Identificação baseada em múltiplas matrizes . . . 63
4.1.1.7 Previsão comportamental a partir dos perfis de conectividade cerebral . . . 63
4.1.2 *A multisample study of longitudinal changes in brain network architecture in 4-13-year-old children* . . . 64
4.1.2.1 Motivações do estudo . . . 65
4.1.2.2 Tratamento e modelagem das redes grafais . . . 65
4.1.2.3 Efeitos da idade no padrão da conectividade cerebral . . . 67
4.1.2.4 Justificativas biológicas para alterações estruturais . . . 68
4.1.3 *A transdiagnostic data-driven study of children's behaviour and the functional connectome* . . . 70
4.1.3.1 Organização funcional do cérebro e dificuldades comportamentais . . . 70
4.1.3.2 Metodologia para obtenção e análise de conectomas funcionais . . . 71
4.1.3.3 Comparação dos perfis comportamentais . . . 72

4.2 **Possibilidade de representação da estrutura cognitiva de uma criança por meio de um grafo** **73**

5 **DISCUSSÃO** **75**
5.1 **Identificações nos artigos expostos** **75**
5.2 **Oportunidades de pesquisa** **76**
5.3 **Trabalho pedagógico** **77**

6 **CONCLUSÕES** **78**

REFERÊNCIAS **81**

1 Introdução

1.1 Contextualização

Desta forma, este documento se configura como um estudo preliminar que envolve panoramas gerais das respectivas áreas abarcadas pelo tema. Essa visão holística é primordial em uma pesquisa introdutória, de forma a levar, além de uma compreensão inicial, os pontos relevantes a serem levados em consideração para o leitor.

1.1.1 Intervenções estrangeiras no modelo de educação brasileiro

A educação nacional desde suas origens sempre sofreu influência de fatores externos que não eram por si só compatíveis com a sua realidade, vista a multidiversidade cultural presente em um país de grande extensão territorial como o Brasil. A partir da evolução das pesquisas nativas e a própria capacitação profissional, essas intervenções estrangeiras passaram a estar menos presentes nas práticas de ensino, ainda que existissem.

O artigo de Thiago Esteves (ESTEVES, 2021), que trata da atuação de organismos internacionais e suas consequências na educação profissional e tecnológica, através de uma revisão literária, descreve bem a movimentação de organizações internacionais como o BIRD e a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) no contexto educativo brasileiro. Ele aponta a difusão de uma pedagogia política do capital que se alinha a contextos e necessidades internacionais, adotando modelos como a implementação de avaliações de larga escala que determinem a qualidade do ensino e capacidade dos estudantes, com justificativas ligadas à eficiência, produtividade, competitividade e racionalidade, quando na verdade, de acordo com diversos autores de políticas públicas e educação, apenas se caracteriza por um processo de generalização, ignorando realidades institucionais específicas, e de sua restrição aos indivíduos realmente afetados, os estudantes.

Esses organismos conseguem bastante influência interna a partir de financiamentos e empréstimos concedidos aos países alvos, decretando uma série de condições para atuarem política e ideologicamente. (ESTEVES, 2021) ainda aponta que, dentro desse contexto de hegemonia governamental, os profissionais da educação são culpabilizados pelo desempenho negativo dos estudantes nas avaliações de larga escala, desestimulando os intuitos de seu trabalho. Sendo o mundo contemporâneo guiado por essas relações de produção, (ESTEVES, 2021) evidencia ainda mais a funcionalidade da ciência e da tecnologia nos diversos setores da sociedade. Do ponto de vista pedagógico, é registrada a importância da qualidade da educação para que um indivíduo cresça economicamente, além de se desenvolver, consequentemente e segundo o próprio texto, “os níveis de saúde, a participação na comunidade e a perspectiva

de emprego” (ESTEVES, 2021).

“O projeto educacional brasileiro não pode ser analisado somente a partir dos dados quantitativos apresentados pelo governo, pois, vistos por si mesmos, eles não são suficientes para uma análise sobre os efeitos da expansão do ensino” (ALTMANN, 2002), diz a pesquisadora Helena Altmann, justificando as questões apresentadas anteriormente. Com o objetivo de estabelecer uma referência para o ensino básico brasileiro abraçadas a ações políticas, criou-se os Parâmetros Curriculares Nacionais, que também proporcionam uma margem de flexibilização para adequação das diferentes escolas com o governo.

Em 1999, com os resultados do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) sendo piores que em 1997, financiados pelo BIRD e seguindo seus parâmetros, Paulo Renato Costa Souza culpou a grande quantidade de crianças pobres que entraram nas escolas, sendo, em realidade, os resultados das redes de ensino particulares menores aos da rede pública (ALTMANN, 2002). Como solução, o ministro da educação apresentou algumas possibilidades, nela incluídas a ampliação do Programa Nacional de Tecnologia Educacional (Informática nas escolas ou ProInfo) e duplicação do projeto Parâmetros em Ação (treinamento de pessoas que auxiliam os professores a implementar os Parâmetros Curriculares Nacional nas escolas), sem a inclusão de cursos de formação de professores, pois, para o BIRD, deve ser dada ênfase no ensino básico, o resto (Ensino médio, profissionalizante, treinamento em serviço e ensino superior) deve ser privatizado (ALTMANN, 2002). Isto também descaracteriza o trabalho dos professores, reduzindo o ensinar apenas à aplicação de técnicas pedagógicas que podem ser repassadas em um curso, sem se preocupar com sua formação inicial (ALTMANN, 2002).

(ALTMANN, 2002) evidencia por fim que a maior desafio educacional para os professores é preparar os jovens para os acelerados avanços tecnológicos advindos com o século XXI, disponibilizando-os maneiras para se construir profissionais qualificados e presentes na sociedade democrática. Em um mundo globalizado com troca de informação constante, esta perspectiva relacionada aos alunos e ao uso da tecnologia não se torna ruim como um todo, mas necessita de atenção extra para que qualquer ação educacional esteja adequada à realidade do local - físico e social - no qual o estudante está inserido.

Ainda mais, com relação ao parágrafo anterior, se tratando de crianças nascidas no século XXI, a inserção na esfera digital acontece desde muito cedo. Considerando principalmente o mundo atual, onde a tecnologia faz parte da manutenção das relações sociais, este contato vem antes mesmo que elas frequentem a escola ou pratiquem alguma atividade lúdica (SOUZA et al., 2023).

1.1.2 A inserção do digital na esfera educacional

Esse relacionamento entre crianças e computadores, no qual estas tem um contato tecnológico digital desde muito cedo, não tem finalidade específica ou algum objetivo de desenvolvimento. Somente apresenta-se de forma involuntária, a partir da presença massiva de eletrônicos no cotidiano das pessoas. Dessa forma, a tecnologia passa a substituir, progressivamente, brincadeiras clássicas da infância, tanto de movimento físico quanto de cognição (QUEIROZ, 2019). O documento levanta possibilidades reais de atravanques no desenvolvimento infantil, prejudicando a saúde física e mental, além de agravar o isolamento social de indivíduos.

Como adendo à pesquisa, a reflexão em paralelo acerca da propriedade dos aparelhos, serviços e dados pessoais também é de extrema importância, visto que nenhuma disponibilidade de utilização é por acaso, o uso de tecnologia está constantemente sujeito a permissões ou contratos aceitos por parte dos usuários (PEREIRA, 2018). Tais procedimentos não só explicitam a ausência de domínio do cidadão sobre suas informações pessoais e bens tecnológicos, como também retratam o surgimento de uma nova rede na qual suas informações circulam entre as plataformas mediante autorização, incrementando mais uma estrutura grafal - conjunto de vértices ligados por arestas, definindo uma relação entre os elementos (FEOFILOFF, 2019) - ao contexto.

Apesar da exposição de tais argumentos desfavoráveis ao uso dos aparatos digitais, (QUEIROZ, 2019) também aponta a tecnologia como auxiliador dos exercícios verbais e escritos, visto que as mensagens instantâneas levam a pessoas a escrever com mais frequência. (QUEIROZ, 2019) ainda cita estudos que denfendem o pressuposto em que as crianças possuem um vocabulário mais abundante, melhor domínio de pontuação e ortografia, além da capacidade de compor frases com boa complexidade para a idade. Devido a esta diversidade de opiniões, pode-se considerar que os efeitos desse contato de jovens com instrumentos computacionais ainda são majoritariamente desconhecidos, expondo a importância de estudos que estão principiando na área.

Outro contexto que inseriu as tecnologias digitais ainda mais no cotidiano de ensino foi a pandemia da COVID-19. A partir deste marco, novamente os profissionais brasileiros precisaram reinventar maneiras de exercer sua atividades ocupacionais, não sendo diferente para o ambiente escolar, principalmente após a percepção de que o distanciamento iria continuar por mais tempo que o esperado. Por conseguinte, iniciaram-se aulas *online*, esquemas de revezamento de alunos, provas remotas e até mesmo novas maneiras de avaliação, que permaneceram em sua maioria mesmo depois que as medidas de distanciamento social se amenizaram, significando também uma nova fase pedagógica da realidade que agora estaria vigente (RODRIGUES; BIRNFIELD, 2022).

O dossiê “A pandemia na educação:o presente contra o futuro?” (MINTO, 2021),

critica a implementação da Educação a Distância (EaD) na realidade brasileira, que crescia mesmo antes da descoberta da COVID-19. Contudo, a partir do ano de 2020, expandiu sua usabilidade exponencialmente, tanto pelo contexto da época, quanto pelo seu baixo custeio e sua capacidade para alocar a grande quantidade de estudantes. Essa imersão forçada no modelo de Ensino Remoto Emergencial (ERE) acabou por omitir todas as considerações previamente feitas por teóricos sobre este método, que acreditavam em uma revolução progressista de (MINTO, 2021, p. 141) “trabalho imaterial” e “era informacional” , além de desencadear o uso contínuo de aplicativos e Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), inclusive nas escolas públicas.

A necessidade de distanciamento causada pela pandemia reforçou essa errônea noção de que a imersão tecnológica é sempre positiva, trazendo uma obrigatoriedade da utilização de novas modernidades no processo de aprendizagem para um ensino mais atualizado, ou seja, aqueles que utilizam de ferramentas computacionais com o intuito de otimizar os métodos de aquisição de conhecimento. Além de todas as ponderações anteriores, Minto (MINTO, 2021) ainda conclui que as decisões acerca da tecnologia no ambiente educacional não podem ser tomadas apenas com o objetivo de sanar as necessidades mais emergenciais. Elas devem ser pensadas também a longo prazo e avaliando o contexto sócio-histórico no qual a região ou o país está inserido.

1.1.3 Computação na Educação Básica

Entendendo a necessidade de aumentar o conhecimento sobre a computação junto a toda a sociedade brasileira, em Outubro de 2022 o ministério da educação aprovou a resolução que define as normas sobre Computação na Educação Básica, em complemento à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2022). A partir da sua homologação, Estados, Municípios e o Distrito Federal deveriam, em até 1 ano, dar início ao processo de aprendizagem referente à computação, respeitando a BNCC (Base Nacional Curricular Comum), a legislação e as normas educacionais. Em Janeiro de 2023 a educação digital como componente curricular foi vetada, porém em dezembro do mesmo ano o veto caiu e atualmente se tornou, de novo, obrigatória, dessa vez sem prazo definido para implementação. Assim, passa a ser obrigatório o oferecimento do ensino sobre computação, que podem ser em específico, ou integrado com outros componentes - como ciências - para o Ensino Fundamental e Médio, bem como também a presença de professores capacitados para tal (AUGUSTO, 2022).

Para a Educação Infantil, a BNCC da Computação prevê como pré-condições (BNCC, 2022, p. 1):

1. “Desenvolver o reconhecimento e a identificação de padrões, construindo conjuntos de objetos com base em diferentes critérios como: quantidade, forma, tamanho, cor e

comportamento.";

2. "Vivenciar e identificar diferentes formas de interação mediadas por artefatos computacionais.";
3. "Criar e testar algoritmos brincando com objetos do ambiente e com movimentos do corpo de maneira individual ou em grupo."; e
4. "Solucionar problemas decompondo-os em partes menores identificando passos, etapas ou ciclos que se repetem e que podem ser generalizadas ou reutilizadas para outros problemas."

Para o Ensino Fundamental, as competências prescritas abrangem atividades pedagógicas (BNCC, 2022). Elas estão planejadas para trabalhar tanto o posto de vista social sobre a Computação quanto o analítico, que partem desde a compreensão da área como um conhecimento influenciador do mundo até o desenvolvimento de projetos. Esse planejamento antecipado de métodos de ensino e a preocupação acerca do desenvolvimento cognitivo do aluno se diferenciam, em demasiado, de uma utilização indiscriminada dos aparelhos digitais, como tempo exacerbado de tela em desenhos infantis ou jogos *online*. Desta forma, este estudo não visa o banimento, mas sim o conhecimento sobre as influências das tecnologias digitais e a busca pela sua utilização de forma saudável.

Apesar de outras iniciativas no mesmo âmbito, como o ProInfo, citado anteriormente, a aprovação da BNCC da Computação foi a primeira vez que uma entidade governamental brasileira expôs diretrizes que visam uma inserção gradual de conhecimentos computacionais no contexto de ensino através de normas a serem seguidas, determinando ainda faixas etárias nas quais se operar. Países como Estados Unidos, Austrália e Finlândia vêm há bastante tempo incentivando essa inserção digital no contexto escolar (RIBEIRO, L. et al., 2022).

1.1.4 Incorporação de tecnologias digitais aos processos de aprendizagem e comunicação

Em toda a história das relações humanas, a comunicação sempre foi um fator chave dentro de qualquer contexto. Não diferente, este conceito tem ganhado cada vez mais importância na era contemporânea e dessa forma, também são criadas mais maneiras de satisfazer essa necessidade de contato social. Existem diversas formas que estabelecem uma comunicabilidade entre sujeitos - por exemplo, ligações de áudio, mensageria, libras, cartas e vídeo chamadas -, fornecendo estruturas que estabeleçam uma interlocução eficaz e alcance patamares cada vez maiores de evolução.

Por outro lado, os modelos de comunicação se tornam cada vez mais necessitados de meios eficazes e velozes para a transmissão de informações. Considerando uma sociedade altamente globalizada e conectada, a aplicação de ferramentas tecnológicas para estas

exigências se torna praticamente inevitável, quando abordados ambientes educacionais e acadêmicos, por exemplo.

No caso das crianças, além de toda a complexidade ligada à utilização e implementação de tecnologias digitais nos diversos contextos - educacionais, sociais, profissionais -, existe também uma rede social que estrutura todo o convívio da criança e influência em seu futuro papel no corpo coletivo. Discorrer sobre comunicação também engloba a visualização de diferentes contextos infantis (BECKER, 2017), retratados por estruturas envolvendo parentalidade, localização geoespacial, condições econômicas, idade, amizades, entre outros fatores capazes de gerar um novo grafo social em torno dos indivíduos.

Entendendo-se que inovações surgem a partir de necessidades, a incorporação de tecnologias aos processos de aprendizagem educacionais e individuais pode trazer resultados significativos para ambos os lados, tanto de quem ensina quanto daquele que aprende. Sendo assim, essa presença de ferramentas digitais no contexto de ensino não indica somente fatores positivos, visto que em cenários tão diversificados separadamente, o caminho em conjunto deve ser analisado com detalhes, para que trabalhos bem planejados atinjam os objetivos propostos e sem regressões, principalmente no âmbito educacional.

Dessa forma, em um cenário de obrigatoriedade na introdução de conceitos e ferramentas digitais na educação básica brasileira fazem-se necessários estudos que foquem no desenvolvimento das crianças em todas as etapas de seu crescimento, de forma a compreender suas percepções para estabelecer seus primeiros contatos com meios tecnológicos. Com esse fim, existem fatores que devem ser previamente considerados, para que se visualizem também os principais problemas desse convívio. Possuindo uma visão holística e tendo em vista os obstáculos, o alcance de parâmetros para inserir as tecnologias digitais da maneira mais eficaz possível é facilitado, levando em consideração todas as esferas de realidades sociais presentes no país.

1.2 Descrição do Problema

Em teoria (LIMA; ARAÚJO, 2021) (AZEVEDO; SOUSA; CARVALHO, 2024), a inserção de tecnologias digitais no processo de ensino-aprendizagem na escola facilitaria a comunicação do aluno com o professor e abriria um leque de possibilidades de pesquisas e seu acesso à informação. Apesar disso existem alguns ônus que podem ser presenciados. Como dito no Capítulo 1.1, são necessários estudos detalhados do processo para que esta nova fase educacional baseada na inserção tecnológica digital não simbolize um retrocesso, prejudicando os estudantes e o futuro do país como um todo.

Não se conhecem os efeitos dessa relação entre computação e formação da mente, especialmente nas crianças, logo porque se configura como a etapa onde ocorrem as formações cognitivas e sociais, de compreensão do mundo, como também de seu papel nele

(TABORDA, 2019). Ainda que exista um consenso de que a utilização excessiva de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) traz danos consideráveis à saúde mental de indivíduos muito novos (MATOS; GODINHO, 2024), ainda há uma busca dos educadores pela funcionalidade moderada destas.

O documento "A influência da tecnologia no desenvolvimento infantil" (TABORDA, 2019), cita diversos autores que defendem a prática tecnológica da inserção da computação na educação por enxergá-la como um meio de oportunizar a informação e facilitar a socialização, trazendo benefícios ao desenvolvimento cognitivo. Em contrapartida, também apresenta pesquisas apontando o caminho contrário, onde crianças estão mais propensas a desenvolver transtornos mentais, como depressão, ansiedade e baixa autoestima, quando se sujeitam a contatos muito frequentes às telas. Esta primeira relação, por sua vez, se conceitua apenas na utilização de aparelhos digitais de mídia - celulares, *notebooks*, *tablets* e televisão - e suas devidas consequências no cognitivo infantil, enquanto o ensino da Computação abrange um contexto muito mais aprofundado, baseado no aprendizado do indivíduo e considerando fatores como pensamento computacional, ensino da computação sem o uso de computadores e prática docente em PBL (*Problem Based Learning*) (RIBEIRO, L. et al., 2022).

Conjuntamente ao proposto por Taborda (TABORDA, 2019), em "Da infância à adolescência: o uso indiscriminado das redes", ainda são relembrados fatores de perigo para crianças no interior das redes. Visto à navegação não supervisionada, os infantes estão sensíveis (NEVES et al., 2015, p. 136) "à pornografia, a propagandas enganosas, a pedofilia infantil, ao estímulo ao consumo de substâncias como álcool e drogas ilícitas" , além do *cyberbullyng*, problema que se tornou extremamente recorrente nos dias atuais.

De acordo com o Relatório de Monitoramento Global da Educação de 2023 (UNESCO, 2023), que analisa a educação, ciência e cultura sob uma perspectiva mundial, não existem evidências que justifiquem o valor da tecnologia digital quando agregada à educação em todos os níveis. Justifica-se este fato pela evolução acelerada de ferramentas, o que não permite uma averiguação calma e atualizada sobre o uso de tais utensílios digitais, como também a produção de pesquisas concentrada somente nas mãos de empresas que procuram lucrar com os aparatos digitais, sob uma perspectiva eurocentrista, produzida nos países mais ricos, gerando uma parcialidade em todo o estudo.

A falta de perspectiva sobre outras realidades não acontece somente de maneira internacional, ainda mesmo dentro do Brasil há uma série de desigualdades que distanciam mais o projeto de desenvolvimento educacional, por meio de tecnologias, da sua eficiência desejada. Embora diversas mobilizações sociais sejam implementadas com o objetivo de reduzir essas discrepâncias de acesso às ferramentas digitais (EDUCAÇÃO, 2005) (ASCOM REITORIA, 2022), o ensino remoto não consegue alcançar a população estudantil como um todo, uma vez que o período pandêmico da COVID-19 demandou essa atuação. Principalmente em países mais pobres, é relembrado um ponto levantado no relatório da

UNESCO (UNESCO, 2023) de que o direito à educação tem sido, cada vez mais, sinônimo de conectividade adequada.

Elucidando ambos os polos da discussão sobre a utilização de tecnologias digitais no contexto ensino-aprendizagem, o texto de Cristiane Cardoso, Valdivina Ferreira e Fabiana Barbosa, que tem como alvo o acesso à educação durante a pandemia de COVID-19 (CARDOSO; FERREIRA; BARBOSA, 2020), o texto deixa incontestáveis os privilégios recebidos pelos estudantes que têm acesso, por fatores como a possibilidade de manutenção da rotina e a própria reformulação do processo de aprendizagem. Por outro lado, expõe o processo de discrepância da realidade onde nem todos os jovens têm acesso da mesma maneira, ilustrando esta limitação de desigualdade comunicativa. Ainda para mais, relembra que o contexto pandêmico restringiu os acessos à educação, comunicação e informação, incontestáveis a qualquer cidadão, a depender de uma única via, a virtual.

Outra diligência que necessita de caminhos para resolução se trata da formação de educadores qualificados a lidar com as tecnologias, sendo inesperadamente alocados no meio digital e dependentes dele para realizar seu trabalho (CARDOSO; FERREIRA; BARBOSA, 2020). Em paralelo, também deve-se analisar o processo exigido para se enxergar o ensino da Computação sob todos os seus ângulos, desde o social até o cognitivo, buscando por profissionais tão capacitados quanto aqueles alocados para ministrar aulas *online*. Tais questões acerca desta capacitação de professores são imprescindíveis também para combater a precarização do trabalho docente, no qual os professores precisam, cada vez mais, exigir seus direitos e condições de trabalho à altura, sendo, por outro lado, massacrados pelas demandas que a modernização do ensino implica.

Ao passo que o conhecimento está cada vez mais disponível nas redes, deve-se relembrar a noção de que isto não é concebido sozinho, carecendo ainda mais de capacitações dos professores para este meio educativo quando abordado as questões sobre tecnologias digitais e ensino da Computação, além de defrontar a ideia de esvaziamento intelectual do trabalho docente e igualdade de acesso à informação. Assim como exposto no texto citado na seção 1.1, “Desnecessário dizer que doar chips de celular pode até permitir o uso de certa quantidade de dados de internet, mas em nada altera todo o complexo que conforma a desigualdade: formação prévia, condições de estudo, ambiente doméstico etc” (MINTO, 2021)

Ademais, apesar do Brasil e dos educadores agora estarem referenciados pelas normas propostas na BNCC da Computação, em governos passados já houveram algumas tentativas com percalços que impossibilitaram uma aderência saudável ao ensino digital. O artigo “Proposta para Implantação do Ensino de Computação na Educação Básica no Brasil” (RIBEIRO, L. et al., 2022) especificou alguns destes impeditivos de execução, entre eles, o foco em computadores e uso de tecnologias digitais, não em fundamentos computacionais, além da falta de conhecimentos dos professores sobre e uma definição clara de tais conceitos,

concluindo com o investimento inadequado de políticas públicas para o plano relacionado à instrução de Computação na educação básica brasileira.

O desafio se encontra então na busca por maneiras onde a utilização de TICs em ambientes de educação possa ser proveitosas para o desenvolvimento infantil, sem a propagação de transtornos físicos e sociais, de forma o mais igualitária possível, se adequando à realidade da sala de aula brasileira e que não prejudique a docência, outras crianças ou o contexto social como um todo. Sendo assim, deve-se analisar não só métodos educacionais, mas também como o indivíduo enxerga a tecnologia digital e compreende seus processos cognitivos durante sua utilização, possibilitando assim, a mediação destas com efeitos pedagógicos positivos. Uma tentativa de atingir a observação de tais parâmetros baseados no entendimento do indivíduo sobre os meios digitais e seus processos intelectuais e mentais seria uma estrutura de redes que ilustram a criança em seu contexto social, de forma a captar seus entendimentos comportamentais e cognitivos a cada etapa de sua vida.

1.3 Objetivos e Metodologia

A partir da problematização apresentada na seção 1.1, somado aos obstáculos descritos em 1.2 e buscando soluções para tal, este trabalho investiga a possibilidade de compreensão do que ocorre na rede cognitiva de uma criança em contato com o mundo digital.

Com essa compreensão gerar subsídios para a modelagem do ensino, aprendizagem e desenvolvimento em Computação na educação básica, a fim não de estipular regras de conduta, visto que já existem normas a serem assimiladas, mas de viabilizar um direcionamento iniciante por parte por parte de professores, estudantes e pesquisadores nessa área emergente.

Com essa finalidade, será considerada uma coletânea de trabalhos externos que tratam separadamente: da possibilidade de ilustração da estrutura cognitiva humana por meio de uma rede; da influência da tecnologia digital no desenvolvimento intelectual e social de crianças; e da viabilidade de representação da cognição de crianças em fase de crescimento através de grafos. Objetiva-se uma visão holística de diferentes aspectos, desde redes cerebrais, estruturas cognitivas, tecnologias digitais, desenvolvimento infantil, até estudos de atividade neural. O procedimento consistirá em análises de artigos e documentos que amparam discussões sobre sobre cada uma dessas três perspectivas separadas, para que sejam alcançados os objetivos de investigação declarados adiante. Dessa forma, o projeto deve ser segmentado com foco na resposta a três perguntas principais:

- “A estrutura cognitiva do ser humano é uma rede?”;
- “Como o contato da criança com os diferentes mundos afeta a formação de suas redes?”;

- “É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?”.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho se organiza em 5 capítulos. O primeiro e atual, planejado para apresentar o projeto, descreve a situação introdutória, bem como as motivações para sua elaboração, as metas ambicionadas e os recursos dispostos para alcançá-las. O Capítulo 2, que investigará a pergunta “A estrutura cognitiva do ser humano é uma rede?” apresenta uma fundamentação teórica dos principais conceitos a serem abordados, para verificar a disposição estrutural da cognição humana. Para o segundo questionamento, “Como o contato da criança com os diferentes mundos afeta a formação de suas redes?”, desenvolveu-se o Capítulo 3, onde é definida a teoria de aprendizagem escolhida por este estudo, bem como a divisão das etapas do desenvolvimento de jovens. No Capítulo 4 é concebida uma resposta à última indagação, “É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?”, no qual são expostas algumas das pesquisas realizadas na área, buscando explicar como redes neurais de diferentes indivíduos podem ou não ser reconhecidas, além de levantar algumas considerações necessárias para traçar o panorama de desfecho deste manuscrito, a partir de referências com base nos campos da psicologia e neurociência.

O Capítulo 5, de Discussão, levanta pontos de convergência entre todas as bases teóricas estudadas, além de expor a dificuldade de responder à ultima pergunta “É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?”. Por fim, o capítulo final, de Conclusão, sintetiza todas as análises postadas, definindo uma resposta consciente aos objetivos esperados, tal qual evidenciando os empecilhos encontrados no decorrer do projeto e comparando com outras possíveis viabilidades de trajetória, como também discute ideias para trabalhos futuros.

2 A estrutura cognitiva do ser humano é uma rede?

Para embasamento inicial, é necessário entender tanto o desenvolvimento cognitivo quanto a possibilidade de transformá-lo em uma malha ilustrada por grafos , justificando o teor do estudo. Este capítulo apresentará uma fundamentação conceitual sobre dois aspectos necessários para a compreensão das análises em busca das respostas às questões de pesquisa: Pesquisas sobre o cérebro humano e grafos, que seguem.

Dada a confirmação de que seja admissível transpor analogicamente a estrutura mental para uma rede, pode-se iniciar a compreensão junto ao desenvolvimento desta. De forma geral, o conceito de rede é encarado como uma arquitetura que possui determinado padrão (CONCEITO.DE, 2020), capaz de se enquadrar em diversos âmbitos, como na informática, nos esportes, na costura ou até mesmo em fenômenos sociais (RIBEIRO, D., 2024), a depender das suas especificidades.

2.1 Pesquisas sobre o Cérebro Humano

A pesquisa sobre o cérebro humano se iniciou de forma teorizada, antes mesmo que se pudesse ter visualizações precisas do órgão (LAGERCRANTZ, 2021), e foi evoluindo conforme avanços tecnológicos. Uma gama de estudiosos desde Aristóteles (384-322 a.C.) até Santiago Ramón y Cajal (1852–1934), considerado o pai da neurociência moderna, se aventuraram em análises fundamentando a mente. Ainda há muito o que se explorar, entretanto, é de consenso geral que tal desenvolvimento não ocorre de forma retilínea ou uniforme, cada indivíduo possui sua formação própria que será responsável por seus pensamentos, ideais e propósitos.

Existem diversas variáveis que influenciam na organização da arquitetura cerebral, incluindo fatores internos e externos ao corpo humano. Hugo Lagercrantz, por exemplo, levanta em um de seus trabalhos (LAGERCRANTZ, 2021, p. 1728) que “Carla Shatz relatou que mesmo antes dos olhos de uma criatura se abrirem, havia atividade espontânea na retina [...]. Ela estudou furões recém-nascidos que não tinham aberto os olhos e descobriu que, se esta atividade fosse bloqueada com uma neurotoxina como a tetrodotoxina, os animais ficavam cegos. Essas descobertas indicam a importância que o meio ambiente tem no desenvolvimento do cérebro.” , apontando também uma alteração no organismo antes mesmo de um contato externo direto do animal. Desta forma, fica elucidada a inexistência de um método completamente acertivo de predição da estrutura cognitiva, pois todo esse processo depende de uma quantidade infinita de variáveis.

Portanto, é possível enxergar a estrutura cognitiva como a disposição de conteúdos e ideias no cérebro de determinado indivíduo, e além disso, para David Ausubel (1918-2008), psicólogo da educação norte-americano, a aprendizagem compreende o crescimento dessa organização, acrescentando relações ao básico já conhecido (CELESTRINI et al., 2024). Em adição, Hugo Lagercrantz (LAGERCRANTZ, 2021, p. 1723) ainda defende em seu artigo: "Curiosamente, até Sigmund Freud (1856–1939) promoveu a ideia de que as células nervosas estavam fisicamente separadas umas das outras. Ele sugeriu até mesmo que as interações entre os neurônios através das barreiras de contato eram responsáveis pela memória e pela consciência".

2.2 Disposição geral do cérebro

Caracterizado como um dos principais órgãos do corpo humano, o cérebro também é reconhecido por ser o centro de controle de todo o indivíduo. Fundamento de muitas pesquisas, toda sua capacidade ainda é desconhecida, algo que gera acentuada discussão entre neurocientistas e psicólogos. Estes primeiros profissionais acreditam que o entendimento do cérebro em paralelo com a aprendizagem infantil pode acarretar em uma melhor concepção de conceitos e maior alcance de objetivos em termos cognitivos, enquanto os segundos defendem a mediação da teoria com a prática escolar, analisando tanto as ideias estudadas quanto as ações das crianças, que podem seguir caminhos diferentes do esperado somente pelas teses, são argumentos defendidos pelo autor, médico e doutor em biofísica, Roberto Lent em seu livro "O cérebro aprendiz" (LENT, 2018).

A princípio, existe uma divisão do cérebro baseada em dois conceitos: matéria cinza e matéria branca (ENCYCLOPEDIA, 2024). A primeira, localizada na parte mais externa do órgão, se caracteriza por possuir os chamados compostos celulares em sua composição - o córtex cerebral, formado por células nervosas - e fica responsável pelo processamento de dados do corpo humano. Enquanto isso, a segunda se constitui por fibras nervosas - ou corpos calosos - no interior do cérebro, encarregada por interligar as diferentes regiões do córtex (ENCYCLOPEDIA, 2024). A Figura 1 ilustra essa visão geral de segmentação das áreas.

2.2.1 Matéria Cinza

Através do Manual Merck Sharp & Dohme (MSD) (MSD, 2024), obra literária com o intuito de disponibilizar informações médicas confiáveis para o público em geral, é possível ter acesso em seção específica do site à algumas noções que englobam a estrutura e funções cerebrais. O autor da publicação "Visão geral da função cerebral" (HUANG, 2021), Juebin Huang, médico doutor neurologista, aponta principalmente para a utilização ilimitada do órgão, quando, na maioria da vezes, mais de uma área é utilizada na execução de uma ação

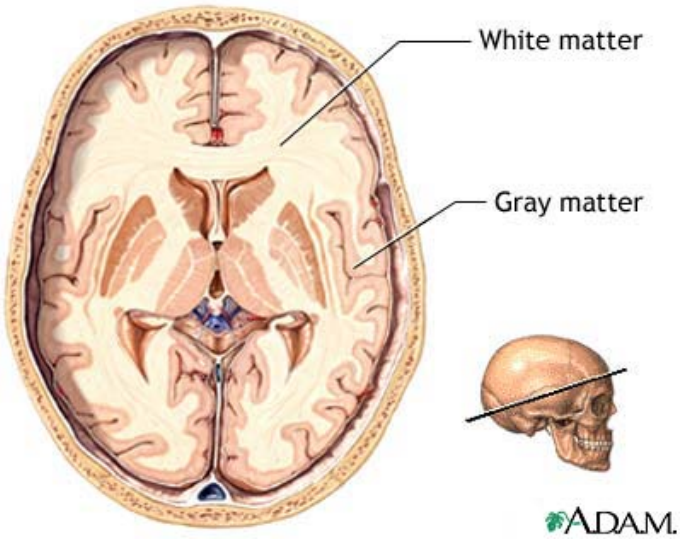


Figura 1 – Matéria branca (*White matter*) e matéria cinza (*Gray matter*) de um cérebro humano.

Fonte: (ENCYCLOPEDIA, 2024).

Copyright: 2024 MedlinePlus, National Library of Medicine.

no organismo , alimentando a ideia de que quase tudo está conectado.

A edição (HUANG, 2021) descreve o cérebro em sua divisão por dois hemisférios separados pela comumente conhecida fissura cerebral. Na parte externa desse hemisférios - que constitui o córtex cerebral, formado por sua matéria cinza - cada lado contém seis lobos: frontal, parietal, temporal, occipital, ínsula e límbico.

Os quatro primeiros lobos, evidentes na região exterior, podem ser visualizados através da Figura 2, enquanto os dois últimos, encontrados no interior do órgão, pelas Figuras 3 e 4, respectivamente (HUANG, 2021). Apesar de algumas atividades de maior complexidade afetarem ambos os lados, um deles possui maior responsabilidade para com essas atividades - como por exemplo, linguagem, atenção espacial e processamento visual -, o que é chamado de dominância cerebral.

Esse conceito de dominância cerebral (LOPES et al., 2010), definido por William Herrmann, se baseia na fragmentação do cérebro em quatro quadrantes que dispõem características e habilidades distintas - criativo, planejador, comunicativo e analítico. A partir disso, torna-se possível a identificação de padrões para o quais certos indivíduos possuem predisposições seguindo suas aptidões cerebrais.

Superficialmente, espalhados por esses lobos pode-se encontrar as áreas sensoriais primárias, o córtex motor primário e as áreas de associação, tanto unimodal quanto heteromodal (HUANG, 2021). As primeiras estão incumbidas pelos estímulos advindos dos órgãos sensoriais especializados, como língua, nariz, olhos, ouvidos e pele, e de receptores periféricos, enquanto o segundo se responsabiliza pela execução de movimentos corporais voluntários. Por último, a área de associação unimodal trabalha se restringindo a auxiliar suas

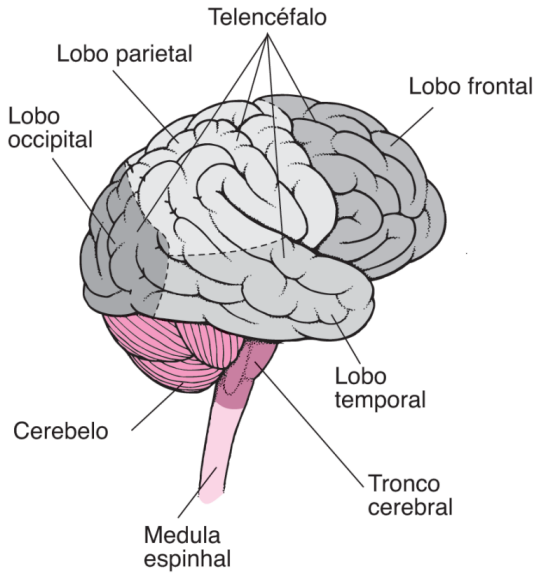


Figura 2 – Lobos frontal, parietal, temporal e occipital.

Fonte: (HUANG, 2021).

Copyright: 2024 Merck & Co., Inc., Rahway, NJ, EUA e suas afiliadas.

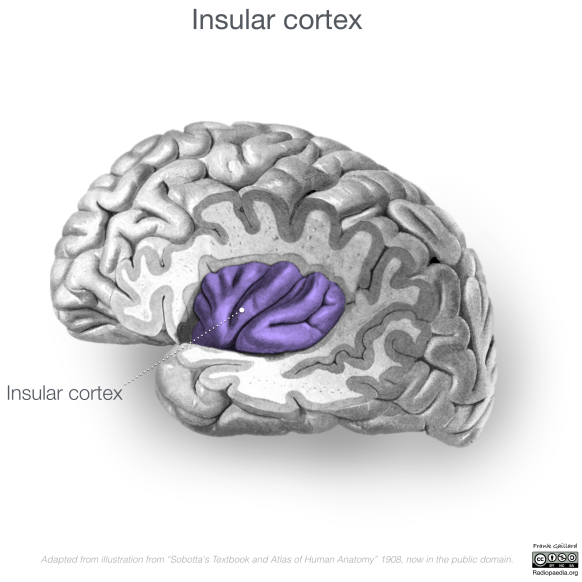


Figura 3 – Lobo cerebral ínsula.

Fonte: (GAILLARD, 2016).

Copyright: 2024 Wikimedia Commons.



Figura 4 – Lobo cerebral límbico.

Fonte: (FÉRIA, 2023).

Copyright: 2024 Kenhub.

respectivas áreas sensoriais primárias no desempenho de ações mais complexas, ao passo que a heteromodal recebe estímulos de vários setores anexos, tanto sensoriais quanto motores, incorporando informações e adicionando respostas, algo que favorece o aprendizado e facilita o pensamento (HUANG, 2021).

O texto (HUANG, 2021) também explica as funções mais específicas de cada estrutura. Aos lobos frontais são atribuídos os comportamentos aprendidos e intencionais, nessa área existem diversas regiões responsáveis pela mobilidade no lado contralateral do corpo, pela atenção, pelo controle emocional e social, pela linguagem expressiva e pela preservação e processamento de memórias de curto prazo. Lesões causadas neste campo podem ocasionar falhas tanto motoras quanto comportamentais.

Enquanto isso, os lobos parietais possuem áreas com objetivos mais particulares (HUANG, 2021), como identificação de forma, textura e peso, consciência espacial, percepções sensoriais do ambiente e domínio de cálculo, desenho, escrita, orientação direita-esquerda e reconhecimento dos dedos. Danos neste ponto podem vir a prejudicar a identificação tanto de objetos pelo tato, quanto de posicionamento e lateralização do corpo, além de cognições sobre matemática e redações.

Por conseguinte, os lobos temporais se fazem necessários, a depender do hemisfério onde se localizam, para a assimilação auditiva, a formação da linguagem, a memória visual e factual, além da emoção. Ao passo que os lobos occipitais, ligados ao campo óptico, possuem o córtex visual primário, que recebe os estímulos respectivos ao olhar, e as áreas de associação visual, que auxiliam nas atividades mais complexas do âmbito (HUANG, 2021). Lesões no primeiro são capazes de originar dificuldade a percepções de sons não verbais, a memória e a elaboração dialética, enquanto o segundo, quando atingido, pode acarretar problemas visuais, como alucinações ou reconhecimento de objetos.

A ínsula, responsável por impulsos mais sensoriais (HUANG, 2021), domina particularidades da sensação de dor e temperatura e, quiçá, gustação. Em último, o lóbulo límbico, mais generalizado, processa sinais de diversas partes do cérebro, auxiliando em atividades mais complexas ou que envolvem muitas áreas. O documento (HUANG, 2021) expõe uma variedade de déficits quando essas regiões são afetadas, incluindo, no primeiro caso, afasia, e no segundo, distúrbios emocionais, cognitivos e autônomos. Tais funções descritas pelo neurologista Juebin Huang podem ser encontradas no *site* do Manual MSD, como exposto no início da seção.

2.2.1.1 Neurônio

A estrutura base do sistema nervoso, o neurônio, com sua habilidade de interligar-se a outros a partir de determinados estímulos , facilita a visualização deste processo como um sistema grafal. Sua organização, ilustrada pela Figura 5, configura-se por um corpo celular, que guarda o núcleo e as organelas celulares, um axônio, responsável por enviar os impulsos, e vários dendritos, ramificações que recebem os estímulos (VARELLA, 2014).

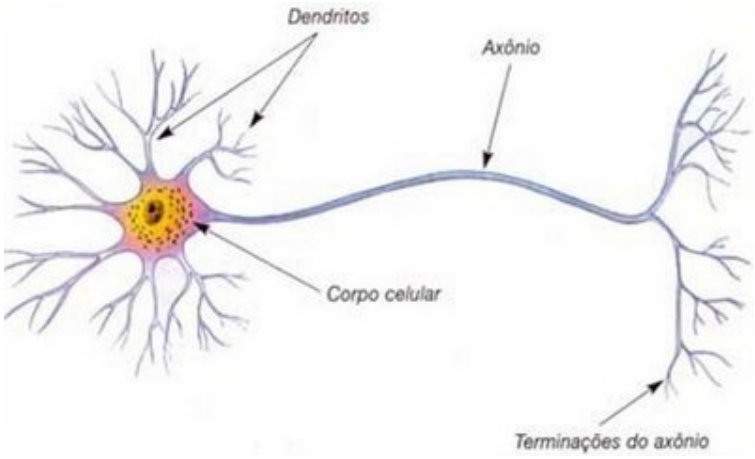


Figura 5 – Estrutura geral de um neurônio.

Fonte: (DUARTE, 2015).

Copyright: 2008-2024 ResearchGate GmbH.

A comunicação entre células nervosas acontece através de transmissões elétricas ou químicas, que são comumente chamadas por sinapses nervosas. As primeiras acontecem a partir de uma conexão física direta entre neurônios que possibilita a passagem de íons, sem a necessidade de uma substância condutora. Enquanto as segundas, mais frequentes, ocorrem através da liberação de neurotransmissores por uma fenda sináptica, que serão captados pelos dendritos do corpúsculo receptor, produzindo reações nos tecidos de acordo com seu tipo e do que encontra em cada célula sensorial que atinge (NISHIDA, 2012).

Posto isto, cada neurônio pode provocar diferentes reações a depender do impulso adquirido, sendo classificados em três tipos: sensoriais, recebendo impulsos do meio externo ou do organismo e encaminhando para o sistema nervoso central, interneurônios,

cujas ligações ocorrem entre neurônios, e motores, gerados no sistema nervoso central para transportar estímulos a músculos, glândulas e outras células nervosas (MONTANARI, 2016). Justamente por isto, é possível compreender a atuação das sinapses e porque elas se tornam responsáveis por transportar todas as ações sensoriais, motoras e cognitivas que um ser humano realiza.

Os neurônios situados no cortex, isso é, na massa cinzenta do cérebro não possuem axônios, e são especializados no processamento de sinais em ligação com outros neurônios corticais (MONTANARI, 2016). Já os neurônios situados no interior do encéfalo, e do cérebro de forma mais específica, constituem a massa branca, e possuem axônios desenvolvidos, sendo mais especializados na transmissão de sinais entre as várias áreas do sistema nervoso, inclusive entre as regiões corticais.

2.2.2 Matéria branca

Os hemisférios cerebrais esquerdo e direito são conectados pelas fibras nervosas formadoras da substância branca, enviando sinais de um lado para o outro de maneira mais rápida e eficiente (CLINIC, 2022). Além disso, esses feixes de sinapses da substância branca também podem se espalhar pelo tronco cerebral[1] e medula espinhal [2], para que as informações sejam transmitidas do cérebro para o resto do corpo e vice-versa.

Funcionando como uma ponte, o corpo caloso se situa no meio do cérebro humano transmitindo as informações entre os hemisférios, como é possível observar pela Figura 6 (CLINIC, 2024b). Esse transporte auxilia na coordenação dos sentidos, movimento e da função cognitiva. A Imagem 6 reproduz uma visão lateralizada - no centro - e outra da vista superior da metade inferior - no quadrante inferior à esquerda - do cérebro, sendo o corpo caloso representado pelas áreas em azul claro.

Apesar da substância branca não possuir neurônios, ela é constituída por axônios que conduzem os sinais elétricos (FILLEY, 2022). Funções básicas como linguagem e memória são organizadas em redes dentro da matéria cinza e interconectadas por feixes de matéria branca. Portanto, a ausência ou danos a esse campo não só separam áreas cerebrais, como também pode perturbar qualquer aspecto da função cognitiva ou emocional. Quanto mais extensas e eficientes essas conexões, melhor o funcionamento do cérebro (FILLEY, 2022).

Como visto, sendo o cérebro humano um órgão extremamente vinculado entre si, torna-se impossível visualizar atividades separadamente, isoladas sob encargo de uma única região. A estrutura cerebral possui cerca de 86 bilhões de neurônios, que se interligam - através de 200 milhões de axônios (CLINIC, 2024b) - ao processar pensamentos e atividades

[1] O tronco cerebral é uma estrutura parte do sistema nervoso responsável por conectar o cérebro à medula espinhal e envia mensagens para o resto do seu corpo para regular, por exemplo, o equilíbrio, a respiração e a frequência cardíaca (CLINIC, 2024a).

[2] A medula espinhal é uma faixa de tecido em forma de tubo que conecta o cérebro humano à parte inferior das costas. Ela carrega sinais nervosos do cérebro para o corpo e vice-versa (CLINIC, 2024a).

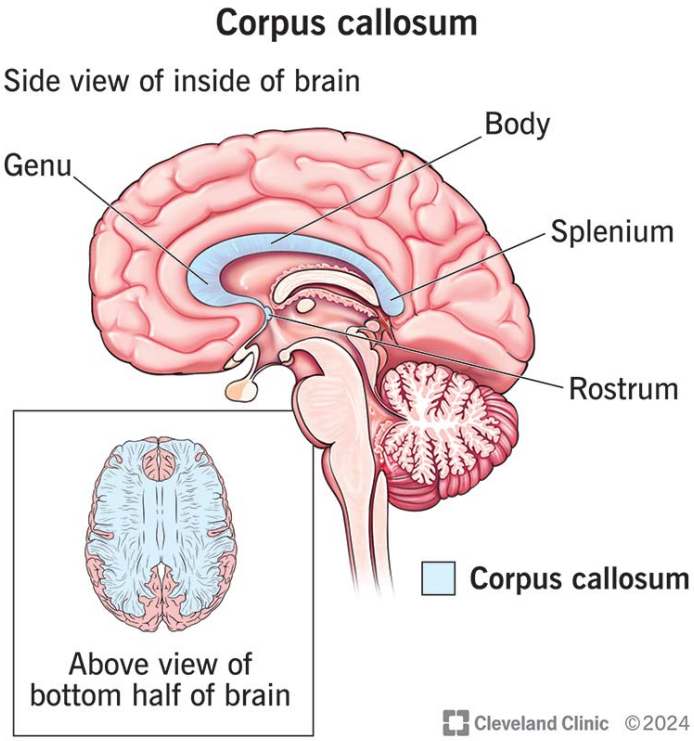


Figura 6 – Corpo caloso em azul claro.

Fonte: (CLINIC, 2024b).

Copyright: 2024 Cleveland Clinic.

no decorrer da vida de um indivíduo sob a responsabilidade da matéria branca. A todo este agrupamento completo de conexões, é chamado “Conectoma” (LENT, 2021). Embora a vasta quantidade de pesquisas, ainda há muito da esfera a ser descoberto, capturando o foco de profissionais de diversas áreas e que podem correlacionar seus estudos, como é o caso deste documento.

2.2.2.1 Conectoma

Assim como defendido por muitos especialistas, o conectoma é caracterizado por atuar por ser um grafo de todas as sinapses que interliga as diferentes regiões do cérebro, argumentando ainda que (KOPELL et al., 2014, p. 1319) “o conectoma humano fornecerá um mapeamento detalhado da conectividade do cérebro, com percepções fundamentais para saúde e doença”. Tais ligações ocorrem de forma diferente em cada indivíduo, a depender tanto de sua genética quanto de fatores externos. Portanto, leva-se a entender a singularidade de todo ser humano, visto a existência de inúmeras maneiras de conexões dentro de um cérebro.

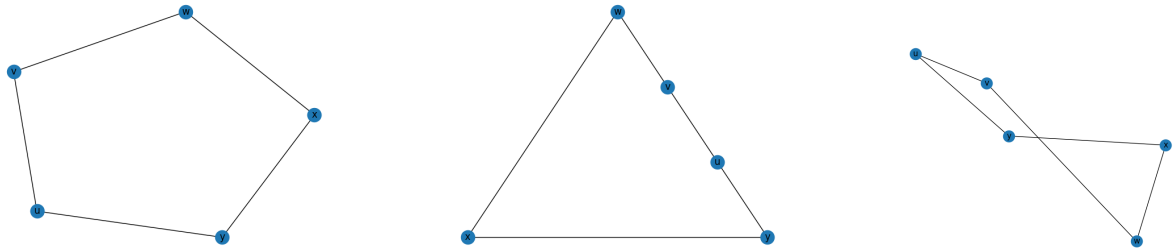
Hyunjune Sebastian Seung, professor do Instituto de Neurociência de Princeton e de seu Departamento de Ciência da Computação, pesquisador influente em ambas as áreas e pioneiro nos estudos sobre conectomas, alcançou mais de um milhão e duzentas

mil visualizações em vídeo de seu TED *Talks* "*I am my connectome*" (SEUNG; TALKS, 2010), em que explica e demonstra figurativamente como as conexões cerebrais se formam e se comportam. Nesta conferência, ele traça um comparativo entre o cérebro humano e um prato de macarrão, onde tudo está conectado, reitera a capacidade de terminações e contatos de neurônios serem criados e destruídos ao decorrer do tempo, afirmando ainda que a atividade neural pode mudar o conectoma, assim como a personalidade de um indivíduo também se modifica durante sua vida. Todos esses argumentos se validam para suportar a hipótese do pesquisador de que "Eu sou meu conectoma", indicando que a identidade de cada ser humano se dá a partir de suas sinapses cerebrais únicas, além de incentivar em sua narração estudos que podem vir a transformar a maneira como a mente humana será observada futuramente.

Paralelo a esses desempenhos diversos, a iniciativa *"Human Connectome Project"* (HCP) é um dos mais conhecidos projetos voltados para o estudo do ramo, cujo o principal objetivo seria "construir um mapa das conexões neurais estruturais e funcionais completas in vivo dentro e entre indivíduos" (HUMAN…, 2011), além do compartilhamento de dados que possam promover a análise e discussão sobre, coordenado conjuntamente pela Universidade do Sul da Califórnia e Universidade de Harvard. Ainda que distantes dos objetivos de pesquisa, tais resoluções sinalizam passos importantes no caminho da pesquisa para a elucidação futura da área.

Atualmente, a neurociência tem avançado progressivamente no campo da conectômica a partir de pesquisas das mais variadas partes do mundo, consequente a isto, (LICHTMAN; LIVET; SANES, 2008) expõe-se a existência de graves limitações na visualização de circuitos, ao passo que também apontam avanços recentes com grandes possíveis oportunidades da área. Manifestam-se como o primeiro passo para estudar a conectômica as estratégias de mapeamento de circuitos, que se originam desde técnicas de coloração unicelular por impregnação de corante até soluções mais atuais como a introdução de marcadores em conjunto com solução multicolorida (LICHTMAN; LIVET; SANES, 2008). Entretanto, o mesmo artigo também aponta as dificuldades encontradas em cada método descrito, o que evidencia, mais uma vez, a variabilidade de casos de estudo, bem como a necessidade de análises mais específicas para tomadas de decisões. A exemplo da diversidade de usos e profundidades do tema, a próxima seção evidencia um estudo observador de padrões comportamentais consoantes à mobilidade de indivíduos, justificado por mapeamentos de modelos cerebrais.

2.3 Teoria dos Grafos, Redes ou Estruturas Grafais



(a) Grafo G. (b) Grafo H. (c) Grafo I.

Figura 7 – Grafos iguais esboçados de diferentes formas.

Fonte: Imagens Autorais.

2.3.1 Teoria dos Grafos é um campo de estudo da matemática usado na investigação de elementos e suas relações.

A Teoria dos Grafos convém para representar elementos e suas relações, de modo a buscar a solução de variados problemas através de uma visualização mais simplificada do todo. Um grafo G, é formado por um conjunto se baseia em um conjunto finito não vazio de vértices (ou nós) V e outro conjunto de arestas (ou elos) A formado por ligações entre pares de V. Tal conjectura pode ser simbolizada meramente por $G = (V,A)$ ou por $V(G)$ e $A(G)$, indicando que estes vértices e arestas, respectivamente, pertencem ao grafo G (CHARTRAND; ZHANG, 2012). De forma geral, essas estruturas correspondem a diagramas em um plano no qual os vértices são simbolizados por pontos e as arestas por linhas os ligando. Posto isso, é possível admitir que um único grafo possa ser diagramado de diferentes maneiras (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018).

Dois grafos G e H podem ser considerados iguais caso $V(G) = V(H)$ e $A(G) = A(H)$, ou seja, os vértices e arestas são os mesmos, independente da forma como foram esboçados (CHARTRAND; ZHANG, 2012). A Figura 7 demonstra este caso, no qual os três grafos possuem as mesmas dimensões, $V(G)=V(H)=V(I)=\{x, y, u, v, w\}$ e $A(G)=A(H)=A(I)=\{xy, yu, uv, vw, wx\}$. Enquanto isso, também é recorrente o conceito de subgrafo, consistindo em um diagrama no qual todos os seus vértices e arestas estão contidos em um grafo principal, mas o contrário não necessariamente ocorre (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Esta definição pode ser visualizada na Figura 8, tal que: $V(I_1)=\{x, y, w\}$ e $A(I_1) =\{xy, wx\}$, então $I_1 \subseteq I$.

A quantidade de vértices em G é nomeada a ordem do grafo, enquanto o tamanho se caracteriza pelo seu número de arestas (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Chamam-se vértices adjacentes, ou “vizinhos entre si”, quando estão conectados por uma mesma aresta, ao passo que este é dito incidente nesses vértices. Arestas distintas incidentes em um mesmo vértice são intituladas arestas adjacentes (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). A partir dessas definições, sabe-se então que G, na Figura 7a, tem ordem e tamanho iguais a 5, visto que os conjuntos $V(G)$ e $A(G)$ apresentam quantidades compatíveis com o número de

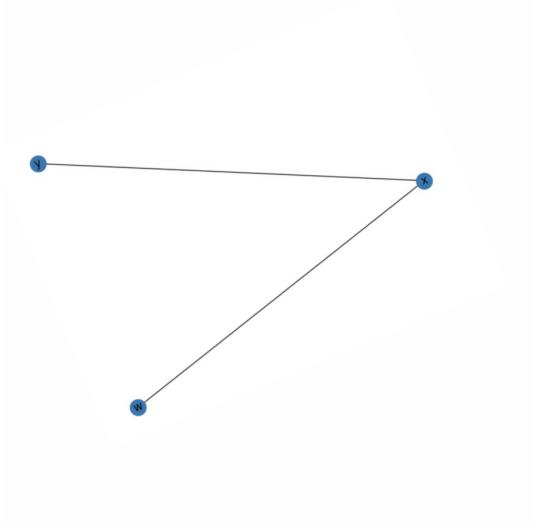


Figura 8 – Grafo I_1, subgrafo de I.

Fonte: Imagem Autoral.

vértices e arestas, respectivamente. Paralelo a isto, v e w são adjacentes em G, enquanto w é incidente em a, sendo $a = vw \in A(G)$.

Grafos conexos se lançam como um conceito pertinente a ser apontado para os fins deste estudo, visto que simbolizam estruturas onde existe pelo menos um caminho de arestas entre cada par de vértices e do contrário, chamam-se grafos desconexos (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Quando um grafo conexo G se torna desconexo a partir da remoção de um grupo de arestas, nomeia-se isto como conjuntos de corte ou corte de arestas. Considerando o grafo J da Figura 9, o conjunto $\{(w,z), (w,v), (w,u)\}$ é um corte de arestas, assim como $\{(s,y)\}$.

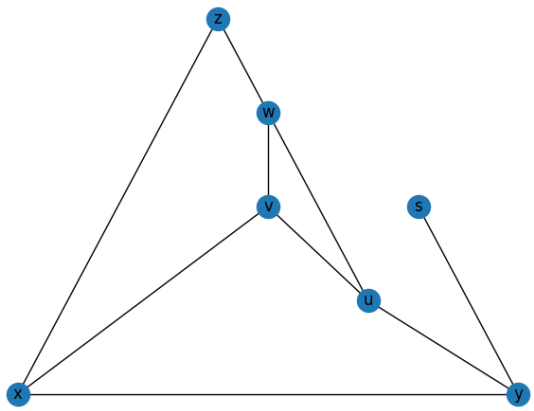


Figura 9 – Grafo J.

Fonte: Imagem Autoral.

Cada conjunto de corte possui pelo menos uma aresta ou ponto que, sendo retirado, transforma o grafo em desconexo, expondo uma vulnerabilidade da estrutura, estudada

principalmente no campo da conectividade (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Desta forma, denomina-se conectividade de arestas a quantidade de arestas no menor conjunto de corte de um grafo conexo G, sob a notação de $C_A(G)$ ou, simplesmente, C_A. De maneira análoga, conectividade de vértices se caracteriza pelo menor corte de vértices em G, registrados por $C_V(G)$ ou C_V. Novamente, para a Figura 9, o grafo J possui $C_A(J) = 1$ e $C_V(J) = 1$.

Sendo assim, é possível entender que a fragilidade de um grafo está diretamente ligada com sua conectividade, ou seja, quanto maior os valores de C_A e C_V (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018), menos vulnerável se torna a estrutura e mais interligada ela está. Compatível ao contexto estudado, as sinapses cerebrais se organizam assim como uma rede altamente concatenada, visualizar essas interações complexas não apenas fornece percepções valiosas sobre como diferentes regiões cerebrais se comunicam, mas também pode ajudar na identificação de padrões associados a condições neurológicas específicas e de atividades sincronizadas entre áreas do órgão.

Para que um grafo possa ser estudado e analisado através de uma máquina, sua representação computacional deve entregar uma estrutura que satisfaça às dimensões dadas e seja possível tanto o seu armazenamento quanto a sua manipulação (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). O grafo a ser representado deve ser finito, ou seja, o conjunto de arestas e vértices deve ser listável, além disso, estes também precisam ser rotulados, de modo a possibilitar sua identificação.

Existem diversas maneiras de representar computacionalmente um grafo, cada uma com suas próprias vantagens e usos específicos, sendo a matriz de adjacência 2.3.2 usualmente elegida e utilizada de forma ampla nos mais variados artigos científicos, incluindo alguns dos presentes neste estudo (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Tal escolha se justifica pois, visto que cada célula na matriz indica a existência de uma aresta entre os vértices correspondentes, a manipulação é simples e eficiente, onde operações básicas, como adicionar ou remover uma aresta, são facilmente implementadas atualizando-se os valores na matriz, sobretudo em grafos densos, nos quais a maioria dos pares de vértices estão conectados. Ademais, muitos algoritmos clássicos de grafos são naturalmente elaborados e implementados com base na matriz de adjacência, o que a torna uma abordagem conveniente, além de ocupar pouco espaço de armazenamento.

2.3.2 Matriz de adjacência

Para a representação de grafos dentro de algoritmos, uma maneira amplamente adotada corresponde à utilização de matrizes de adjacência, nas quais as linhas e colunas equivalem aos vértices e suas interseções serão marcadas com 1, caso exista uma aresta ligando-os, ou 0, se não houver nenhuma conexão direta entre os vértices, independente de grafos direcionados ou não direcionados (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Sendo assim, considerando um grafo G com v vértices e a arestas, sua matriz de adjacência terá

dimensão $v \times v$, denotando-se por $M = [m_{ij}]$. Como exemplo, o grafo J, representado pela Figura 9, é espelhado para a seguinte estrutura abaixo.

$$M = \begin{array}{c|ccccccc} & s & u & v & w & x & y & z \\ \hline s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ u & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ v & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ w & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ y & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ z & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{array}$$

Figura 10 – Matriz de adjacência do Grafo J.

Fonte: Imagem Autoral.

Ao se observar a operação da matriz de adjacência de um grafo simples é possível diagnosticar o grau de um vértice apenas pela soma de sua linha ou coluna (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Além disso, em redes sem laços, a diagonal principal da matriz M é sempre nula, justificado pela ausência de arestas que conectam um vértice a ele mesmo.

Ao se tratar de grafos ponderados, os quais contêm pesos associados a cada aresta, cada entrada na matriz não aponta somente a existência de uma aresta entre dois vértices, mas também a magnitude dessa conexão (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Tal noção se torna especialmente conveniente em determinados campos da teoria dos grafos, como a busca pela otimização de redes, baseado em descobrir o caminho mais barato entre pontos, e até mesmo na análise de redes sociais, onde o peso pode caracterizar a força da relação entre dois indivíduos.

O número de operações alocadas no espaço de memória de uma máquina computacional para uma matriz de adjacência decorre pela quantidade de vértices no grafo. Se o grafo possui n vértices, então a matriz de adjacência terá dimensões $n \times n$, levando a complexidade de espaço de memória a $O(n^2)$, ou seja, esse consumo se torna proporcional ao quadrado do número de vértices da rede (RANGEL; OLIVEIRA; ARAUJO, 2018). Desta forma, este fator se torna uma adversidade quando o contexto trabalhado envolve a manipulação e análise de grafos altamente complexos, elevando a necessidade de poder computacional para estes casos.

2.4 Modelagem de redes

O processo de transposição de imagens cerebrais para sua implementação grafal é bastante fluido (ARCURI; MCGUIRE, 2001). Por mais precisos que os exames de ressonância magnética estejam se tornando, ainda não existe um método uniformizado, visto não só as diversas alternativas de tecnologias de aquisição, mas também as especificidades de cada caso.

De forma geral, essa modelagem de redes passa, em sua maioria, por etapas universais que resultam na arquitetura grafal (FINN et al., 2015). Sendo o primeiro passo a aquisição das imagens, a segunda fase se caracteriza pelo dimensionamento e representação dos conectomas cerebrais, que axiliam na estruturação do grafo de conectividade - terceiro passo -, quando, a partir disso, é transposta a matriz de adjacência referente à rede, que facilita a visualização das grandezas dos dados de forma matemática. Esse processo é descrito de maneira mais detalhada na seção 4.1.2.2 do Capítulo 4.

2.4.1 Aquisição de imagens

Entre os exames mais utilizados para produzir imagens cerebrais estão a ressonância magnética (RM) e a tomografia computadorizada. A primeira faz uso de um forte campo magnético e ondas de rédio de alta frequência para produzir imagens detalhadas (MAFRAJI, 2023a). Enquanto a segunda combina uma série de radiografias para a obtenção das particularidades do órgão referido (MAFRAJI, 2023b). O exame de ressonância magnética depende de preceitos ocorridos no núcleo dos átomos presentes na matéria cerebral (COUTO, 2015). Como o hidrogênio é o elemento químico mais abundante no corpo humano e é formado apenas por um próton em seu núcleo, essa partícula subatômica se torna a mais importante no processo de geração das imagens que utilizam esse método.

Em casos nos quais é preciso identificar atividades e a área em operação, aquisição de imagens é realizada através do exame de ressonância magnética funcional (fMRI), pelo fato de que as alterações metabólicas que ocorrem durante a ação podem ser detectadas nesse método (MAFRAJI, 2023a). Essa especificação permite a constatação de atividade neuronal local com a precisão de milímetros (ARCURI; MCGUIRE, 2001).

O sinal de BOLD é a técnica comumente utilizada na captura de atividades no cérebro, medindo a variação de sangue oxigenado pelo órgão (COUTO, 2015). Foi descoberto que hemoglobinas oxigenadas são diamagnéticas [3], enquanto hemoglobinas desoxigenadas são paramagnéticas [4], e, quando alinhadas ao magnetismo provocado pela ressonância

[3] "Os materiais diamagnéticos, em geral, são constituídos de átomos cujas camadas eletrônicas são fechadas, de modo que não há momento de dipolo magnético atômico resultante. Nestes casos, a aplicação de um campo magnético modifica o movimento orbital dos elétrons atômicos, neles gerando um momento de dipolo magnético que aponta no sentido contrário aquele do campo magnético externo."(PUREUR; SILVEIRA, 2017)

[4] "Tais átomos possuem camadas eletrônicas incompletas, dando origem a momentos magnéticos atômicos

magnética, o exame mostra mais sinal nos locais onde o sangue está extremamente oxigenado e menos sinal nos locais desoxigenados (COUTO, 2015), expondo assim, a área em operação de acordo com a determinada atividade em execução.

2.4.2 Linhas de fluxo e conectividade funcional

A grosso modo, o conectoma é definido através do fluxo encontrado de acordo com o método de obtenção das imagens, sendo de oxigênio para sinal de BOLD ou até mesmo de moléculas de água - mencionado no Capítulo 4 - (SALMON; LEONI, 2019). As direções encontradas formam essas correntes, encontrando as linhas de fluxo, ou seja, o conectoma do indivíduo.

Partindo da disposição conectômica (SALMON; LEONI, 2019), torna-se possível alcançar uma conectividade funcional a nível de rede. Independente do método de contraste utilizado para identificar os campos cerebrais, a avaliação para a obtenção da conectividade funcional pode ser realizada através da adoção de métricas representando uma dependência estatística entre séries temporais ou da formação de mapas espaciais (SALMON; LEONI, 2019). A medida de associação frequentemente utilizada é a correlação simples com o coeficiente de correlação de Pearson, pela sua facilidade de implementação e interpretação, formando um grafo com vértices e arestas.

Com as avaliações de conectividade (SALMON; LEONI, 2019), observando estado de repouso - estacionariedade da rede - e eventos dinâmicos - atividades as quais modificam as ligações da rede-, torna-se possível a inferência de alterações e, logo após, o cálculo de métricas da conectividade da rede. A partir desses parâmetros, principalmente em análises com grupos de indivíduos, são aplicados modelos estatísticos que auxiliam na criação da matriz de adjacência da rede de cada indivíduo. Desta forma, é permitida a abstração das propriedades do sistema complexo do cérebro para meios quantitativos, concedendo a possibilidade de análises mais aprofundadas e identificação de tendências não só da amostra, mas também de sociedades, grupos ou até mesmo do mundo.

2.5 Artigos correlatos

Vista a necessidade de transpor a estrutura cognitiva de um indivíduo para um grafo a fim de justificar o questionamento inicial - A estrutura cognitiva do ser humano é uma rede? -, é possível verificar estudos que compartilham da mesma motivação. Nessa linha, (XIA et al., 2022) parte do uso de representações baseadas em conectomas para a identificação de padrões cotidianos de pessoas, defendendo a existência de “impressões digitais cerebrais”.

não-nulos resultantes do spin e do movimento orbital de seus elétrons. [...] Os materiais paramagnéticos, portanto, tendem a ser atraídos pelo sistema (imã, bobina com corrente, . . .) que produz o campo magnético externo, como se fossem imãs muito fracos."(PUREUR; SILVEIRA, 2017)

2.5.1 *Mobile footprinting: linking individual distinctiveness in mobility patterns to mood, sleep, and brain functional connectivity*

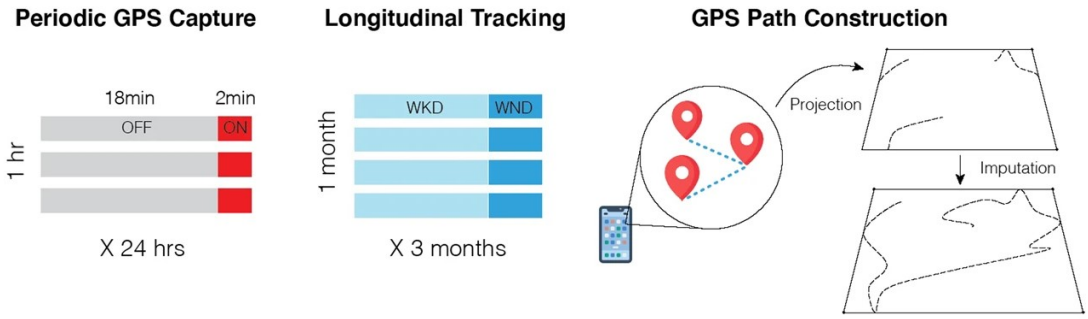
Traduzindo para o português, "Pegada móvel: vinculando a distinção individual nos padrões de mobilidade ao humor, ao sono e à conectividade funcional do cérebro" (XIA et al., 2022) se faz como um exemplo de trabalho que, dentro de sua área de pesquisa, utilizou-se de teorias da conectômica para aprofundar e justificar suas pesquisas, mesmo detendo de outro foco principal. O alvo do estudo é identificar hábitos pessoais através da mobilidade, observando o cotidiano de locomoção de indivíduos para associar aos seus padrões de mudanças emocionais, na busca de que seja possível a identificação do humor, comportamentos de sono e conectividade cerebral de uma pessoa apenas pelos seus passos. Segundo o próprio artigo (XIA et al., 2022), seres humanos têm "impressões digitais cerebrais", ou seja, modelos únicos de cognição que tornam viável a detecção desses padrões pelos seus movimentos.

O estudo (XIA et al., 2022) conecta seus objetivos a diversas pesquisas recentes, como a possibilidade da utilização de acelerômetros para melhores recuperações cirúrgicas ou a associação da exposição a espaços verdes com uma menor atividade pré-frontal durante a manipulação de emoções negativas. Com base neste raciocínio, foi feita uma convocação de voluntários através do Penn/CHOP Lifespan Brain Institute ou da Clínica Ambulatorial de Psiquiatria da Universidade da Pensilvânia. Entendendo também que distúrbios psicomotores são habituais em transtornos psiquiátricos, um dos pré-requisitos para constituir a pesquisa seria o diagnóstico de algumas instabilidades avaliadas de acordo com as referências utilizadas pelo artigo e seguindo seus critérios, uma delas, por exemplo, o transtorno de personalidade limítrofe[5], que teve foco por ser o mais comum dentro das apresentações do estudo.

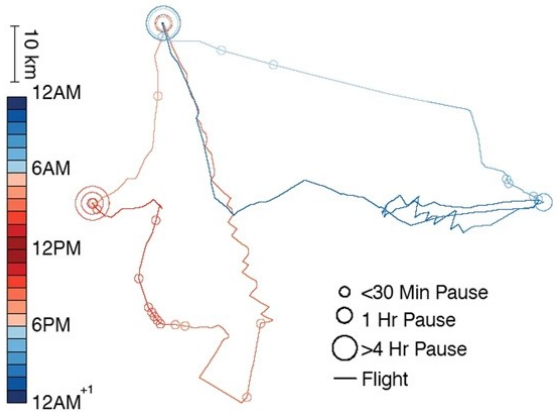
2.5.1.1 Metodologia e aquisição de dados comportamentais

Referente à amostra de indivíduos utilizados no estudo, (XIA et al., 2022), para participar da investigação, foram eleitos 41 sujeitos com faixa etária entre adolescentes e jovens adultos, de 17 a 30 anos, dos quais 28 eram mulheres. Três vezes ao dia, era enviado um questionário de seis perguntas a serem completadas a qualquer momento dentro dos horários especificados (6h-9h, 15h-18h e 19h-22h), com a resposta em pontuações de 0 a 7 ou de "sim" ou "não", cuja finalidade seria a avaliação de humor, agressividade, impulsividade e autoestima desde a última vez que responderam à pergunta. Além disso, os integrantes também eram indagados todas as manhãs acerca da noite anterior, aferidos sobre seu sono,

[5] Transtorno de personalidade limítrofe (ZIMMERMAN, M., 2023) é um problema de saúde mental caracterizado por um padrão generalizado de instabilidade em relacionamentos, autoimagem, humor e comportamento, bem como hipersensibilidade à possibilidade de rejeição e abandono.



(a) Aquisição e imputação.



(b) Exemplo de trajetória diária.

Figura 11 – Manipulação dos dados.

Fonte: (XIA et al., 2022).

Copyright: 2024 Springer Nature Limited.

bem como a qualidade e duração dele. Esses questionamentos tinham como objetivo a averiguação da variabilidade temperamental ao longo das 24 horas.

Tais indivíduos tiveram seus dados coletados por aproximadamente três meses, cuja desistência ou continuação por mais tempo estava a critério dos desejos de cada um. Assim sendo, o experimento obteve um total de 3317 dias de recolhimento com todos os integrantes, através da plataforma *Beiwe* baixada em seus celulares (XIA et al., 2022). Eram adquiridas a localização dos aparelhos - em altitude, latitude e longitude - e a precisão dessa medida, realizada regularmente a cada 20 minutos pelo período de 2 minutos. Como resultado, em um dia, são obtidos 144 minutos de material e 1296 minutos de inatividade, tal como estampa a Figura 11a, explicando em conjunto a maneira na qual a informação é desidentificada, projetada em um plano 2D e logo após atribuída a previsão dos caminhos ausentes. Registrou-se também, com um acelerômetro através do mesmo aplicativo, a aceleração das pessoas em três eixos cardeais (x, y e z) em m/s^2, atingindo dessa vez 2972 dias.

Além do bidimensionamento realizado no plano, ainda foi possível detectar momentos de movimentos lineares e paradas, chamados de “vôos” e “pausas”, respectivamente, pelos pesquisadores, bem como o período do dia que ocorrem, tornando realizável a monta-

gem de itinerários diários para cada indivíduo. A Imagem 11b exemplifica este processo, no qual o comprimento das linhas ilustra a duração dos voos e o tamanho dos círculos simboliza a duração das pausas, como também as cores representam o horário dentro das 24 horas de acordo com a legenda.

Dessa periodização foram extraídas estatísticas onde se alocaram quinze métricas de mobilidade que descreviam características da geolocalização regular de um indivíduo durante o período de aquisição (XIA et al., 2022). Englobou-se parâmetros como quantidade de tempo em casa, distância percorrida, locais significativos visitados, média de distância de vôos e até mesmo número de minutos de dados faltantes, gerando uma observação geral do decorrer dos meses, assim como referido na Figura 12a. Obteve-se uma série temporal de estatísticas de mobilidade para cada métrica e foi calculada a correlação de Pearson[6] entre cada uma delas. Foi construída uma matriz de covariância[7], nomeada de "Pegada de Mobilidade", que representa uma rede na qual seus vértices correspondem às métricas de mobilidade e suas arestas tem como peso os coeficientes da correlação de Pearson. Na imagem, ilustrada na Figura 12b, as cores quentes representam os coeficientes positivos, e as cores frias representam os coeficientes negativos.

Para aferir se realmente seria possível identificar um indivíduo apenas por suas Pegadas de Mobilidade, foram realizados testes que particionavam de forma aleatória os dados de cada participante entre dois grupos: um referência e um alvo, com o objetivo de determinar se são correlacionados (XIA et al., 2022).

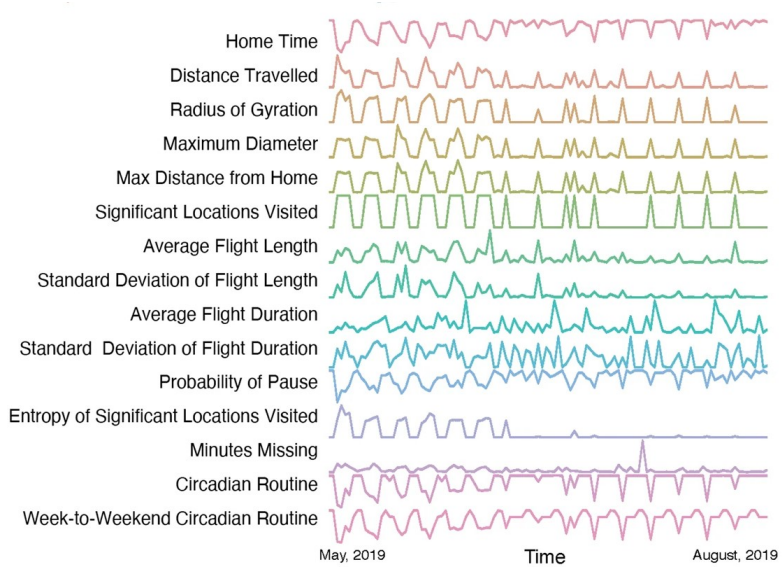
Para cada participante foi calculada a correlação de Pearson entre suas características no grupo alvo (*Target Footprint)* e as características de todos no grupo de referência (*Reference Footprint)*, realizando esta operação um a um, o valor máximo de coeficiente encontrado representaria o par com as informações de um mesmo sujeito (XIA et al., 2022). Este processo é retratado pela Figura 13, sendo replicado 1000 vezes, com uma fragmentação um particionamento aleatório a cada nova iteração. A partir disso, a precisão da identificação individual se deu pelo número de identificações corretas em função do número total de possíveis correspondências no grupo-alvo.

A análise ilustrada na Figura 13 permitiu afirmar que cada indivíduo do estudo, independentemente da distintividade de sua pegada de mobilidade, poderia ser individualmente identificado com a comparação entre os dados das suas matrizes alvo e de referência (XIA et al., 2022).

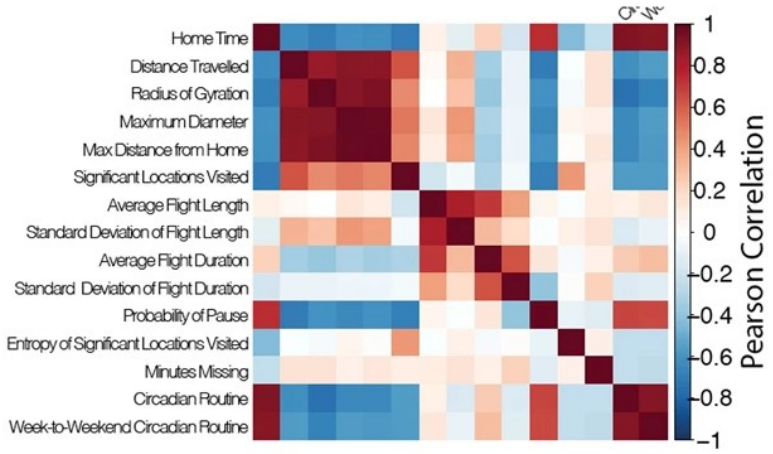
---

[6] Técnica amplamente utilizada no meio científico para quantificar o grau de relacionamento entre duas variáveis numéricas.

[7] Para compreender de que forma uma matriz pode ser usada para representar um grafo, e vice-versa, leia a seção 2.3.2.



(a) Métricas de mobilidade.



(b) Matriz de covariância ou Pegada de Mobilidade.

Figura 12 – Processos de parametrização.

Fonte: (XIA et al., 2022).

Copyright: 2024 Springer Nature Limited.

2.5.1.2 Análise de conectividade funcional cerebral com base na diferenciação de padrões comportamentais

Durante o estudo (XIA et al., 2022) ocorreu um processo de aquisição de imagens antes de se iniciarem os testes, quando os integrantes da pesquisa receberam as instruções sobre o uso do aplicativo Beiwe e a aquisição de seus dados. Sumariamente, ocorreram varreduras de ressonância magnética estruturais e funcionais, nas quais todas as imagens foram adquiridas seguindo os mesmos parâmetros e sensíveis ao contraste BOLD, método amplamente utilizado na revisão de exames e atividades cerebrais, que se baseia no nível de oxigênio no sangue concedido aos neurônios ativados por alguma atividade, necessitando de mais energia. Desta forma, as imagens foram aferidas, corrigidas e separadas de acordo com os padrões necessários para as análises.

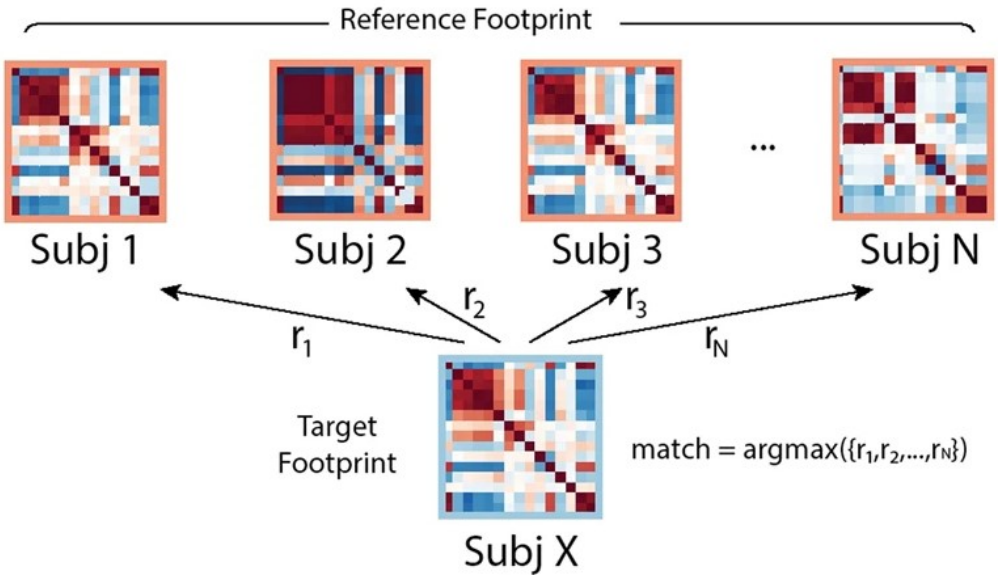


Figura 13 – Procedimento de identificação individual.

Fonte: (XIA et al., 2022).

Copyright: 2024 Springer Nature Limited.

A partir dos dados de imagens de cada participante, foi criada uma matriz de adjacência ponderada $200x200$, onde as linhas e colunas representariam cada vértice da rede do cérebro e suas ligações também seriam expostas, com o intuito de codificar seu conectoma a partir do parcelamento do cérebro em áreas definidas de acordo com as referências do artigo (YEO et al., 2011). Para dimensionar a conectividade funcional de cada região, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson transformado por Fisher.

Paralelo a esse processo, com o intuito de se observar a distinção da pegada individual, foi construída uma matriz de similaridade, na qual os vértices eram os participantes da pesquisa e as arestas os coeficientes de correlação entre quaisquer métricas de mobilidade de dois indivíduos (XIA et al., 2022). Desta forma, obteve-se uma base para realizações experimentais, apesar de ser deixado claro que não se utilizou-se para nenhuma análise estatística.

Ainda assim, houveram testes na tentativa de previsão da distinção de pegadas através dos padrões de conectividade funcional, utilizando-se de modelos de regressão e validação cruzada (XIA et al., 2022). Após todos os cálculos e correções, foi encontrado que a distinção da pegada pode ser calculada de forma aproximada através de padrões multivariados complexos de conectividade funcional e, além disso, estava correlacionada com uma maior ligação dentro de uma região específica do cérebro, a rede somatomotora.

O estudo conclui afirmando que pegadas de mobilidade são particulares a cada indivíduo embora alguns padrões possam ser semelhantes entre pessoas diferentes (XIA et al., 2022). Quando unidos a outras das diversas características dimensionadas pelo estudo, é possível distinguir uma determinada participante das demais. Em adicional, cita, inclusive,

um exemplo englobado à pandemia de COVID-19, quando os padrões de locomoção foram abalados na época, ainda assim foi possível realizar a distinção de indivíduos.

2.6 Estrutura cognitiva como uma rede

A neurociência computacional atual tem expandido sua popularidade justamente pelo seu estudo do sistema nervoso através de modelos matemáticos e suas tecnologias, combinando diferentes áreas para modelar e idealizar melhor as funções cerebrais. Recentemente, surgem diversas análises do comportamento neural, muitas delas aliadas à plotagem de grafos iniciando-se por modelos simples. Pode-se encontrar artigos (SCHNEIDMAN et al., 2006) que defendem a análise, por meio de grafos, de um elemento de cada vez, pois "As redes biológicas têm tantos estados possíveis que a amostragem exaustiva é impossível. A análise bem-sucedida depende, portanto, da simplificação de hipóteses [...]." (SCHNEIDMAN et al., 2006), sem descartar também a importância de experimentos maiores.

Respondendo à pergunta precursora deste Capítulo, "A estrutura cognitiva do ser humano é uma rede?", essa afirmativa é sim factível. A estrutura cognitiva define o conectoma de um indivíduo e este, por sua vez, pode ser representado por uma arquitetura grafal, logo, esta estrutura cognitiva se torna uma rede com pontos (vértices) e suas devidas ligações (arestas).

A distribuição sináptica e organização de ideias precisam ser ilustradas para fins de pesquisa, de forma a obter-se uma estrutura fidedigna e de fácil compreensão. Uma rede gráfica se alinha a tais expectativas. Adotada por diversos experimentos, a análise grafal além fornecer os requisitos, proporciona uma simplificação de hipóteses pela possibilidade de investigação de elementos separadamente.

O artigo (XIA et al., 2022) exposto neste Capítulo é um exemplo de pesquisa acadêmica da área de psiquiatria que utiliza o conceito de conectoma. Para mais, o experimento ainda adota o conceito de divisão cerebral em áreas definidas e construção de matrizes de adjacência representantes de cada participante, o que corrobora com a metodologia de estrutura cognitiva como uma rede. A análise conectômica relacionada a um padrão comportamental a partir de dados da locomoção de um indivíduo levantada pelo artigo (XIA et al., 2022), também tornou possível a qualificação da conectividade funcional através do coeficiente de correlação de Pearson.

Como resultado de toda pesquisa, encontrou-se pegadas de mobilidade individual específicas para cada indivíduo (XIA et al., 2022). Por mais que elas possuam algumas semelhanças entre si, ainda são capazes de serem distinguidas. Além da locomoção, também foi comprovada a distinção aproximada de sujeitos através de padrões multivariados de conectividade funcional, com uma grande influência da rede somatomotora durante o processo.

Comprovada a existência do estudo da cognição através de malhas de redes, pode-se perceber tanto a sua utilidade quanto a facilitação para investigações mais complexas, proporcionando o prosseguimento a outras indagações contidas neste trabalho. O progresso desta pesquisa estará focado agora especificamente no desenvolvimento de crianças e a influência da tecnologia nele, analisando, se possível, tais parâmetros por meio de grafos.

3 Como o contato da criança com os diferentes mundos afeta a formação de suas redes?

A princípio, para compreensão de conceitos acerca da cognição e da divisão de etapas de desenvolvimento, faz-se necessário uma interpretação que, além de apontar uma teoria da aprendizagem que será seguida, também considere a realidade vigente no Brasil. Desta forma, partindo de tais contextualizações, é cabível apresentar os conteúdos auxiliadores nas resoluções acerca da temática abordada pela pergunta desenvolvedora deste capítulo.

"Conectando o cérebro da criança desde as sinapses até atividades baseadas na tela" (LAGERCRANTZ, 2016) caracteriza-se como um artigo que trata do desenvolvimento da criança em paralelo à explosão do mundo digital. A interação delas com as mídias sociais, a internet e novos meios de comunicação em paralelo ao seu crescimento é discutida, como o desenvolvimento de uma consciência de si e do espaço em que está inserido se relaciona com a variabilidade de estímulos que a tecnologia propõe, visto que, de acordo com o próprio texto "Isso está relacionado ao surgimento da consciência, à medida que o bebê toma consciência de seu corpo, de si mesmo e do ambiente" (LAGERCRANTZ, 2016) e isto se inicia desde a vida intrauterina.

Enquanto isso, o estudo, em português, "Mídia Digital e Cérebros em Desenvolvimento: Preocupações e Oportunidades" (HUTTON et al., 2024), traz como principal indagação as atuações do uso de tecnologias nas dimensões cerebrais e comportamentais de indivíduos na infância e adolescência. Desta vez, as análises realizadas englobam desde a primeira infância até a puberdade, levantando considerações a partir das perspectivas de diversas áreas de conhecimento, entre elas, psicologia, neurociência e pediatria.

3.1 Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico de crianças e adolescentes

Para o fim desta análise, considerando o vasto arsenal de teorias de aprendizagem baseadas em estudiosos como Piaget, Kohlberg e Vygotsky, é necessário escolher aquela fundamentada de acordo com o seu propósito. Posto isto, o livro "Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico: do nascimento à velhice" (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), traz a prospecção do desenvolvimento psicológico sendo conduzido desde os primeiros momentos de vida até a velhice, orientando-se por atividades exercidas que são

determinantes para o período experimentado pelo indivíduo.

A obra (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020) em questão não se guia por períodos exatamente definidos de comportamento, mas encara o desenvolvimento humano de uma perspectiva mais fluida, em que ocorrem séries de atividades físicas e psicológicas em paralelo, existindo uma comutação de predominância entre elas em determinados momentos da vida. Esta visão ampla e corrente, justifica a escolha teórica por não tratar cada evolução de etapas como caixas separadas, considerando, na verdade, os progressos e transições, onde uma atividade-guia em destaque é substituída por outra, o que também é chamado pelos autores de “crise”.

Para mais, (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020) se baseia em uma análise histórico-cultural com o objetivo de fundamentar sua teoria. Por mais que não busquem referências apenas nacionais, os autores, por serem pesquisadores brasileiros, possuem uma visão melhor adequada aos parâmetros de realidade seguidos por esta análise. Além disso, torna-se uma forma de estimulação à visibilidade de trabalhos nacionais.

3.1.1 Idade pré-escolar

No Brasil, pela Lei n°12.796 Artigo 4°, a idade de escolarização obrigatória e gratuita vai dos quatro aos dezessete anos, dividindo-se em Pré-escola (ou Educação Infantil), Ensino Fundamental e Ensino Médio (BRASIL, 2013). A primeira etapa consiste em uma educação básica com objetivo de desenvolvimento para a criança até os 6 anos de idade, momento em que se inicia o próximo estágio, o Ensino Fundamental.

Apesar da legislação considerar apenas a partir dos quatro anos, segundo (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), o período pré-escolar se encontra entre os três e seis anos. Nessa etapa, as crianças começam a se deparar com os primeiros sinais da independência dos adultos e criam percepções mais aprimoradas sobre a realidade a sua volta (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020). Sendo a atividade principal dessa fase as brincadeiras, principalmente com objetos, elas passam por um desenvolvimento nesse escopo para depois projetar as ideias no mundo real, partindo de ações desconexas e sem lógica com uma transição para construções gradativamente mais complexas.

Tais atividades são de suma importância para que se identifique o progresso cognitivo realizado pela criança (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), desde o início através de uma atividade objetal manipulatória até que ela inicie o processo para a tomada de consciência de nomes, funções e cronologia das ações, inaugurando também a transição para a inclusão dos papéis sociais. Outra observação que pode ser destaque desse período são as evoluções da brincadeira conforme o indivíduo consolida a ideia e se coloca nela, tomando consciência de si.

A desenvoltura dessas ações refletem os modos como a criança visualiza o mundo

ao seu redor e enxerga a si e ao seu papel dentro dele (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), justamente por isso, os autores apontam que essas atividades chave também moldam comportamentos sociais, necessitando de atenção. Como não se trata de um momento irrelevante, é entendido que essa aprendizagem com objetos necessita de uma intervenção direta de adultos por meio de proposta pedagógica, através do incentivo a brincadeiras lúdicas que fomentem o bom desenvolvimento e da observação de sinais de boa ou má conduta.

Uma das principais conquistas dessa fase é o controle da autonomia (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), ao entender o seguimento de regras e a negação dos desejos imediatos, ocorrendo a partir do intermédio de um pedagogo, baseado no direcionamento para que a criança não reproduza atitudes comportamentais da sociedade em que está inserida. Sob a direção de profissionais, esses pequenos indivíduos conseguem, a partir das atividades, discernir certos conceitos que serão fundamentais em seus anos futuros a longo prazo.

Desta forma, um dos principais objetivos do professor se torna possibilitar situações e experiências diversificadas para que a criança se incorpore em diferentes vivências dentro das brincadeiras (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020). Ele deve buscar, gradativamente, uma transição da atividade lúdica à atividade produtiva, preparando o aluno para as próximas etapas de sua vida. Além do desenvolvimento de ações perceptivas como formas, cores, sons e tamanhos, os alunos também devem iniciar um processo de consciência dos fins (para que) e motivo (porquê) das suas atitudes, mesmo que de forma superficial na grande maioria das vezes, considerando que a idade pré-escolar consiste como uma base para a fase escolar.

O momento em que a criança inicia a percepção de seus domínios, limites e desejos no processo, é consequência das demandas criadas por adultos para conduzirem sua atenção, criando a chamada “atenção voluntária” segundo (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), que constituem formas de organizar a concentração por si só. Durante esta etapa, a atenção involuntária ainda se sobressai, sendo necessária a implementação de atividades inovadoras que não estimulam o desinteresse da criança devido à monotonia, como citado (LAZARETTI, 2013, p. 67): “O mundo *descortina – se* perante a criança, tornando-se cada vez mais alvo de sua atenção e reflexão, tornando-a consciente desse processo e de si mesma a partir da relação com esse mundo.”.

Ligado ao desdobramento da personalidade, também ocorre, como resultado, a heterogeneidade das relações sociais da criança (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), tanto com adultos e família quanto para com outras crianças. É imprescindível enfatizar que todos esses processos se desenvolvem paralelamente, tornando-se mais complexos e apresentando um maior grau de relacionamento conforme o amadurecimento do indivíduo. Sendo assim, mesmo aparentemente desconexos, cada detalhe se liga a outro, mostrando um crescimento intelectual do indivíduo, dependente de fatores que não podem ser tratados de forma isolada.

3.1.2 Educação infantil para o Ensino Fundamental

De acordo com a Lei n° 8.069 Artigo 2°, “Considera-se criança, para os efeitos desta Lei, a pessoa até doze anos de idade incompletos, e adolescente aquela entre doze e dezoito anos de idade.” (BRASIL, 1990). Desta forma, cabe a esta análise englobar também o Ensino Fundamental, compreendido entre os seis e quinze anos, que marca o início da idade escolar e tem como intuito a formação básica de um cidadão.

Desde a promulgação da Constituição Federal, em 1988, as crianças vêm adquirindo direitos em meio à sociedade, depois desta, vieram também o Estatuto da Criança e do Adolescente, em 1990, e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, em 1996, ambas com Artigos citados no início desta seção, assegurando uma educação básica regulamentada. Estes avanços trouxeram a atenção para a necessidade da padronização de um ensino que propiciasse a educação de pequenos indivíduos em um ambiente saudável.

À vista disso, contrapondo ideias generalizadas que ainda são disseminadas atualmente, o papel do professor na pré-escola deve assumir a mesma magnitude e integridade quando comparado a quaisquer dos outros períodos posteriores. O paradigma de ausência de instrução durante esta fase, caracterizando apenas como brincadeiras desconexas, causa uma falha na transição para o Ensino Fundamental, momento no qual os jogos de papéis sociais são substituídos por atividades de estudo (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020).

Os autores (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020) atrelam-se aos segmentos da psicologia histórico-cultural de base marxista, que defende um processo de conhecimento do cérebro sujeitando-se, intrinsecamente, ao momento histórico, cultural e social no qual o indivíduo está inserido, teoria apoiada nas contribuições de três escritores principais: Vygotsky (1896-1934), Leontiev (1903-1979) e Luria (1902-1977), posto que todos sofreram influência das filosofias de Marx (1818-1883) e Engels (1820-1895) (SANTOS, G. R. d.; AQUINO, 2015). Desta forma, o livro aponta uma evolução fluida, tanto interna quanto temporal, onde cada fase do desenvolvimento não é invariável, mas pode ser redirecionada de acordo com as circunstâncias da realidade vivida (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), o que torna a percepção da aprendizagem da criança ainda mais específica e submetida à análise do pedagogo.

Tal qual mencionado anteriormente, a transição entre etapas se baseia em intervalos que revezam entre equilibrados e críticos (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), pois, assim como argumentos de Leontiev, “no decorrer do seu desenvolvimento, a criança começa a se dar conta de que o lugar que ocupava no mundo das relações humanas que a circundava não corresponde às suas potencialidades e se esforça para modificá-lo, surgindo uma contradição explícita entre esses dois fatores.” (FACCI, 2004), simbolizando a troca para uma nova fase de desenvolvimento, o que é socialmente nomeado de crise.

Existem três indicativos costumeiros e distintivos que podem anunciar uma crise

(MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020). A princípio, há uma dificuldade de visualizar o ponto exato de seu início e término; em segundo, por essa nova ordenação de conceitos e perspectivas sociais onde habita o intelecto, muitas crianças passam por situações de conflitos com os adultos; e por último, são encaradas de forma negativa, devido aos comportamentos revelados pelos indivíduos. Por isso, embora aparente ser um período caracterizado por diversos atritos, deve-se enfatizar que é uma fase de transição e passageira, porém valiosa, onde a criança assume novos valores diante do mundo ao seu redor.

Da pré-escola para o Ensino Fundamental, é possível enxergar a primeira crise descoberta por Vygotsky, a "crise dos 7 anos", de importante elucidação para os objetivos deste trabalho por estar diretamente associada à iniciação escolar (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020). Neste momento, devido a essa passagem de ambiente e para novas responsabilidades, o pequeno indivíduo começa a diferenciar o seu eu interior e exterior. Pela aquisição de conteúdos acadêmicos e contextualizações sociais, ele passa a perder sua ingenuidade, assim como aumenta seu comedimento (VYGOTSKY, 2013).

3.1.3 Idade escolar

Em fase de idade escolar, que se compreende o período dos sete aos dezessete anos, desde o Ensino Fundamental até o final do Ensino Médio, os autores (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020) enfatizam fundamentalmente o termo "atividade de estudo", cujo objetivo é a construção de um aluno cognitivamente bem capacitado, por assim dizer, nutrir sua consciência e o pensamento teórico. Não se caracterizam apenas por atividades conteudistas montadas para uma disciplina específica, mas um trabalho desenvolvido pelo professor para que a criança ou adolescente consiga desenvolver um pensamento crítico em diferentes aspectos da vida, enxergando e alavancando-os integralmente, não como partes incentivadas separadamente.

Essas atividades devem ser pensadas de acordo com a realidade estudantil (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), levando em consideração que, no Brasil, as escolas estão organizadas pelo modo de produção capitalista e a disseminação de conhecimento ainda é caracterizada pela distribuição consideravelmente parcial. Desta forma, um dos maiores desafios encarados no campo pedagógico é a estruturação de um ensino capaz de conduzir esses trabalhos diante das diferentes perspectivas sociais e que tenham como resultado a formação de crianças progressivamente conscientes.

Nessa etapa, iniciam-se os principais confrontos com a utilização da tecnologia digital, tanto no âmbito cognitivo quanto no social. A concepção de uma criança em amadurecimento deve ser acompanhada por um profissional que realiza um acompanhamento individual ou em sua bolha social, para que sua atividade de estudo seja o mais benéfica possível e sua rede de desenvolvimento seja facilmente mapeada, mesmo que de maneira superficial.

Realizada esta interpretação de etapas que se encaixam no ciclo de desenvolvimento, a compreensão dos próximos estudos tornar-se-á mais favorecida. Os artigos das seções 3.2.1 e 3.2.2 contribuem para a elucidação da pergunta elaborada para todo este Capítulo.

3.2 Artigos correlatos

Tendo em vista o questionamento referente à seção atual, pode-se destacar dois estudos que foram utilizados como motivação para as discussões apresentadas neste documento. (LAGERCRANTZ, 2016) argumenta sobre o desenvolvimento do cérebro social de uma criança até os 2 anos de idade e como esta maturação depende de interações externas, principalmente com os pais. Por outro lado, (HUTTON et al., 2024) realiza uma revisão narrativa com objetivo de debater sobre como o uso de tecnologias digitais pode estar influenciando o desenvolvimento do cérebro subjacente a comportamentos adaptativos relacionados à tela, considerando as diversas etapas do crescimento até o período da adolescência.

3.2.1 *Connecting the brain of the child from synapses to screen-based activity*

A partir das sinapses, células nervosas processam informações sensoriais, visuais e auditivas, já sendo detectadas em recém-nascidos. A formação de terminações nervosas começa desde a fase fetal de um indivíduo, mesmo que ainda não seja de forma ordenada ou útil de forma geral (HAMITER, 2023). O texto (HAMITER, 2023) aponta que, nessa fase, e indicando essa falta de organização, podem existir conexões entre a cóclea, canal oco em forma de caracol no ouvido interno que envia sinais nervosos a serem interpretados pelo cérebro como sons (HAMITER, 2023), e o córtex visual e entre a retina, estrutura transparente posterior ao olho, e o córtex auditivo. “Em teoria, um bebê muito prematuro pode ver o trovão e ouvir o relâmpago” (LAGERCRANTZ, 2016), destaca o artigo. Tais disposições são assentadas no decorrer do crescimento do feto, podendo restar algumas ligações controversas causando alguma sinestesia em casos muito específicos, sendo importante ressaltar que as principais atividades neuronais no cérebro de recém-nascidos estão ligadas à sensação, visão e audição.

Por mais que a estrutura cerebral tenha influência genética, a maior parte dessa organização é determinada a partir das intercorrências pelas quais um indivíduo passa no decorrer de sua vida. De maneira mais precisa, o crescimento de sinapses em um ser humano passa por uma etapa de replicação acentuada seguida por outra de poda, na qual os neurônios que se expandem juntos e se conectam são aqueles recebedores de maior estímulo, enquanto os demais se dissipam (LAGERCRANTZ, 2016). A esta produção e evolução de sinapses entre os neurônios do sistema nervoso dá-se o nome de sinaptogênese.

Sendo assim, a partir de aproximadamente 24 semanas de gestação os órgãos sensoriais começam a atingir suas conexões ao córtex cerebral (LAGERCRANTZ, 2016). De acordo com ressonância magnética funcional, ao nascer, bebês possuem os sistemas somatossensorial, auditivo e visual como as áreas mais interligadas do seu cérebro, predizendo uma consciência mínima. A "rede de modo padrão", definida pelo artigo (LAGERCRANTZ, 2016), é mais completa em adultos do que em recém-nascidos, faltando algumas estruturas que possibilitam, por exemplo, a criação de memórias.

O estudo (LAGERCRANTZ, 2016) assemelha o conectoma a uma "rede pequeno-mundo", caracterizada por possuir caminhos curtos entre qualquer par distante de vértices, com um denso agrupamento local determinado pela conectividade entre vértices vizinhos (BASSETT; BULLMORE, 2006), resultando em alta redundância de conexões. O aglomerado de neurônios, a formação de memórias próprias e a consciência possibilitam essa comunicação com o mundo exterior desenvolvendo outros atributos como leitura, memória e conhecimento. A rede social de seres humanos ocorre de forma muito semelhante, no qual um indivíduo se relaciona com outros próximos do seu convívio, sejam familiares, colegas de trabalho ou amigos de escola, em que estes também se conheçam entre si, provavelmente, construindo uma malha de vínculos.

3.2.1.1 Desenvolvimento do cérebro social infantil

Assim que vem ao mundo, um recém-nascido já é capaz de imitar expressões faciais das pessoas ao seu redor, possibilitando a descoberta de semelhanças entre si e os outros, fator essencial na interação social (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020). Próximo aos dois meses de idade, devido à maturação da rede neural, o bebê, em busca de interação com sua rede social e descoberta do mundo ao seu redor, inicia com pequenas comunicações, como sorrir e balbuciar, formando um conectoma mais complexo de maneira gradativa.

Crianças com poucos meses de vida são intrinsecamente apegadas a sons, visto que iniciam a escuta e o aprendizado da linguagem desde o útero. O estudo (LAGERCRANTZ, 2016) cita experimentos com bebês de diversas fases - recém-nascidos, prematuros de dois a três meses ou até mesmo de dois anos - que obtiveram resultados significativos em testes relativos ao reconhecimento de fonemas, mas também apontam para uma possível necessidade de estimulação visual e corporal para desenvolver um idioma.

Os comportamentos relacionados a essa imitação de expressões faciais, reconhecimento de familiares e desenvolvimento da linguagem são de extrema importância para o desenvolvimento do bebê. Atualmente, com a evolução dos meios de comunicação e sua inserção no cotidiano de um ser humano, pais são cada vez mais induzidos a adotar o uso de tecnologia na educação dos filhos, seja como forma de distração ou de melhora do desenvolvimento cognitivo. Ao passo que o texto não prevê a existência de evidências científicas afirmando que programas no formato DVD auxiliam no aprendizado, ele também esclarece

que o uso circunstancial de *tablets* e outros dispositivos móveis aperfeiçoa o enriquecimento ambiental, ampliando a memória e a cognição. Além disso, aponta para um crescimento da ramificação dendrítica nos neurônios corticais, da sinaptogênese e ainda, em paralelo, da neurogênese, processo de produção de novos neurônios (BAVARESCO, 2016), no hipocampo.

Não obstante, conjuntamente existem indícios que o contato exacerbado à televisão e *DVDs* podem encadear problemas de atenção e atraso no desenvolvimento da linguagem para crianças menores de dois anos (ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS; MELTZOFF, 2007), baseando-se em uma pontuação normalizada do Inventário de Desenvolvimento Comunicativo (FENSON et al., 2000), um mecanismo de medida para o desenvolvimento da linguagem infantil confrontados com testes experimentais de progresso neural, cognitivo e social. Sendo assim, o estudo indicou uma diminuição de 16,99 pontos nessa escala - pontuação normalizada do Inventário de Desenvolvimento Comunicativo - por hora diária de visualização de DVDs/vídeos com bebês de 8 a 16 meses, enquanto em indivíduos com idade mais avançada (17 a 24 meses) não foram assistidos recortes tão bruscos, demonstrando a necessidade de um maior cuidado acerca do impacto cognitivo relativo àqueles na faixa etária de até 2 anos.

3.2.1.2 Consequências da interação criança-tela

Desta forma, levando em consideração estudos incentivadores e desencorajadores, a Academia Americana de Pediatria (AAP) recomenda o afastamento das telas para bebês de até dois anos de idade. Contudo, a AAP também concorda que pequenos períodos de interação com dispositivos móveis mantém a criança mais ativa, sendo importante limitar seu tempo de exposição, além de, principalmente, não substituir a interação multissensorial direta, incrementando outras atividades que estimulem a comunicação entre os pais e família, como também brincadeiras cognitivas e esporte.

Para a continuidade da infância além dos dois anos, deve-se admitir o desacoplamento cada vez maior da supervisão dos pais sobre as crianças. Devido a todo o processo de crescimento e inserção em novos ambientes, como a escola ou creche, há uma expansão da rede tanto social quanto cognitiva do indivíduo, levando a considerar outras situações para o uso de tecnologias digitais além da simples permissão parental. Para avaliar tais parâmetros, bem como riscos e outras perspectivas, faz-se necessário conduzir a exposição de mais um estudo (HUTTON et al., 2024) além do atual artigo "*Connecting the brain of the child from synapses to screen-based activity*" (LAGERCRANTZ, 2016).

3.2.2 *Digital media and developing brains: concerns and opportunities*

O texto, cujo título em português é "Mídia digital e o cérebro em desenvolvimento: preocupações e oportunidades" (HUTTON et al., 2024), realizou uma revisão narrativa sobre

um encontro de acadêmicos formados por diversas áreas de conhecimento para discutir de que forma tipos e padrões de uso da mídia tem a capacidade de afetar o neurodesenvolvimento. Foi desenvolvido por autores reunidos pela *Children and Screens* (SCREENS, 2024), organização sem fins lucrativos que em português poderia ser chamada de Instituto de Mídia Digital e Desenvolvimento Infantil. Realizou-se uma divisão dos estudiosos em três grupos para que debatessem as fases de desenvolvimento do cérebro e de que forma as mídias digitais podem afetá-lo em diferentes faixas de idade separadamente, sendo elas: para a primeira infância; meia infância; e adolescência.

3.2.2.1 Desenvolvimento do cérebro na primeira infância e as mídias digitais

O primeiro grupo de estudiosos (HUTTON et al., 2024) teve como foco a pela primeira infância, correspondente aos primeiros seis anos de vida, e confirmou as argumentativas levantadas na seção 3.2.1, defendendo que existe o alto desenvolvimento cerebral no período e que é negativa a influência no processamento visual, na linguagem e na cognição social gerada pelo contato demasiado com as mídias digitais. Alerta também para a importância da presença parental no processo, ao incentivar outros estímulos multissensoriais.

Além disso, foram apresentados (HUTTON et al., 2024) dois estudos baseados na utilização de ressonância magnética funcional de crianças em idade pré-escolar que foram expostas a histórias em três formatos: áudio (apenas sons, sem desenhos), ilustrado (semelhante a um livro ilustrado típico) e animado. Neste último, foi identificada uma menor conectividade entre redes de linguagem e visuais, enquanto a segunda indicou a maior dinamicidade das áreas, sugestionando que as imagens causam mais desenvolvimento em estruturas de redes linguísticas para auxiliar a compreensão da criança em tal idade.

3.2.2.2 Meia infância

O segundo grupo de neurocientistas das diversas áreas (HUTTON et al., 2024), responsável por avaliar os impactos da utilização de mídias digitais por crianças em meia infância, período entre os seis e doze anos, aproximadamente, destaca a importância dos pais e pedagogos darem continuidade a esse acompanhamento no desenvolvimento das crianças para monitorar a utilização das tecnologias digitais, visto que é marcado pela sua socialização com o mundo ao seu redor, compreensão de perspectivas e de emoções alheias, além da descoberta de grande parte das psicopatologias. Segundo o texto (HUTTON et al., 2024, p. 290), “As mudanças incluem o aumento da sofisticação na metamemória, estratégias para recordar conteúdo, atenção seletiva, raciocínio espacial e matemático, fluência e compreensão de leitura, argumentação, teoria da mente (SANTOS, T., 2022) e função executiva (MOURÃO; MELO, 2011), incluindo memória de trabalho (GARCEZ, 2020) e flexibilidade”.

É também a etapa na qual o cérebro atinge seu tamanho máximo, entre dez e doze anos, paralelo ao maior interesse das crianças pelos aparelhos digitais ligados ao seu lazer.

Devido a este desejo de contato às mídias, o estudo aponta para a possibilidade de mudanças comportamentais que levam à diminuição de outras atividades essenciais como leitura e regularização do sono, além de sugerir um aumento nos atrasos de cognição global, maior impulsividade, problemas de atenção e até mesmo compulsão alimentar. Apesar da probabilidade de estarem relacionados, (HUTTON et al., 2024) também levanta a existência de uma variabilidade de aspectos que ocorrem neste período e devem ser analisados, com a exigência de estudos aprofundados da relação cérebro-comportamento, posto que é uma fase decisiva para o desenvolvimento de mediações e tratamentos.

3.2.2.3 Adolescência

O terceiro e último grupo (HUTTON et al., 2024), designado para a adolescência, possui uma idade de observação variável de acordo com valores culturais e individuais, mas geralmente se concentra entre os dez e dezenove anos. Apesar de se caracterizar por uma fase de desregulação hormonal, o que afeta a cognição e o comportamento, o estudo aponta problemas em todas as faixas etárias correlacionado ao uso das tecnologias digitais, seja para estudo ou até questões de saúde, incluindo melhores condutas de autocuidado. Ainda assim, além do consumo excessivo dos aparelhos, são listados como possibilidades à esta influência negativa o comprometimento do sono, má cognição social ou piora do funcionamento executivo, determinante para os comportamentos voluntários de um indivíduo (MOURÃO; MELO, 2011).

Jogos online são citados como atribuidores de desempenhos bons e ruins. Por um lado, aliados à inclusão social e benefícios cognitivos, enquanto do outro, a prática exacerbada pode gerar preocupações clínicas, como dependência. Apesar disso, não foram expostos detalhadamente experimentos que usufruíssem da análise de redes cerebrais, requerendo apenas mais pesquisas que ligassem o neurodesenvolvimento e o comportamento dos adolescentes de acordo com padrões específicos de uso da Internet.

3.3 Impacto do contato da criança com os mundos na formação de suas redes

Após entender as funcionalidades cerebrais, formações de conectoma e confirmando a possibilidade de ilustração da cognição por uma estrutura grafal, o presente estudo se encaminha para a segunda indagação provedora deste Capítulo: “Como o contato da criança com os diferentes mundos afeta a formação de suas redes?”. A inserção desta última palavra no plural é justificada pela opção de compreender a existência de mais de um contexto de malha, assumindo outras redes além da cerebral, mas também a social e tecnológica.

Sendo assim, fez-se necessária a adoção de um material pedagógico base para fundamentar de maneira singular os processos de crescimento de uma criança. O livro “Periodiza-

ção histórico-cultural do desenvolvimento psíquico: do nascimento à velhice" (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020), apoiado nas ideias de Vygotsky, prevê um desenvolvimento infantil sem fases definidas, ocorrendo de maneira fluida com evoluções tanto físicas quanto psicológicas em paralelo, onde há a presença de atividades guia a cada período.

Além disso, a obra (MARTINS; ABRANTES; FACCI, 2020) parte de uma análise histórico-cultural de autores brasileiros, alinhando-se com os parâmetros de realidade nacional. Desta forma, ocorre a distinção de três períodos - idade pré-escolar, educação infantil para o ensino fundamental e idade escolar - cada uma com suas devidas particularidades dos pontos de vista legislativo e social. Acatando a teoria de desenvolvimento, torna-se mais factível a consciência de fases durante o processo de amadurecimento.

Iniciando o atendimento à segunda pergunta, o artigo "Connecting the brain of the child from synapses to screen-based activity" (LAGERCRANTZ, 2016) levanta argumentações, principalmente, acerca de crianças até os dois anos de idade. É apontado o processamento de informações sensoriais pelas células nervosas desde a vida intrauterina, mesmo que de forma desordenada para posterior organização cerebral. Ao nascer, o ser humano já inicia a descoberta de semelhanças entre si e os outros ao redor, enquanto a partir dos dois meses começam pequenas comunicações, como sorrir e balbuciar (LAGERCRANTZ, 2016). Tais fatores indicam uma abertura para a interação social, sendo uma das ativações de responsabilidade dos lobos frontais, como exposto no Capítulo 2.

Em paralelo, o estudo (LAGERCRANTZ, 2016) também chama a atenção para a interação com tecnologias digitais até os 2 anos de idade, devido a descoberta de indícios de problemas de atenção e atraso no desenvolvimento da linguagem (ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS; MELTZOFF, 2007), incumbências dos lobos frontal - ambos - e temporal - apenas o segundo. Outro apontamento do artigo para crianças em fase pré-escolar se baseia no experimento no qual imagens sem som indicaram maior ativação geral das áreas cerebrais e, principalmente, das redes linguíticas para amparar a compreensão (ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS; MELTZOFF, 2007). Os estímulos de tais campos na referida prática podem estar ligados à linguagem expressiva, identificação de forma, memória visual e factual, além de impulsos e áreas de associações visuais, encargos dos lobos frontais, parietais, temporais e occipitais, respectivamente. Desta forma, encara-se a possibilidade de que quatro dos seis lobos cerebrais presentes no corpo humano sejam abrasados por uma única atividade.

A partir dos dois anos, é defendido que pequenos períodos de interação com tecnologias digitais, sem exageros, mantém a criança mais ativa, porém sem que a maior presença de outras relações multissensoriais diretas sejam substituídas (LAGERCRANTZ, 2016). Argumenta-se a favor desses estímulos pois, nessa fase, há um desacoplamento gradativo, no qual o pequeno indivíduo inicia sua interação com outras pessoas além dos pais e família, como também é alocado em ambientes diferentes do habitual, como creches e escolas, fator essencial no desenvolvimento tanto cognitivo quanto social de um ser humano

(LAGERCRANTZ, 2016).

Dos seis aos doze anos, pelo excesso do uso de tecnologias digitais são agregados problemas como diminuição da leitura e regularização do sono, atraso de cognição, maior impulsividade, problemas de atenção e até mesmo compulsão alimentar (ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS; MELTZOFF, 2007). Nessa etapa, há o desenvolvimento da socialização, compreensão de emoções alheias, raciocínio lógico e matemático, argumentação, leitura, processos de memória, dentre outros fatores mencionados (ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS; MELTZOFF, 2007). Desta forma, é possível perceber a desenvolução principal nos lobos frontal e parietal, indicando possíveis áreas de maior predominância nessa etapa.

A adolescência, compreendida de modo generalizado entre os dez e dezenove anos, promove um composto de fatores ligados desde o âmbito físico até o social, no qual a influência dos parâmetros em determinados comportamentos se torna de difícil presunção. É sabido que, apesar de se caracterizar por uma fase de maior individualidade, ainda são indispensáveis observações para o uso equilibrado de tecnologias, que devem servir para apoiar o academicismo e a interação social. Sua utilização abusiva expõe o jovem a maiores perigos desde má cognição até *cyberbullyng* e dependência (ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS; MELTZOFF, 2007). Invariavalmente, tornam-se necessários estudos com maiores aprofundamentos na área, para melhores definições, detalhamentos, avisos, além de soluções alternativas.

A grande quantidade de mudanças nos primeiros anos de vida de um ser humano são, além de complexas, essenciais para o seu desenvolvimento posterior. Surge, desta forma, como tentativa de aprimorar o bem-estar individual, bem como a manutenção do conhecimento da pesquisa cerebral, indagações sobre a possibilidade do mapeamento desse processo, o que leva à terceira pergunta formadora do presente estudo: “É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?”

4 É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?

Esse Capítulo visa o estudo de representações da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento, baseados em estruturas denominadas grafos. Para tal, são analisados fatores que auxiliam na viabilidade da comparação entre conectomas e um padrão arquitetural definido com base na associação de vértices e arestas.

4.1 Artigos correlatos

Tendo em vista a indagação final deste documento, e considerando as discussões anteriores sobre a representação de conectomas, torna-se necessário dar destaque a três estudos que partem como fundamentação do presente estudo. O primeiro (FINN et al., 2015) parte do uso de ressonância magnética funcional para definir que perfis de conectividade funcional atuam como uma "impressão digital", podendo identificar com precisão indivíduos de um grande grupo. O segundo artigo (WIERENGA et al., 2017), baseado em neuroimagiologia, utilizou dois conjuntos independentes de dados de imagens ponderadas por difusão longitudinal para caracterizar mudanças de desenvolvimento no conectoma humano, estimando mudanças relacionadas à idade. Por fim, no caso do terceiro artigo (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), foi investigado se as dificuldades comportamentais estão associadas à forma como o cérebro é funcionalmente organizado, partindo de uma amostra intencionalmente heterogênea e transdiagnóstica de crianças.

4.1.1 *Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity*

O documento estrutura a hipótese de que os padrões das conexões realizadas no cérebro de um indivíduo possam acarretar na sua identificação singular, atuando como sua propria impressão digital (FINN et al., 2015). Desta forma, (FINN et al., 2015) tem como propósito evidenciar, através de testes, a diferenciação de pessoas por meio de seus conectomas. Uma vez que a imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) pode trazer muitos dados em comum, causando algumas misturas de difícil distinção, a hipótese

de que as conexões cerebrais sejam únicas e carreguem essa precisão é promissora, tanto ao analisar uma variabilidade quanto para visualizar regularidades, facilitando o entendimento da organização cognitiva particular e coletiva.

4.1.1.1 Coleta e separação de dados comportamentais dos indivíduos

Para os testes (FINN et al., 2015), estudou-se 126 indivíduos cujos exames foram fornecidos pelo Human Connectome Project, organização mencionada no Capítulo 2, direcionada para o estudo científico do cérebro, além de utilizarem-se também de um atlas cerebral funcional formado por 268 vértices, produzido a partir de um mapa produzido pela Universidade de Yale, para avaliarem vértices e redes. Cada indivíduo foi analisado por 2 dias para a obtenção de seis imagens: duas sessões de descanso e quatro sessões de tarefas, sendo memória de trabalho, emoção, motora e linguagem. Para cada um desses registros, foi construída uma matriz de conectividade simétrica 268 x 268 através do cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson, evidenciando a força de conexão entre cada par de vértice, de modo que cada participante possuísse 6 matrizes.

O reconhecimento se deu a partir das análises matriciais, onde separou-se um grupo "alvo" e outro "banco de dados" (FINN et al., 2015), ambos de dias diferentes, para serem comparados e encontrados de acordo com a sua similaridade. O cálculo para encontrar tal semelhança novamente levou em consideração os vetores de valores de arestas, ou seja, a força de conexão entre os vértices da rede, retirados da matriz referência e de cada uma das matrizes da outra sessão disponíveis restantes a se procurar. O procedimento então consistiu, dada uma matriz alvo, no cálculo da correlação entre esta e todas as outras matrizes do banco de dados escolhido, onde a comparação que obtiver o maior coeficiente de correlação ($argmax$) é aquela nas quais se encontram as redes cognitivas de mesma identidade. Este procedimento pode ser verificado a partir da Figura 14b, na qual uma matriz alvo é comparada a outras com o objetivo de encontrar aquela que apresenta um maior grau de similaridade, definido pelo coeficiente de correlação calculado.

Os experimentos ocorreram (FINN et al., 2015) de forma que se testassem todas as configurações possíveis de interações entre períodos de teste alvo e de banco de dados, totalizando nove disposições variadas. Na Figura 14a, pode-se ilustrar todas as viabilidades referentes às sessões realizadas, e suas respectivas abreviações, onde:

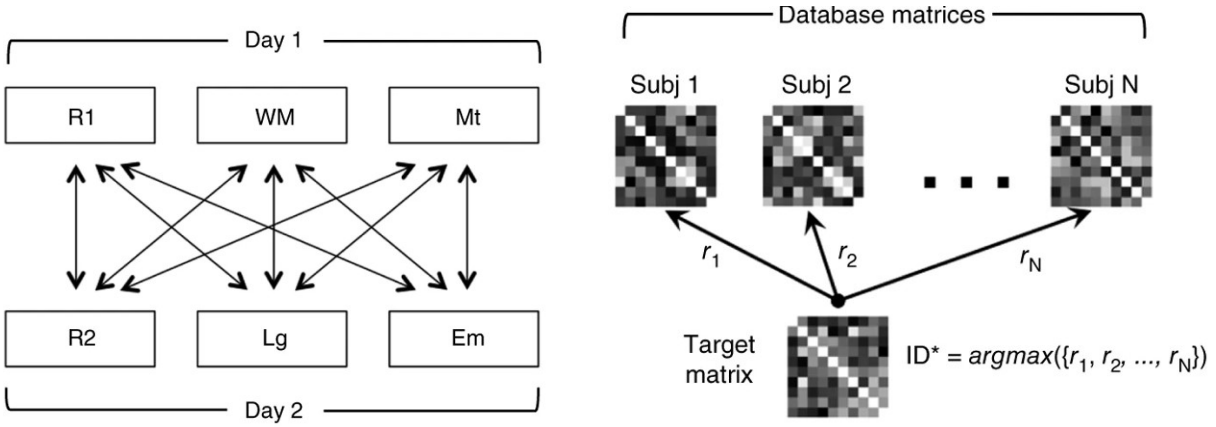
Dia 1 Redes no Dia 1

R1 Rede cerebral em estado de repouso (R1);

WM Rede cerebral em tarefa de memória de trabalho (WM);

Mt Rede cerebral em tarefa motora (Mt);

Dia 2 Redes no Dia 2



(a) Busca de correlações entre sessões. (b) Técnica de identificação.

Figura 14 – Procedimentos de análise de identificação.

Fonte: (FINN et al., 2015).

Copyright: 2024 Springer Nature Limited.

R2 Rede cerebral em estado de repouso (R2);

Lg Rede cerebral em tarefa linguagem (Lg);

Em Rede cerebral em tarefa emocional (Em).

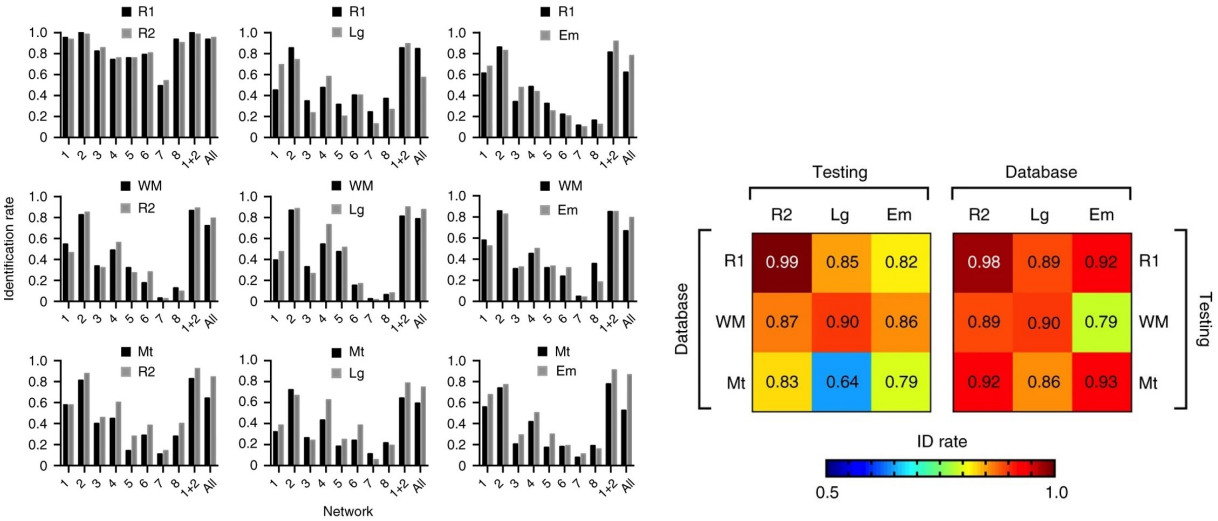
4.1.1.2 Análise da conectividade cerebral total

Logo após a obtenção de resultados (FINN et al., 2015), foi apurada a veracidade das conclusões alcançadas pelos testes, obtendo a percentagem referente à taxa de sucesso de acordo com a quantidade de sujeitos cuja identidade foi pressuposta corretamente em relação ao número total de participantes. Posto isto, para se conquistar uma melhor visualização dos experimentos, foi decidido avaliar esse indicador de desempenho sob diferentes perspectivas.

A princípio, o processo de identificação foi realizado analisando a conectividade cerebral total (FINN et al., 2015), com 268 vértices e 35.778 arestas, e, por consequência, através de suas matrizes de conectividade simétricas. Seguindo a configuração banco de dados - alvo, alcançaram-se taxas de sucesso de 92,9 % com R1 - R2, 94,4% com R2 - R1 e variações de 54,0% até 87,3% para sessões Descanso - Tarefa e Tarefa - Tarefa.

4.1.1.3 Identificação baseada em sub redes do cérebro

Em seguida, a precisão do experimento se apoiou na hipótese da identificação baseada em rede (FINN et al., 2015). Usando como referência o atlas cerebral, separaram oito redes neurais sustentadas pelo documento e realizaram o teste de identificação para investigar tais funções específicas de áreas do órgão. Duas destas redes obtiveram mais destaque devidos aos seus robustos resultados, sendo elas a rede frontal medial (rede 1) e a rede frontoparietal (rede 2), ambas com grandes influências dos lobos frontal, parietal e temporal, denominando



(a) Taxa de sucesso dos nove pares com respectivas sessões alvo e banco de dados.

(b) Matriz catalogada por cores para comparação de taxas de sucesso.

Figura 15 – Perfomance dos procedimentos de identificação.

Fonte: (FINN et al., 2015).

Copyright: 2024 Springer Nature Limited.

então sua junção como frontoparietais. Enfim, foi testada (FINN et al., 2015) a combinação destas para verificar possíveis identificações ainda mais precisas, conquistando taxas de sucesso ainda mais promissoras. Tal agregação gerou percentagens de 98 à 99% com R1 - R2 ou vice-versa e de 80 à 90% para a maioria dos pares de sessões Descanso - Tarefa ou Tarefa - Tarefa, caindo moderadamente neste último, porém permanecendo a sobrepujar quaisquer outras disposições, tanto de redes sozinhas quanto de todo o cérebro, em todos os dezoito pares.

A Figura 15a expõe as precisões de cada teste efetuado, incluindo todas as oito redes neurais especificadas pelo atlas, a combinação das redes 1 e 2, como também a versão de conectividade total do cérebro, onde o grupo banco de dados é indicado através do sombreamento preto ou cinza da barra vertical. No caso da Figura 15b, pode-se visualizar o resultado apenas dos experimentos realizados com as redes frontoparietais combinadas, para comparar a taxa de sucesso entre pares de sessões de Descanso-Descanso, Tarefa-Descanso e Tarefa-Tarefa (FINN et al., 2015).

4.1.1.4 Parcelamento da rede e contribuição de arestas individuais

Após todos os resultados de precisão (FINN et al., 2015), foram investigados certos fatores que pudessem influenciar nas descobertas anteriores, alguns deles se deparando com os objetivos deste presente estudo, como a previsão comportamental baseada na rede neural. Entre os testes realizados (FINN et al., 2015), analisou-se efeitos do esquema de parcelamento das redes, utilizando-se de outro atlas de conectividade, do movimento da

cabeça e das diferenças anatômicas cerebrais, visto a presença de pequenos erros intrínsecos ao processo de normalização dos dados.

Além disso, outro requisito que chamou a atenção por sua interferência nos resultados, além da convergência para com os propósitos do tema, foi o dimensionamento da capacidade de contribuição de arestas individuais para o processo de identificação dos sujeitos (FINN et al., 2015), do qual procederam-se duas medidas: o Poder Diferencial (DP), potencial de cada aresta de diferenciar uma pessoa em um grupo, expondo quão "pessoal" uma aresta pode ser, e a consistência do grupo (ϕ), quantificando a consistência de uma conexão dentro de um sujeito e entre o grupo. Tais grandezas foram encontradas através da decomposição de uma pontuação z utilizada na normalização de vetores na correlação de Pearson do processo de identificação, levando a indicar o valor individual em que cada aresta contribui no coeficiente de correlação total do vetor, positiva ou negativamente (Capítulo "*Methods*" - (FINN et al., 2015)).

Restringindo-se a R1 e R2, esses testes indicaram que a maioria das arestas com maior percentagem discriminatória estão presentes nas regiões das redes 1, 2 e 3, sendo aproximadamente 28% delas dentro e entre as frontoparietais, enquanto outros 48% eram arestas que ligavam as duas a outras redes (FINN et al., 2015).

Tal indício revela que as interações entre as redes 1 e 2 e o resto do cérebro possuem grande influência no trabalho de distinção de indivíduos. Apesar disso, descobriu-se também que a quantificação de consistência (ϕ) arrematou muitas arestas das redes 5 e 6, motora e visual primária respectivamente, demonstrando uma baixa atuação dessa medida na diferenciação.

4.1.1.5 Influência da duração da sessão na idenficação de indivíduos

Como quinto fator influenciador, foi estudada a possibilidade de identificação usando cursos de tempo mais curtos, buscando responder se a duração da sessão interfere no controle de identificação (FINN et al., 2015). Compreendendo que, quanto mais longo for o processo, maior é a quantidade de dados carregados na execução, passou-se a analisar o número de pontos no tempo. Cada uma das sessões - R1 e R2 - coletou 1.200 varreduras do cérebro, enquanto as outras foram consideravelmente menores, como por exemplo, memória de trabalho (405 imagens), as varreduras da tarefa de linguagem (316 imagens), a varredura da tarefa motora (284 imagens) e a varredura emocional (176 imagens). Modificou-se as varreduras usadas para calcular matrizes de conectividade entre 100 e 1.100 em sessões de Descanso -Descanso na identificação frontoparietal e, como resposta, foi constatado que durações mais longas preservavam melhor os detalhes para a precisão de indivíduos, ao passo que a diminuição degradou o sucesso da identificação, principalmente onde havia menos de 500 pontos no tempo.

4.1.1.6 Identificação baseada em múltiplas matrizes

Em último, examinou-se a possibilidade de identificação baseada em banco de dados de duas matrizes, que consistia na adição de mais uma sessão de banco de dados do mesmo dia ao processo, no lugar de apenas uma para cada tipo (FINN et al., 2015). Como um exemplo de teste realizado, através das redes 1 e 2, utilizou-se de uma sessão de Descanso e outra de Tarefa do mesmo dia, enquanto a matriz alvo como uma sessão de Tarefa do dia seguinte. Em todas as ocasiões, a taxa de sucesso da precisão foi melhorada ao recorrer para o banco de dados estendido a duas matrizes, identificando um resultado ainda melhor quando as sessões incluídas eram de Descanso e Tarefa, pois passa-se a analisar a primeira como uma rede base e logo após detecta as diferenças causadas pela atividade na segunda.

(FINN et al., 2015) oferece ainda uma análise hipotética acerca da possibilidade de indicações de perfis comportamentais apenas pela estrutura cognitiva de uma pessoa. Levando em consideração a relevância do tema para o presente estudo, a ênfase à discussão referente aos perfis comportamentais faz-se necessária, levantando uma arguição mais aprofundada na próxima sessão.

4.1.1.7 Previsão comportamental a partir dos perfis de conectividade cerebral

Para inteirar-se de mais uma possível dimensão a qual o experimento (FINN et al., 2015) poderia chegar, investigaram a hipótese de sintomatizar um comportamento por meio do estudo da representação cognitiva do indivíduo. Assim dizendo, com o intuito de entender se a conectividade funcional pode indicar diferenças na conduta, realizou-se uma tentativa de predição do nível de inteligência fluida (gF) dos sujeitos. A metodologia para o teste foi baseada em um gabarito provido pelo próprio HCP, utilizando Matrizes Progressivas de Raven[1] de 24 itens, cuja pontuação foi definida a partir da quantidade de itens corretos.

Com base no aproveitamento dos materiais da sessão Descanso1 (R1), optou-se pela implementação de um método de validação cruzada, separando um elemento do grupo para prever seu gF (FINN et al., 2015). Os dados de um único sujeito foram isolados com o objetivo de atuar como conjunto de verificação e o restante ($n - 1$), utilizado para conjunto de treinamento, sendo os testes realizados de modo que cada iteração tivesse três etapas.

Primeiramente, chamada de seleção de características, consistiu na fase onde arestas com grande peso na escolha da gF, tanto positivo quanto negativo, são selecionadas e separadas em dois conjuntos (FINN et al., 2015). Esta triagem se deu através de uma correlação de Pearson entre cada aresta das matrizes de conectividade e a pontuação do nível de inteligência fluida do grupo de conjunto de treinamento, no qual os valores desse resultado indicariam seu destino de acordo com seu sinal.

[1] (BILKER et al., 2012, p. 354) "As Matrizes Progressivas Padrão de Raven (RSPM) são um teste de 60 itens para medir raciocínio abstrato, considerado uma estimativa não verbal da inteligência fluida. Esse teste é frequentemente incluído em baterias de avaliação clínica e pesquisas em pacientes com déficits cognitivos."

Em segundo, na construção de modelo e baseado nos dados de treinamento, estimou-se duas regressões lineares simples com gF atuando como variável dependente, alterando apenas a variável explicativa, posto que a força de conectividade assume peso positivo em uma e negativo em outra (FINN et al., 2015). A estatística dessa força foi encontrada por meio de uma ponderação de grau para cada rede, ou seja, apoiando-se nos valores de todas as arestas das matrizes de conectividade individuais.

Resolvida a regressão linear, ocorre, como última etapa de iteração, a predição do valor desejado, substituem-se os dados do sujeito de teste na equação e é conferida a nota gF alcançada (FINN et al., 2015). Essas três fases são repetidas com todos os indivíduos participantes e depois averigua-se a proximidade dos resultados com as pontuações oficiais. Partindo da análise de todo o cérebro e com base em um limite de seleção de recursos de $P < 0{,}01$, os autores caracterizaram as previsões como significativas, alcançando resultados da correlação entre os escores gF previstos e observados de 50% ($P < 10^{-9}$) para o grupo de características positivas e 26% ($P \leq 0{,}005$) para o de características negativas.

Devido ao método de validação cruzada (FINN et al., 2015), conjuntos de arestas levemente diferentes foram selecionados em cada iteração, desta forma, em todas elas calculou-se o número médio de arestas nas oito redes indicadas pelo atlas cerebral e normalizadas pelo seu número total de arestas. Posto isto, independente do tamanho ou da examinação tanto de todo o cérebro quanto de redes específicas, foi possível esclarecer quais delas apresentaram uma maior participação no poder de predição. Como resultado, registrou-se as maiores porções de arestas agregadas ao modelo positivo nas redes 1 e 2, enquanto a rede 3 se mostrou mais compatível com modelo negativo.

A pesquisa (FINN et al., 2015) reitera a importância da área frontoparietal no estudo da cognição e previsibilidade de traços de perfil, mas também finaliza advertindo sobre as limitações do experimento, como o processo de aquisição de dados em períodos relativamente curtos - dias consecutivos - e a influência do atlas cerebral, da perspectiva metodológica, que poderia causar uma variação dos resultados mediante uma escolha diferente. De qualquer modo, o documento deixa explícito a infinidade de observações contidas em um só campo, assim como abre suposições para aumentar futuramente a complexidade das indagações, sugerindo até mesmo novos lampejos sobre doenças neuropsiquiátricas, sintomas e cautelas comportamentais baseadas no estudo de conectomas.

4.1.2 *A multisample study of longitudinal changes in brain network architecture in 4-13-year-old children*

À margem do expansivo avanço tecnológico, compreensão de redes neurais e desenvolvimento das técnicas de neuroimagiologia, surgiu-se a possibilidade de projeções do conectoma humano em *layouts* de macroescala (WIERENGA et al., 2017), algo que

propiciou as indagações acerca do poder preditivo das habilidades cognitivas e saúde mental. Ainda com a crescente quantidade de estudos, dispõe-se de pouquíssimas informações acerca de mudanças no conectoma de crianças em desenvolvimento, concentrando as pesquisas principalmente em adultos já formados. Foi apontado que a idade escolar promove grandes alterações intelectivas infantis, principalmente na Anisotropia Fracionada (AF)[2] e no volume da matéria branca [3], gerados pela interação de regiões cerebrais distintas, de acordo com investigações anteriores.

4.1.2.1 Motivações do estudo

A primeira indagação presente na pesquisa se insere nos efeitos que a idade tem no padrão espacial da conectividade cerebral, supondo um modelo específico para o período etário com diferentes taxas de desenvolvimento (WIERENGA et al., 2017). Como método, foi examinado um *layout* anatômico e a estrutura de rede das conexões (arestas) que mostram a mudança mais substancial na Anisotropia Fracionada, com a subsequente verificação se esse grupo de arestas apresentava diferença quando equiparado a outras que não demonstraram alterações substanciais no desenvolvimento. Tal comparação é realizada justamente entre as arestas que manifestam os maiores e menores níveis de discrepâncias na AF.

Enquanto isso, a segunda questão tratada refere-se às justificativas biológicas que dirigem os padrões de mudança na AF. Devido a estudos anteriores referenciados pelos autores, presumiu-se que as maiores alterações na Anisotropia Fracionada se originavam das fibras longas, teoria testada através da análise de dois conjuntos de dados independentes, avaliando a consistência e replicabilidade dos resultados. A primeira amostragem (WIERENGA et al., 2017) consistia em 237 imagens cerebrais de 146 crianças entre 4 e 13 anos com desenvolvimento típico advindas do estudo *Pediatric Longitudinal Imaging, Neurocognition, and Genetics* (PLING), enquanto o segundo conjunto trouxe 141 varreduras de 97 indivíduos de 8 até 13 anos derivadas do projeto *BrainTime*.

4.1.2.2 Tratamento e modelagem das redes grafais

De maneira inicial, foi realizado a aquisição de imagens a partir das bases de dados BrainTime e PLING utilizadas. Logo após, para cada amostra, foi realizado o processamento dos dados (WIERENGA et al., 2017) de forma que o resultado consistiu em uma reconstrução de redes grafais para cada indivíduo, alcançando matrizes M com integração entre 68 regiões corticais cerebrais definidas como os vértices do grafo e as arestas entre vértices (regiões do córtex). A Figura 16 representa um exemplo do processo de modelagem considerando um dos sujeitos integrantes da amostra utilizada no estudo.

[2] Unidade de medida determinante na capacidade de locomoção de moléculas de água ao longo dos tratos da matéria branca (BRAZILIENSE, 2018).

[3] Área mais interna do cérebro caracterizada por feixes que interligam regiões em diversas direções (ENGELHARDT; MOREIRA, 2008), como explicado na seção 2.2.2, no Capítulo 2.

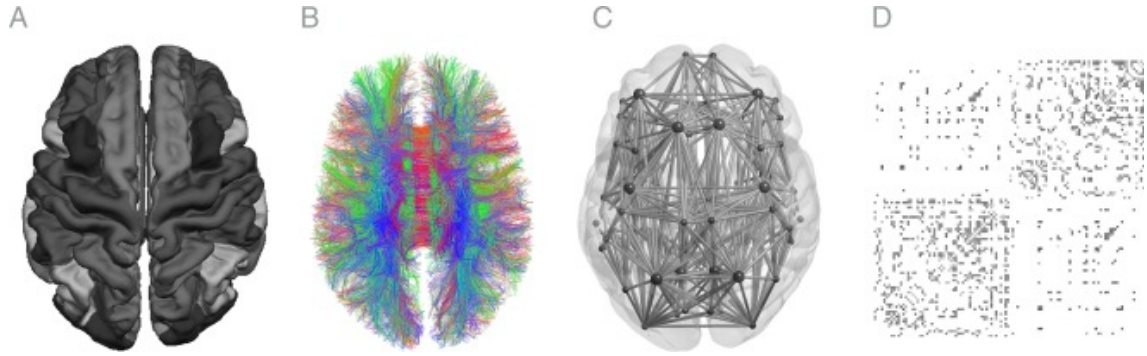


Figura 16 – Etapas da aquisição da imagem até a visualização matricial.

Fonte: (WIERENGA et al., 2017).

Copyright: 1999-2024 John Wiley & Sons, Inc e suas afiliadas.

Interprentando a Figura 16, para a obtenção da ilustração representada como *A*, ajustou-se um perfil de difusão dentro de cada voxel [4] através da utilização de 30 imagens de cada grupo ponderadas (WIERENGA et al., 2017). Foi encontrado um vetor resultante indicando a direção de difusão preferida em cada voxel, além de seus valores de anisotropia fracionada. As linhas de fluxo (ou conectomas) expostos em *B* foram encontrados a partir do volume de AF, seguindo a direção dos vetores resultantes anteriormente calculados e finalizando quando se alcançasse um voxel com AF menor que 0.1, fizesse uma curva angular acentuada inesperada - ângulo maior que 45° - ou saísse da máscara cerebral (WIERENGA et al., 2017). As arestas e vértices representados por *C* foram formadas a partir das linhas de fluxo, conforme descrito no parágrafo anterior. A partir da obtenção da rede em *C*, houve a aquisição da matriz de adjacência de *D*, cujo o processo foi relatado na seção 2.3.2, no Capítulo 2.

Através do Brain Connectivity Toolbox, ferramenta de observação e estudo de redes complexas de conectividade cerebral operada em Matlab, foram recolhidas algumas medidas de teoria dos grafos de cada matriz *M* para análise (WIERENGA et al., 2017). Desta forma, foram contabilizados o número de arestas; o grau e força dos vértices; o comprimento do caminho; o coeficiente de agrupamento gama normalizado, que consiste na razão do número de arestas entre vizinhos diretos de um dado vértice e o número total de arestas possíveis entre esses vizinhos. De forma complementar, foram obtidas também definições de blocos funcionais, onde identificou-se módulos de rede funcionais - baseados por outro estudo adotado como referência pelos autores - e atribuiu-se cada vértice da amostra a algum deles, confirmando um bom ajuste de conectividade estrutural, mesmo que essas partições tenham sido classificadas utilizando imagens funcionais.

[4] "O voxel é equivalente a pixel em 3D e representa uma abreviação para *volume element*. Cada pixel da imagem está associado a um voxel." (SILVA, 2004)

4.1.2.3 Efeitos da idade no padrão da conectividade cerebral

Para quantificar as mudanças no padrão da conectividade cerebral relacionadas à idade, foi utilizado o método de modelagem linear mista, definido pela ampliação do modelo linear generalizado que possibilita uma solução de distribuição não normal e observações correlacionadas (IBM, 2023).

Sendo assim, tal técnica foi aplicada para avaliar a possível influência da idade no número total de arestas, número total e comprimento de linhas de fluxo, Anisotropia Fracionada média global, e em cada aresta na matriz M (WIERENGA et al., 2017). Vista a realidade da amostra contida no estudo, a escolha dessa técnica de avaliação pode ser justificada pela presença de inconsistências nos dados utilizados. Tais variações nas informações coletadas são verificadas a partir da aquisição baseada em intervalos irregulares entre medidas, que introduzem comportamentos não padronizados na escala temporal, e considerando possíveis dados ausentes, resultados de prováveis falhas ou erros durante a mensurações. Enquanto isso, variáveis do tipo gênero não foram incluídas na equação do método de modelagem linear mista, visto que não surtiram aperfeiçoamentos no ajuste do modelo.

A seleção de arestas também precisou ser realizada com o propósito de estimar as mudanças na Anisotropia Fracionada vinculadas à idade, com o desafio de escolher uma alternativa que não atrapalhasse em outros parâmetros e comprometesse os resultados do estudo (WIERENGA et al., 2017). Desta forma, houve uma divisão entre arestas que apresentaram maiores e menores mudanças na AF, separadas de acordo com a média de uma variável dependente da função idade observada nos cálculos da modelagem linear mista citadas.

Com as avaliações do número total de arestas para cada matriz M, a fim de responder se o arranjo estrutural da rede cerebral é estável em toda a faixa etária, respectivo à primeira indagação, foi concluído que não houveram mudanças de layout dos conectomas no decorrer do desenvolvimento das faixas etárias das crianças (WIERENGA et al., 2017).

Outrossim, também foi investigada a mudança global do desenvolvimento na Anisotropia Fracionada, na qual estimou-se sua média M para cada rede nos respectivos momentos de cada indivíduo (WIERENGA et al., 2017), percebendo um aumento dessa grandeza de maneira proporcional à idade. Ambos os resultados se mantiveram para os dois conjuntos de dados, BranTime e PLING.

Sobre o mapeamento de conectoma que integra as regiões corticais e mudanças relacionadas à idade nessas áreas (WIERENGA et al., 2017), as análises foram conduzidas através da realização de três divisões para vértices: aqueles conectando-se a arestas que demonstram grande alteração na Anisotropia Fracionada, os que se ligam a arestas de pequena mudança na AF e vértices fixados a ambas categorias. No conjunto de dados do BrainTime, foi notada uma discrepância significativa entre o primeiro e o segundo

grupo, além de também ser notada uma quantidade considerável de vértices nos lobos parietal e frontal, ao passo que pequenas modificações foram percebidas para um número relativamente grande de vértices no lobo occipital. Enquanto isso, o conjunto de dados PLING não transpareceu diferenças tão significativas (WIERENGA et al., 2017).

Com relação às propriedades topológicas do conectoma, o primeiro grupo demonstrou que seus vértices possuíam maior força média e caminhos mais curtos para o conjunto de dados do BrainTime, apesar do PLING não seguir o mesmo efeito (WIERENGA et al., 2017). Também foi testado se grandes e pequenas mudanças na Anisotropia Fracionada se relacionam com alterações de desenvolvimento na organização topológica da rede, porém as métricas não foram afetadas de forma evidente entre os grupos de vértices.

Posteriormente, seguindo o *layout* anatômico, foram analisadas as arestas nas redes funcionais, com o sistema límbico expondo pequenas alterações, ao passo que as regiões visuais mostraram predominantemente grandes mudanças na Anisotropia Fracionada (WIERENGA et al., 2017). Outrossim, algumas áreas nos sistemas somato-motor e sensorial e rede de modo padrão[5] (córtex parietal inferior, córtex temporal médio, córtex cingulado, pré-cúneo e córtex frontal superior) manifestaram uma maior parcela de arestas com alteração mais destacada em comparação a outros com a menor mudança na AF, padrão mais evidenciado no conjunto de dados do BrainTime. Este mesmo demonstrou um número semelhante para ambos os tipos de arestas quando considerado o sistema visual, enquanto, para PLING, a quantidade de arestas com pequenas mudanças se acentuou, ainda que levemente. Todas essas ressalvas podem ser avistadas na Figura 17, na qual são esboçadas as porcentagens de arestas com grandes - em vermelho - e pequenas - em azul - mudanças na Anisotropia Fracionada, quando conectadas às sub-redes límbicas corticais, somatomotoras, de modo padrão (DMN) e visual, da esquerda para a direita.

4.1.2.4 Justificativas biológicas para alterações estruturais

Quanto aos resultados referentes à biologia que se vinculam a todas essas mudanças, confirmou-se a previsão inicial do estudo (WIERENGA et al., 2017). Arestas mais longas expuseram maiores alterações no crescimento da Anisotropia Fracionada, enquanto as mais curtas manifestaram menores alterações, desfecho semelhante em ambos os conjuntos de dados. Tais soluções demonstram o fortalecimento da conectividade de longo alcance.

O estudo (WIERENGA et al., 2017) conseguiu analisar a presença de um padrão regional seletivo específico do desenvolvimento da rede, visto que as arestas que exibiram alterações significativas ao longo da idade possuem disparidade daqueles que apresentaram pouca mudança tanto no *layout* anatômico quanto na topologia (WIERENGA et al., 2017).

[5] *Default Mode Network* (DMN), em português, Rede de Modo Padrão, pode ser definida por uma rede neural que apresenta comportamento ativo quando a mente está em estado de repouso, não envolvida em uma tarefa específica (BRADFORD, 2024).

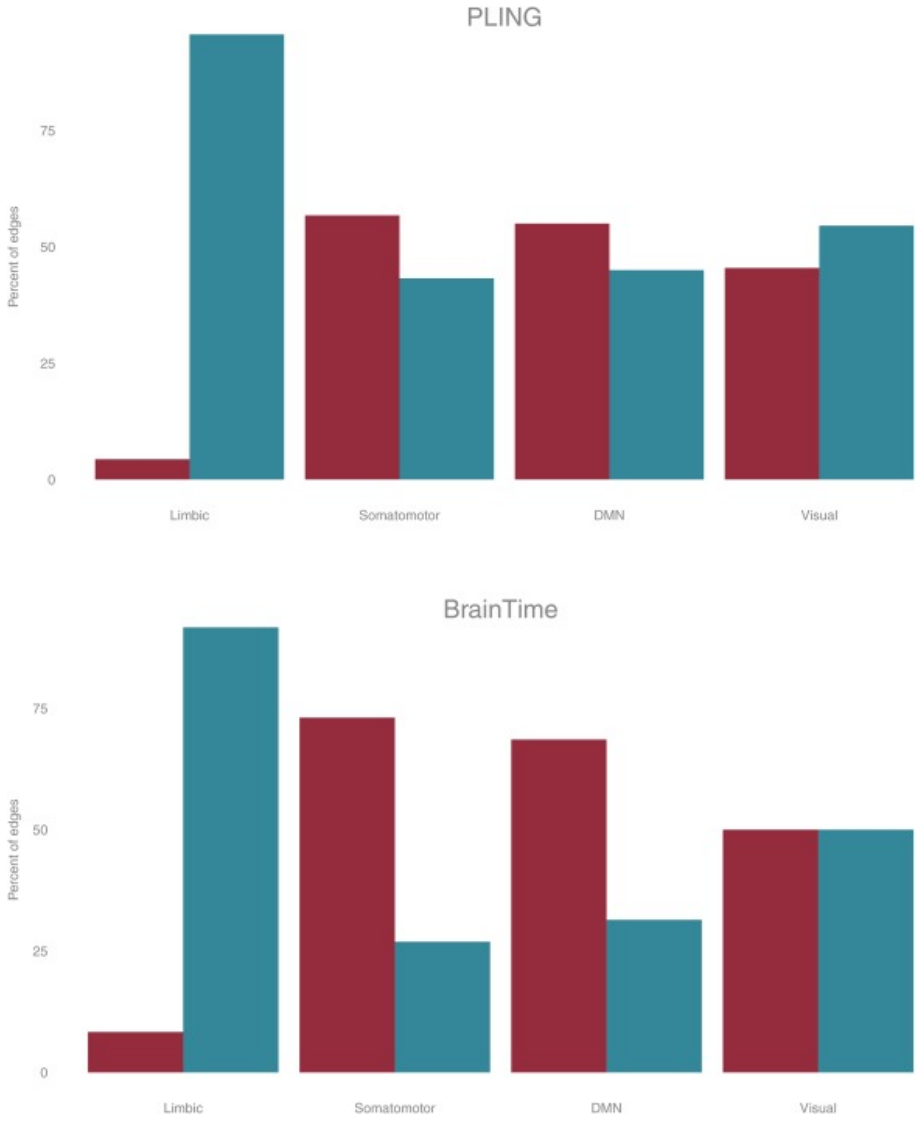


Figura 17 – Porcentagem de arestas de acordo com as sub-redes de cada conjunto de dados.

Fonte: (WIERENGA et al., 2017).

Copyright: 1999-2024 John Wiley & Sons, Inc e suas afiliadas.

Juntamente com a confirmação do exposto sobre a relação do tamanho de fibras com supostas alterações na Anisotropia Fracionada citadas no parágrafo anterior, essas descobertas sugerem a ideia de evoluções na malha cerebral pelo decorrer das faixas etárias.

Tais arestas que apresentaram grandes aumentos nos valores de AF se localizavam, em sua maioria, nos lobos frontal e parietal, em contraponto à rede límbica cortical, possuindo predominantemente arestas de pequenas mudanças. Outrossim, pelo estudo (WIERENGA et al., 2017), é possível visualizar uma considerável quantidade dessas primeiras sendo detentoras de uma alta conectividade, interligando regiões periféricas.

Ainda seguindo as referências utilizadas pelos autores (WIERENGA et al., 2017), mudanças de evolução na conectividade entre essas áreas também podem ser refletidas em alterações cognitivas durante esse período etário, como modificações nos processos de

atenção e memória de trabalho, pois essas características dependem da integração eficiente de informações de múltiplas regiões (WIERENGA et al., 2017). Sendo assim, mesmo de maneira teórica, os autores ainda consideram válido levantar a ideia do desenvolvimento infantil como um período caracterizado por mudanças na capacidade de integrar informações complexas, uma vez que as regiões do conectoma chamadas de "clube dos ricos" - *rich clubs*[6] - são conhecidas por processar informações provenientes de múltiplas modalidades funcionais.

Apesar disso, é importante ressaltar que tais conexões seguem um padrão heterogêneo de transformações , contrastando com descobertas propositoras de um modelo global de desenvolvimento. Diante das limitações do artigo (WIERENGA et al., 2017), principalmente com relação ao processamento e alcance das imagens, os autores entendem como interessante a criação de pesquisas futuras com o intuito de investigar as condições biológicas que estão relacionadas e que podem afetar a oscilação relacionada à idade na Anisotropia Fracionada, sejam físicas ou ambientais. Para mais, também é levantada a pendência dos próximos estudos a elucidação de que forma o desenvolvimento da conectividade da substância branca se correlaciona com os avanços do desenvolvimento no controle cognitivo.

4.1.3 *A transdiagnostic data-driven study of children's behaviour and the functional connectome*

Crianças que passam por dificuldades no período escolar têm se tornado cada vez mais comuns na atual sociedade (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), certas vezes sendo detectadas sob alguma, ou até mais de uma, condição de neurodesenvolvimento. Por mais aprofundados que sejam os estudos psicológicos, além da gama de sintomas peculiares associados à determinada situação, ainda assim existem reações plurais à cada indivíduo. Desta forma, mesmo em diagnósticos aproximados, podem-se visualizar condutas extremamente diferentes. Salvo ainda a extensa quantidade de casos sem exames direcionados, os quais a disfunção específica não pôde ser identificada.

4.1.3.1 Organização funcional do cérebro e dificuldades comportamentais

As Funções Executivas (FE) são admitidas como uma decorrência de processos que habilitam um indivíduo a operar comportamentos de forma voluntária (MOURÃO; MELO, 2011). Alguns estudos dividem o termo em duas partições, FE "quentes" abrangendo regulações de agentes emocionais e interpessoais, como também arbítrios de comportamentos sociais; e "frias", mais fundamentados no uso da lógica e dispensando a necessidade do estímulo emocional (NÚÑEZ CARVALHO et al., 2012), sendo o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) como exemplo do primeiro modo e transtorno de conduta,

[6] O chamado "clube dos ricos" se refere a áreas fortemente interconectadas do cérebro, (GRIFFA; VAN DEN HEUVEL, 2018, p. 1) "Uma propriedade interessante das redes neurais é que elementos ricos em conexões são centrais para a organização da rede e tendem a se interconectar fortemente entre si, formando os chamados clubes ricos.".

do segundo. Conquanto utilizam-se deles para indicar condições diferentes, quadros da presença de ambos em um único paciente são bastante corriqueiros na verdade.

Sendo assim, (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021) traz como principal objetivo a investigação da relação entre dificuldades comportamentais e a organização funcional do cérebro de um ser humano. A princípio, visa-se identificar a possibilidade de que alguns perfis distintos consigam elucidar razoavelmente a diversidade de comportamento, utilizando para pesquisa uma amostra heterogênea de 957 alunos, alocados em uma escala de idades entre 5 e 15 anos, dos quais 799 foram reconhecidos com dificuldades escolares, enquanto o restante (158) não indica nenhuma adversidade característica.

Espelhando o cérebro para uma rede funcional de mundo pequeno, o esperado inicial seria desvendar quaisquer relações entre essa organização neural com os diagnósticos relatados dos estudantes. Apesar das referências utilizadas pelos autores (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021) para o método de estudo da estrutura do conectoma global, ainda não foram obtidos resultados claros de que as diferenças nas métricas de teoria dos grafos se associavam a tais variedades na disposição da conectividade funcional.

(JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021) aponta para descobertas impressionantes, as quais sinalizam para vestígios de que a baixa conectividade entre a rede de modo padrão e a rede cíngulo-opercular está associada a indivíduos portadores de uma função executiva aprimorada, além de melhor controle da desatenção, hiperatividade e impulsividade. Os perfis comportamentais foram buscados do questionário de relatório de pais Conners 3, recurso amplamente utilizada no contexto de casos clínicos psicológicos.

4.1.3.2 Metodologia para obtenção e análise de conectomas funcionais

Para estabelecer os perfis comportamentais mais relevantes para a análise (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), captou-se uma amostra de 442 alunos com dificuldades de aprendizado da CALM (*Centre for Attention Learning and Memory*) para a execução de uma técnica de detecção de comunidade, consistindo na identificação de grupos dentro de um grafo. A aplicação dessa metodologia é necessária, visto que, apesar dos vértices estarem conectados no decorrer da rede, podem existir locais onde há uma conectividade maior entre pontos, originando uma estrutura altamente modular preceptora de tais comunidades.

Sendo assim, inicia-se com o cálculo da correlação de Pearson entre as seis escalas do questionário *Conners 3* para cada par de criança, foi esboçada uma rede comportamental da amostra de alunos com complicações (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021). Logo após, recorreram ao algoritmo da comunidade de Louvain, atribuindo aos vértices um grupo individual e em seguida separando iterativamente o grafo em comunidades para maximizar a qualidade da modularidade. Realizadas 100 iterações da detecção, determinou-se uma partição consenso na qual o grau de separação entre os perfis de comportamento foi medido pela modularidade. Desta forma, o procedimento (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021)

apontou para três perfis distintos de comportamento definidos pelas dificuldades principais: função executiva quente, função executiva fria, citadas anteriormente, e aprendizagem.

O processo (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021) de obtenção de conectomas funcionais se iniciou após a aquisição e processamento das imagens do cérebro de 238 crianças, das quais 175 foram apontadas com dificuldades e as 63 restantes foram captadas para comparação. Utilizou-se novamente da correlação de Pearson para adquirir séries temporais regionais dentro de cada indivíduo, gerando matrizes de conectividade de dimensão 464×464, como também efetuada uma análise de outlier para a conectividade funcional, onde os casos que estivessem a três desvios-padrão da média seriam removidos. Adotando oito ICN's (*Intrinsic Connectivity Networks*) pré-definidas (visual, somatomotor, atenção dorsal, atenção ventral, fronto-parietal, modo padrão, límbico e subcortical), calculou-se a conetividade funcional média dentro e entre elas.

4.1.3.3 Comparação dos perfis comportamentais

Dados os três perfis comportamentais escolhidos e os conectomas funcionais encontrados (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), suas associações entre si foram testadas em grau de conectoma global, ICN e regiões. No primeiro caso, propriedades gráficas globais foram comparadas entre os perfis comportamentais por meio da técnica de ANCOVA's (Análise de Covariância), cálculo estatístico que quantifica a relação entre uma variável dependente - aquela a ser prevista - e uma variável independente - influenciadora da variável dependente - ao passo que ajusta também efeitos de outras variáveis de segundo plano na análise, propiciando uma melhor administração do erro experimental (ANJOS, 2024). Levando em conta a utilização destas covariáveis - idade, sexo, movimento e conectividade funcional média, por exemplo - encontrou-se efeitos consideráveis quando em comparações entre os três perfis comportamentais e a amostra do estudo.

Para o segundo teste (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), criaram-se variáveis *dummy*, utilizadas para simbolizar um comportamento binário (PATIAS et al., 2019), representando categorias dos três grupos comportamentais. Enquanto isso, com relação às variáveis referentes às oito ICN's, calculava-se a média dos pesos das arestas dentro de cada uma delas, assim como também entre seus pares.

Buscando analisar os elementos das ICN's que possuem maior influência na justificativa na participação do grupo através dos perfis comportamentais e amostra de comparação, utilizou-se da regressão de mínimos quadrados parciais (PLS) (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), enquanto controla idade, sexo, movimento e conectividade funcional média. Por último, a mesma técnica foi realizada novamente, porém com a resistência do vértice, com o objetivo de entender, dessa vez, a influência das regiões cerebrais nos perfis comportamentais.

Em suma, não houveram indícios de quaisquer testes realizados com os grupos

que mostrassem uma diferença significativa na organização cerebral global (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021). Apesar disso, padrões multivariados da conectividade entre ICN's, vértices e regiões centrais (hubs) conseguiram prever significativamente os grupos comportamentais de dados de validação, aqueles retidos fora do treinamento para posterior legitimização do modelo. Em adição, foi possível diferenciar crianças com dificuldades mais salientadas nas funções executivas quentes e frias, baseando-se na conectividade em ICNs associados a controle cognitivo, processamento de emoções e cognição social. Assim mesmo, quando a conectividade de hubs fronto-parietais foi estudada, ocorreu uma discrepância entre os dados de teste e as amostras de comparação.

4.2 Possibilidade de representação da estrutura cognitiva de uma criança por meio de um grafo

O primeiro artigo deste Capítulo, em português "Impressão digital do conectoma funcional: identificando indivíduos usando padrões de conectividade cerebral", busca a identificação de indivíduos através de seus padrões de conectividade cerebral. Como resultado, foi encontrada também, além da confirmação da possibilidade de distinção, as redes com maiores influências neste processo: frontal medial e frontoparietal (FINN et al., 2015). Estas duas envolvem os lobos frontal, parietal e temporal, que tem possuído destaque não apenas neste estudo, mas construindo referências desde o Capítulo 2 e suscetibilizado pelo Capítulo 3, principalmente nas inferências sobre o documento "*Connecting the brain of the child from synapses to screen-based activity*" (LAGERCRANTZ, 2016).

A partir de confirmações da oportunidade de distinção de indivíduos por meio de seus mapeamentos neurais, o segundo artigo deste Capítulo, "Um estudo multiamostral de mudanças longitudinais na arquitetura da rede cerebral em crianças de 4 a 13 anos" (WIERENGA et al., 2017), procura características de alterações no conectoma durante o desenvolvimento de jovens. Respondendo parcialmente à indagação título deste escopo, não foram encontradas mudanças na estrutura cerebral durante o crescimento. Apesar disso, observou-se que a média de Anisotropia Fracionada se ampliou de maneira proporcional à idade (WIERENGA et al., 2017), indicando uma maior organização no fluxo de água nas vias neurais no decorrer dos anos. As arestas que demonstraram grandes mudanças pertenciam aos sistemas somatomotor e sensorial e redes de modo padrão (WIERENGA et al., 2017), responsabilidades dos lobos frontal, parietal e insular.

Além disso, as maiores alterações na Anisotropia Fracionada foram representadas por arestas mais longas, demonstrando o fortalecimento da conectividade de longo alcance (WIERENGA et al., 2017). Tal resultado corrobora com a teoria de um órgão cerebral intensamente interligado, com ativações de diversas áreas em conjunto para diferentes ações e cuja utilização é, até agora, desconhecida e ilimitada.

Os autores ainda destacam que alterações evolutivas na conectividade entre áreas do cérebro durante esse período etário - de 4 aos 13 anos - pode influenciar em modificações cognitivas e comportamentais. Coincidente a tal fato, o terceiro e último artigo, “Um estudo transdiagnóstico baseado em dados sobre o comportamento infantil e o conectoma funcional” (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), traz como principal questionamento a possibilidade da existência de um padrão organizacional do órgão associado a dificuldades comportamentais em crianças, implementado para buscar a completude da pergunta “É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?”.

Apesar da oportunidade de uma descoberta única para a comunidade científica, o estudo (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021) não levantou confirmações de uma organização funcional cerebral indicativa para distúrbios comportamentais específicos. Contudo, de acordo com a conectividade de ICN’s específicas - associados a controles cognitivos, processamento e emoções e cognição social -, conseguiu-se diferenciar conectomas de crianças com dificuldades mais evidenciadas nas funções executivas quentes e frias (JONES; THE CALM TEAM; ASTLE, 2021), o que demonstra um avanço da neurociência no mapeamento do cérebro e apoio em tratamentos neurológicos.

5 Discussão

5.1 Identificações nos artigos expostos

A divisão do cérebro em dois lados com seis lobos corticais - frontal, parietal, temporal, occipital, ínsula e límbico - fornece uma visão primária e superficial de responsabilidades bem divididas trabalhando separadamente. Ainda é comum o reforço dessa ideia ao se deparar com as especificidades das funções, que vão desde mobilidade corporal, consciência espacial, visão, audição, percepção sensorial até atenção, controle emocional, memória e mais uma diversidade de execuções (HUANG, 2021).

O conectoma é a rede de fibras nervosas que integra essas várias áreas corticais, podendo ser definido como um mapa detalhado de conexões neurais no cérebro. Esse modelo de representação do intelecto apresenta forte relevância uma vez que decorre da concepção de que a estrutura e a funcionalidade do cérebro humano estão profundamente conectadas (WIKIPÉDIA, 2022). Sendo assim, relacionar a "forma"do cérebro com, por exemplo, padrões comportamentais revela a complexidade de análises nesse contexto.

Com as áreas sensoriais primárias, o córtex motor e as áreas de associação, esse conceito de singularidade começa a se dissipar. Visto que localizam-se espalhados pelo órgão, eles atuam nos diferentes compartimentos, podendo receber estímulos de diversos setores e auxiliar no processamento de informações tanto sensoriais quanto motoras. Desta forma, execução de quaisquer atividades cotidianas regularmente demanda o trabalho de mais de um campo cerebral (HUANG, 2021).

Cada sinapse realizada entre esses grupos de neurônios corticais coadjuva para a formação do conectoma de um indivíduo. Elas se originam através de estímulos internos e externos advindos de atuações diárias (MONTANARI, 2016), transmitindo as informações, mesmo que de forma involuntária, desde muito cedo do curso de um ser vivo (LAGERCRANTZ, 2021). Posto isto, a compreensão da originalidade de cada conectoma humano se facilita, visto que ele é construído por incontáveis interações durante a vida de uma única pessoa. Sendo a estrutura cerebral dependente de uma infinidade de variáveis, o controle ou previsão completos dela beira o impossível.

Apesar disso, algumas singularidades podem ser observadas de forma a guiar as compreensões. Como levantado nos estudos descritos nos Capítulos 2, 3 e 4, os lobos frontais, parietais e temporais, além do cortéx motor primário, são destaques no carregamento de informações importantes acerca dos padrões e predisposições ocorridas durante o crescimento de um indivíduo. Eles englobam não apenas movimentos corporais voluntários, mas atividades ligadas à atenção, tipos de memória, controle emocional e social, expressões de

linguagens, percepções sensoriais e domínio de cálculo e escrita, atribuições presentes a serem desenvolvidas principalmente dentro do período etário estudado.

Pelo artigo (WIERENGA et al., 2017), do Capítulo 4, pode-se observar outro comportamento interessante ligado ao aumento da média de Anisotropia Fracionada no decorrer das idades. Apesar da estrutura dos conectomas não se modificar organizacionalmente com o amadurecimento do indivíduo, ela se incorpora. A nível grafal, as arestas não se locomovem, mas aumentam seu peso, ou seja, sua força de conexão, um dos parâmetros mais influentes na identificação conectômica.

Especificidades como essa justificam a dificuldade de se responder à terceira pergunta: "É possível a representação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento por meio de um grafo?". Pois, por mais que o conectoma não sofra alterações estruturais bruscas no período de 4 aos 13 anos de idade, existe uma diversidade de fatores - ambientais, sociais, cognitivos, por exemplo - que influenciam no processo. Além disso, a cognição ligada ao desenvolvimento é caracterizada por sua fluidez, enquanto a visualização por grafos é uma arquitetura estática que pode possuir uma dinamicidade. Desta forma, torna-se possível sim destacar padrões de desenvolvimento cognitivo humano, mas não definir arquiteturas fixas a serem seguidas e passadas fase a fase.

5.2 Oportunidades de pesquisa

Um ponto a ser ressaltado, considerando principalmente os dados expostos no Capítulo 3, seria a demanda de pesquisas mais específicas voltadas para o público adolescente. Justamente por se tratar de uma fase composta por mudanças físicas, psicológicas e sociais, as definições destes contextos separados ou até mesmo de suas influências entre si até o momento é nebulosa. Unidos à utilização de tecnologias digitais, já sendo concretizados os indícios dos malefícios de tal excesso no contato com estas ferramentas, estudos aprofundados correlatando à cognição ainda são necessários.

Analisando o contexto geral, o uso de TIC's por crianças está frequentemente ligado, em maioria, a visualização de desenhos ou animações em conjunto com a sonorização (LAGERCRANTZ, 2016), um contato voltado para o *hardware*. Enquanto isso, ao final da infância e início da adolescência, o jovem geralmente inicia um processo de transição para uma utilização mais ligada à *internet*, acesso às mídias digitais, aplicativos de interação e informações de quaisquer contextos (HUTTON et al., 2024).

Estreia-se então um contato com novas malhas sociais, dessa vez de forma digital, além da suscetibilidade às regras e contratos estabelecidos para o uso de todos esses fatores como mencionado no Capítulo 1, expondo o indivíduo à vulnerabilidade de seus dados, muitas vezes de forma inconsciente. Nessa disponibilidade se encontram os perigos de uma convivência não supervisionada com mundos diferentes, mas também abre um leque

de oportunidades de conhecimento, principalmente para aqueles com recursos limitados habitando em um país de extensão tão grande quanto o Brasil.

5.3 Trabalho pedagógico

Por mais que sejam apontadas diversas limitações à utilização das tecnologias digitais e da rede de informação aberta, elas ainda possuem elevado grau de importância no desenvolvimento intelectual. Como indicado no Capítulo 3, quando utilizadas de maneira correta, essas ferramentas podem prestar grande auxílio no ensino pedagógico educacional, alavancando o aprendizado e originando maneiras facilitadas de transferência de informação.

Cabe ao professores então, ter compreensão dos principais impactos no cognitivo da criança e do adolescente. Esse domínio é alcançado por meio de uma capacitação pedagógica que pode ser realizada a partir da etapa de graduação. A Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, por exemplo, já oferece as matérias “Educação, Tecnologia e Comunicação” e “Ensino de Ciência e Tecnologia” de maneira obrigatória para os alunos do curso de Pedagogia. Correlatas aos processos de comunicação e tecnologias digitais, estas disciplinas levantam, possibilidades e desafios deste tema, além de práticas educativas na formação de professores. Ademais, torna-se importante também evidenciar em matérias conjuntas a maneira como o intelecto do indivíduo é afetado pelo uso de aparelhos digitais desde cedo, trazendo avaliações físicas e neurocognitivas.

A capacitação de professores não está vinculada à aprender Computação, mas a intermediar os contatos que o jovem tem com o meio tecnológico e virtual. Sendo estes profissionais a segunda figura adulta a passar mais tempo com a criança, eles se tornam uma das principais influências dentro de seu convívio, logo após seus responsáveis. Desta forma, compreendendo-se a importância de sua interferência, um dos desafios do pedagogo atual engloba também a forma de introdução dos digitais aos seus alunos.

Por conseguinte, cabe ao pedagogo e aos responsáveis se atentar aos cuidados a serem tomados. É essencial entender que as ferramentas digitais são meios de incrementar métodos de ensino, e não de substituí-los. Para mais, manter-se atualizado às decobertas recentes das comunidades pesquisadoras tanto do âmbito pedagógico quanto do tecnológico torna-se de suma importância, favorecendo assim a trajetória da evolução infantil. O intermédio deste contato com as crianças poderá trazer não só um desenvolvimento saúdavel, mas também uma base de informações mais consolidadas para pesquisas futuras.

6 Conclusões

Com base nas ideias discutidas neste trabalho, tem-se como discussão início que a incorporação de tecnologias no processo de aprendizagem infantil tem se mostrado uma ferramenta poderosa e multifacetada, capaz de enriquecer a educação de maneiras antes inimagináveis. Essa ideia foi recebida com mais intensidade principalmente após à realidade apresentada pela pandemia da COVID-19: a realidade educacional e do próprio contexto social em que a criança está inserida mudou drasticamente no que tange ao uso dessas tecnologias digitais no seu cotidiano. Desde aplicativos educacionais interativos até plataformas de ensino à distância, esse contexto tem transformado a forma com que essas crianças assimilam conhecimento, oferecendo experiências de aprendizagem que, por mais que aparentem ter apenas benefícios, a discussão desse trabalho nos leva a refletir sobre os riscos desse novo universo e da importância do seu uso com parcimônia.

A transformação cognitiva das crianças em um mundo digital é um fenômeno complexo e multifacetado e é inegável que requer uma análise detalhada e bem discutida sobre as interações entre tecnologia e desenvolvimento intelectual dessas crianças. Com base nisso, é possível trazer uma conclusão introdutória de que a incorporação de ferramentas digitais no cotidiano infantil pode trazer tanto grandes oportunidades quanto desafios: por um lado, o uso de tecnologias pode melhorar habilidades verbais, escritas, proporcionando um vocabulário mais amplo e uma melhor capacidade de composição de frases. Entretanto, não se pode ignorar a possibilidade de problemas de atenção e atrasos no desenvolvimento da linguagem, especialmente em crianças menores de dois anos, sem omitir o público que já possui em seu contexto psicossocial diversas e múltiplas deficiências de aprendizagem.

Com cerca de 86 bilhões de neurônios interconectados, a estrutura cognitiva humana é sim uma vasta rede complexa e necessitada de muitos estudos para alcançar a totalidade do entendimento sobre seu funcionamento. Para essa rede, dá-se o nome de conectoma. Cada neurônio se comunica com outro por meio de sinapses, transmitindo impulsos elétricos ou químicos, que se tornam únicas para cada indivíduo e são influenciadas por fatores genéticos e ambientais. A neurociência computacional, ao utilizar modelos matemáticos e tecnologias avançadas, permite a visualização dessas redes e a compreensão de como elas se desenvolvem e mudam ao longo do tempo. O estudo dos conectomas revela-se de suma importância para a abordagem da plasticidade cerebral e como as experiências, incluindo o uso de tecnologias digitais, podem moldar as nossas redes neurais.

Assim como foi debatido, é de consenso geral que os desenvolvimentos mentais humanos, independente da fase etária, não ocorrem de forma uniforme: para esse debate ser produtivo futuramente, é necessário levar, de forma basilar, em consideração que cada

indivíduo possui sua formação própria e será responsável por seus pensamentos, ideais e propósitos. Cabe a nós entender como a tecnologia, algo tão intrinsecamente conectado à vida humana no século atual, pode impactar, tanto positivamente quanto negativamente, e como podemos remediar os danos e transformar essa conexão em algo produtivo. Dentro desse aspecto, foi possível desenvolver o debate a partir da representação das estruturas cognitivas por meio de grafos e se realmente com ela seria possível a reapresentação da estrutura cognitiva de uma criança em desenvolvimento.

Essa reapresentação permite uma visualização mais detalhada das interconexões neuronais e suas influências no comportamento e aprendizagem das crianças. Os conectomas, que são esses mapeamentos das conexões neurais no cérebro, fornecem *insights* valiosos sobre como os diferentes estímulos externos, especificamente nesse caso com o uso de tecnologias digitais, podem moldar essas conexões. E, ao utilizar grafos para modelar as redes cognitivas das crianças, podemos identificar padrões de conectividade que são exclusivos para cada indivíduo. Esses padrões podem ser usados para prever comportamentos e identificar mudanças cognitivas ao longo do tempo. A aplicação de métodos como a matriz de adjacência e a análise de correlação de Pearson permite uma compreensão mais profunda de como a mobilidade e os hábitos cotidianos influenciam a conectividade funcional do cérebro. Por mais que esses estudos possam parecer promissores, é importante reiterar que existem limitações nesse tipo de experimento justamente por possuir muitas variáveis que, vistos da perspectiva metodológica, poderiam causar uma variação nos resultados. Com base nos estudos apresentados, mesmo que promissores, ainda não há indícios concretos que esse mapeamento possa realmente prever, de maneira significativa, uma conclusão sólida sobre o assunto.

Considerando tudo que foi apresentado, o trabalho abre espaço para uma discussão de extrema relevância: como fazer com que essas tecnologias realmente tenham o impacto positivo no desenvolvimento dessas crianças? A resposta dessa pergunta precisa ser discutida levando em consideração um dos ambientes essenciais para esse processo: a escola.

A inserção de tecnologias nas escolas deve ser cuidadosamente planejada e mediada por educadores qualificados. A formação contínua desses professores é essencial, visto que existe uma grande defasagem nesse aspecto como foi citado na Contextualização deste trabalho. Esse desenvolvimento continuado se faz importante para que esses educadores possam integrar as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) de maneira eficaz e pedagógica no currículo escolar. A tecnologia, quando usada adequadamente, pode enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, oferecendo novas formas de interação e acesso à informação. Vale salientar que essa formação deve ser pensada de uma forma que não sobrecarregue esses profissionais e que seja desenvolvida com devidos ajustes aplicados a cada contexto específico dentro das necessidades educacionais brasileiras.

É estritamente necessário o entendimento de que os educadores desempenham um

papel fundamental na mediação do uso da tecnologia, garantindo que esta seja utilizada de forma a complementar e não substituir as metodologias tradicionais de ensino. Dessa forma, a tecnologia deve ser vista como uma ferramenta potencializadora da aprendizagem, desde que seja feita com a supervisão adequada e orientação do professor, justamente para evitar o uso excessivo e inadequado, já que pode levar a criança a ter problemas de ansiedade, depressão e isolamento social, como apontamos nos capítulos anteriores desse trabalho. Dentro desse contexto, os debates futuros podem - e devem - se concentrar em encontrar um equilíbrio entre o uso de tecnologias digitais e as práticas educativas tradicionais. O contexto atual necessita desse entendimento porque está bastante claro que o universo educacional é outro e que as ferramentas tradicionais já se tornam insuficientes para suportar tantas mudanças. Por isso, é necessário desenvolver políticas públicas que regulamentem o uso da tecnologia nas escolas e promovam a formação contínua dos professores, além de garantir que todas as crianças, independente de sua condição sócio-econômica, tenham acesso equitativo às ferramentas digitais e à educação de qualidade. Além disso, é importante incluir os pais e a comunidade escolar nesse processo para que tudo seja alinhado da melhor forma possível.

Como conclusão final, faz-se necessário estudos contínuos para monitorar os efeitos a longo prazo da exposição de crianças a tecnologias desde a infância e para desenvolver estratégias pedagógicas que maximizem os benefícios e minimizem os riscos associados ao uso exacerbado de tecnologias digitais na educação. A utilização de grafos e conectomas continuará a ser uma ferramenta poderosa para entender as complexas interações entre tecnologia e desenvolvimento cognitivo, ajudando a criar ambientes de aprendizagem que são tanto inovadores quanto saudáveis para essas crianças

Referências

ALTMANN, H. Influências do Banco Mundial no projeto educacional brasileiro. pt. **SciELO - Scientific Electronic Library Online**, v. 28, n. 1, p. 77–89, jun. 2002. DOI: 10.1590/S1517-97022002000100005. Acesso em: 12 mar. 2024. Citado na p. 15.

ANJOS, A. **Análise de covariância (ANCOVA) - Planejamento de Experimentos II**. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~aanjos/CE213/ancova.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2024. Citado na p. 72.

ARCURI, S.; MCGUIRE, P. Ressonância magnética funcional e sua contribuição para o estudo da cognição em esquizofrenia. PT-BR. **SciELO - Scientific Electronic Library Online**, v. 23, n. 1, p. 38–41, mai. 2001. DOI: 10.1590/S1516-44462001000500012. Citado na p. 37.

ASCOM REITORIA, I. **Reitoria entrega aos campi 250 computadores e celulares doados pelo MEC e Receita Federal.** Jan. 2022. Disponível em: <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/ultimas-noticias/4037-doacao-de-computadores-e-celulares>. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 20.

AUGUSTO, A. S. **MEC Homologa parecer que aprova as normas sobre Computação na Educação Básica**. Out. 2022. Disponível em: <https://www.iffarroupilha.edu.br/component/k2/item/28335-%20MEC%20Homologa%20parecer%20que%20aprova%20as%20normas%20sobre%20Computa%C3%A7%C3%A3o%20na%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20B%C3%A1sica>. Citado na p. 17.

AZEVEDO, T.; SOUSA, G.; CARVALHO, R. A inclusão de tecnologia no processo de ensino aprendizagem. pt-BR. **Revista ft**, v. 28, n. 134, jul. 2024. ISSN 1678-0817. DOI: 10.5281/zenodo.11129879. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 19.

BASSETT, D. S.; BULLMORE, E. Small-World Brain Networks. en. v. 12, n. 6, p. 512–523, 2006. DOI: 10.1177/1073858406293182. Acesso em: 8 abr. 2024. Citado na p. 52.

BAVARESCO, A. A atividade física voluntária e seus efeitos sobre a neurogênese hipocampal em roedores adultos – Uma revisão de literatura. pt. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 21, n. 1, p. 14–28, jan. 2016. Number: 1. ISSN 2317-1634. DOI: 10.12820/rbafs.v.21n1p14-28. Acesso em: 9 abr. 2024. Citado na p. 53.

BECKER, B. **Infância, Tecnologia e Ludicidade: a visão das crianças sobre as apropriações criativas das tecnologias digitais e o estabelecimento de uma cultura lúdica contemporânea.** Jun. 2017. Doutorado – Universidade Federal da Bahia, Salvador - Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/23851/1/BIANCA%20BECKER%20-%20TESE%20VRS%20FINAL%20(REPOSIT%C3%93RIO).pdf>. Acesso em: 9 set. 2024. Citado na p. 19.

BILKER, W. B.; HANSEN, J. A.; BRENSINGER, C. M.; RICHARD, J.; GUR, R. E.; GUR, R. C. Development of Abbreviated Nine-Item Forms of the Raven's Standard Progressive Matrices Test. en. **Assessment**, v. 19, n. 3, p. 354–369, set. 2012. Publisher: SAGE Publications Inc. ISSN 1073-1911. DOI: 10.1177/1073191112446655. Acesso em: 7 set. 2024. Citado na p. 63.

BNCC. **Computação - Complemento à BNCC**. BNCC, 2022. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images//historico/anexo_parecer_cneceb_n_2_2022_bncc_computacao.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024. Citado nas pp. 17, 18.

BRADFORD, N. **O que seu cérebro faz quando você não está fazendo nada**. PT-BR. Fev. 2024. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/ciencia/o-que-seu-cerebro-faz-quando-voce-nao-esta-fazendo-nada/>. Citado na p. 68.

BRASIL. **LEI Nº 12.796, DE 4 DE ABRIL DE 2013.;** abr. 2013. Place: Brasília, DF Publisher: Brasil. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/52769566/dou-secao-1-05-04-2013-pg-1>. Acesso em: 21 nov. 2023. Citado na p. 47.

BRASIL. **LEI Nº 8.069, DE 16 DE JULHO DE 1990.** Jul. 1990. Place: Brasília, DF Publisher: Brasil. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm>. Acesso em: 21 nov. 2023. Citado na p. 49.

BRASIL. **RESOLUÇÃO Nº 1, DE 4 DE OUTUBRO DE 2022.** pt-br. v. 191. Out. 2022. 1°, p. 33. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-1-de-4-de-outubro-de-2022-434325065>. Acesso em: 6 set. 2024. Citado na p. 17.

BRAZILIENSE, C. **Estudo aponta uma maior precisão na hora de detectar o Alzheimer**. pt-BR. Nov. 2018. Section: Ciência e Saúde. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2018/11/21/interna_ciencia_saude,720560/estudo-aponta-uma-maior-precisao-na-hora-de-detectar-o-alzheimer.shtml>. Acesso em: 2 ago. 2024. Citado na p. 65.

CARDOSO, C. A.; FERREIRA, V. A.; BARBOSA, F. C. G. (Des)igualdade de acesso à educação em tempos de pandemia: uma análise do acesso às tecnologias e das alternativas de ensino remoto. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, v. 7, n. 3, p. 38–46, ago. 2020. ISSN 2359-2494. Disponível em: <https://www.academia.edu/91009130/_Des_igualdade_de_acesso_a_educa%C3%A7%C3%A3o_em_tempos_de_pandemia>. Citado na p. 21.

CELESTRINI, L.; SOUZA, A.; GRIGORIO, N.; RODRIGUES, J. **Teoria de Ausubel: Cognoscitiva ou Cognitiva**. Disponível em: <https://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/pedagogia/teoria-ausubel-cognoscitiva-ou-cognitiva-1.htm>. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 25.

CHARTRAND, G.; ZHANG, P. **A First Course in Graph Theory**. Courier Corporation, jan. 2012. Google-Books-ID: ocIr0RHyI8oC. ISBN 978-0-486-48368-9. Citado na p. 33.

CLINIC, C. **Brain: How It Works, Function, Parts & Conditions**. en. Mar. 2022. Disponível em: <https://my.clevelandclinic.org/health/body/22638-brain>. Acesso em: 7 set. 2024. Citado na p. 30.

CLINIC, C. **What Is Your Brainstem?** en. Dez. 2024a. Disponível em: <https://my.clevelandclinic.org/health/body/21598-brainstem>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 30.

CLINIC, C. **What's the Function of the Corpus Callosum?** pt. Ago. 2024b. Disponível em: <https://my.clevelandclinic.org/health/body/corpus-callosum>. Acesso em: 11 set. 2024. Citado nas pp. 30, 31.

CONCEITO.DE, E. e. d. **Rede - O que é, conceito e definição**. pt-PT. Mar. 2020. Disponível em: <https://conceito.de/rede>. Acesso em: 12 mar. 2024. Citado na p. 24.

COUTO, J. **Análise da dinâmica da rede cerebral por meio da teoria dos grafos**. Jan. 2015. Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/6151/2/470809%20-%20Texto%20Completo.pdf>. Acesso em: 11 set. 2024. Citado nas pp. 37, 38.

DUARTE, R. **INTERFACE CÉREBRO MÁQUINA HÍBRIDA UTILIZANDO AMPLIFICADOR EEG DE BAIXO CUSTO**. Mar. 2015. Graduação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - Santa Catarina. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2749.6487>. Citado na p. 29.

EDUCAÇÃO, S. d. E. d. **Governo entrega mil computadores a laboratórios de escolas públicas do DF**. pt-BR. Abr. 2005. Disponível em: <https://www.educacao.df.gov.br/governo-entrega-mil-computadores-a-laboratorios-de-escolas-publicas-do-df/>. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 20.

ENCYCLOPEDIA, M. M. **Gray and white matter of the brain**. en. Mar. 2024. Disponível em: <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/18117.htm>. Acesso em: 7 set. 2024. Citado nas pp. 25, 26.

ENGELHARDT, E.; MOREIRA, D. M. A substância branca cerebral. Dissecção virtual dos principals feixes: Tratografia. [The cerebral white matter. Virtual dissection of the main tracts: Tractography.] **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 44, n. 4, p. 19–34, 2008. ISSN 0101-8469. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-505039>. Citado na p. 65.

ESTEVES, T. d. J. Organismos internacionais e a educação profissional e tecnológica: a construção do consenso em torno de uma concepção neoliberal de educação. **REVELLI - Revista de Educação, Linguagem e Literatura**, v. 13, p. 1–21, jan. 2021. DOI: 10.51913/revelli.v13i0.12206. Citado nas pp. 14, 15.

FACCI, M. G. D. A periodização do desenvolvimento psicológico individual na perspectiva de Leontiev, Elkonin e Vigostski. **Cadernos Cedes**, v. 24, n. 62, p. 64–81, abr. 2004. ISSN 1678-7110. DOI: 10.1590/S0101-32622004000100005. Citado na p. 49.

FENSON, L.; PETHICK, S.; RENDA, C.; COX, J. L.; DALE, P. S.; REZNICK, J. S. Short-form versions of the MacArthur Communicative Development Inventories. **Applied Psycholinguistics**, v. 21, n. 1, p. 95–115, 2000. Place: United Kingdom Publisher: Cambridge University Press. ISSN 1469-1817. DOI: 10.1017/S0142716400001053. Citado na p. 53.

FEOFILOFF, P. **Estruturas de dados para grafos**. Jun. 2019. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos_para_grafos/aulas/graphdatastructs.html#q-and-a>. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 16.

FÉRIA, B. **Sistema límbico**. pt. Out. 2023. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/anatomia-do-sistema-limbico>. Acesso em: 11 set. 2024. Citado na p. 28.

FILLEY, C. M. **You've likely heard of the brain's gray matter – here's why the white matter is important too**. auto. Mai. 2022. Disponível em: <http://theconversation.com/youve-likely-heard-of-the-brains-gray-matter-heres-why-the-white-matter-is-important-too-180945>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 30.

FINN, E. S.; SHEN, X.; SCHEINOST, D.; ROSENBERG, M. D.; HUANG, J.; CHUN, M. M.; PAPADEMETRIS, X.; CONSTABLE, R. T. Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity. **Nature Neuroscience**, v. 18, n. 11, p. 1664–81671, nov. 2015. DOI: 10.1038/nn.4135. Citado nas pp. 37, 58–64, 73.

GAILLARD, F. Neuroanatomy: insular cortex (diagrams). Case study. **Radiopaedia.org**, jul. 2016. DOI: /10.53347/rID-46846. Citado na p. 27.

GARCEZ, T. **O que é memória de trabalho?** pt-BR. Nov. 2020. Disponível em: <https://centroevolvere.com.br/blog/o-que-e-memoria-de-trabalho/>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 54.

GRIFFA, A.; VAN DEN HEUVEL, M. Rich-club neurocircuitry: function, evolution, and vulnerability. en. **Dialogues Clin Neurosci**, v. 20, n. 2, p. 121–132, jun. 2018. DOI: 10.31887/DCNS.2018.20.2/agriffa. Citado na p. 70.

HAMITER, M. **Considerações gerais sobre o ouvido interno - Distúrbios do ouvido, nariz e garganta**. pt-BR. Mai. 2023. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-do-ouvido,-nariz-e-garganta/dist%C3%BArbios-do-ouvido-interno/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-o-ouvido-interno>. Acesso em: 4 abr. 2024. Citado na p. 51.

HUANG, J. **Visão geral da função cerebral**. PT - BR. 2021. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/profissional/dist%C3%BArbios-neurol%C3%B3gicos/fun%C3%A7%C3%A3o-e-disfun%C3%A7%C3%A3o-dos-lobos-cerebrais/vis%C3%A3o-geral-da-fun%C3%A7%C3%A3o-cerebral>. Citado nas pp. 25–29, 75.

HUMAN Connectome Project - Mapping structural and functional connections in the human brain. EN. Set. 2011. Disponível em: <https://www.humanconnectome.org/storage/app/media/documentation/hosted/HCP%20Mini%20Overview%202011.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024. Citado na p. 32.

HUTTON, J. S.; PIOTROWSKI, J. T.; BAGOT, K.; BLUMBERG, F.; CANLI, T.; CHEIN, J.; CHRISTAKIS, D. A.; GRAFMAN, J.; GRIFFIN, J. A.; HUMMER, T.; KUSS, D. J.; LERNER, M.; MARCOVITCH, S.; PAULUS, M. P.; PERLMAN, G.; ROMEO, R.; THOMASON, M. E.; TUREL, O.; WEINSTEIN, A.; WEST, G.; PIETRA, P. H.-D.; POTENZA, M. N. Digital Media and Developing Brains: Concerns and Opportunities. en. **Current Addiction Reports**, v. 11, n. 2, p. 287–298, mar. 2024. Publisher: Springer. DOI: 10.1007/s40429-024-00545-3. Acesso em: 23 abr. 2024. Citado nas pp. 46, 51, 53–55, 76.

IBM. **SPSS Statistics Subscription - Classic**. pt-BR. Set. 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/docs/pt-br/spss-statistics/saas?topic=models-linear-mixed-model>. Acesso em: 2 ago. 2024. Citado na p. 67.

JONES, J. S.; THE CALM TEAM; ASTLE, D. E. A transdiagnostic data-driven study of children's behaviour and the functional connectome. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 52, p. 101027, dez. 2021. DOI: 10.1016/j.dcn.2021.101027. Citado nas pp. 58, 70–74.

KOPELL, N. J.; GRITTON, H. J.; WHITTINGTON, M. A.; KRAMER, M. A. Beyond the Connectome: The Dynome. **Neuron**, v. 83, n. 6, p. 1319–1328, set. 2014. ISSN 0896-6273. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.016. Acesso em: 5 set. 2024. Citado na p. 31.

LAGERCRANTZ, H. Connecting the brain of the child from synapses to screen-based activity. **Acta Paediatrica**, v. 105, n. 4, p. 352–357, abr. 2016. Publisher: John Wiley & Sons, Ltd. ISSN 0803-5253. DOI: 10.1111/apa.13298. Acesso em: 3 out. 2023. Citado nas pp. 46, 51–53, 56, 57, 73, 76.

LAGERCRANTZ, H. Key milestones in the history of developmental brain research. **Acta Paediatrica**, v. 110, n. 6, p. 1722–1729, jun. 2021. Publisher: John Wiley & Sons, Ltd. ISSN 0803-5253. DOI: 10.1111/apa.15810. Acesso em: 3 out. 2023. Citado nas pp. 24, 25, 75.

LAZARETTI, L. **A organização didática do ensino na educação infantil: implicações da teoria histórico-cultural.** Jul. 2013. Doutorado – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos / SP. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2312/5371.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 48.

LENT, R. **O cérebro aprendiz: Neuroplasticidade e Educação**. 1. ed. R. Maria Paula, 123 - 18° andar - Bela Vista, São Paulo - SP: Editora Atheneu LTDA., nov. 2018. ISBN 978-85-388-0937-1. Citado na p. 25.

LENT, R. **O Conectoma Improvável**. PT - BR. Dez. 2021. Disponível em: <https://blogs.oglobo.globo.com/a-hora-da-ciencia/post/o-conectoma-improvavel.html>. Citado na p. 31.

LICHTMAN, J. W.; LIVET, J.; SANES, J. R. A technicolour approach to the connectome. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 9, n. 6, p. 417–422, jun. 2008. DOI: 10.1038/nrn2391. Citado na p. 32.

LIMA, M. F. d.; ARAÚJO, J. F. S. d. A utilização das tecnologias de informação e comunicação como recurso didático-pedagógico no processo de ensino-aprendizagem. pt-br. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 23, jun. 2021. ISSN 1984-6290. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/23/a-utilizacao-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-como-recurso-didatico-pedagogico-no-processo-de-ensino-aprendizagem>. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 19.

LOPES, M. C.; FIALHO, F. A. P.; LEONARDI, J.; LOPES, L. F.; RIBEIRO, S. F.; WILHELM, P. P. H. Análise da relação entre aptidões cerebrais e competências gerenciais: o caso de uma empresa têxtil. pt. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, p. 123–136, 2010. Publisher: Universidade Federal de São Carlos. ISSN 0104-530X, 1806-9649. DOI: 10.1590/S0104-530X2010000100010. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 26.

MAFRAJI, M. **Ressonância magnética (RM)**. PT-BR. Nov. 2023a. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/assuntos-especiais/exames-de-imagem-comuns/resson%C3%A2ncia-magn%C3%A9tica-rm>. Citado na p. 37.

MAFRAJI, M. **Tomografia computadorizada (TC)**. PT-BR. Nov. 2023b. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/assuntos-especiais/exames-de-imagem-comuns/tomografia-computadorizada-tc>. Citado na p. 37.

MARTINS, L. M.; ABRANTES, A. A.; FACCI, M. G. D. **Periodização histórico-cultural do desenvolvimento psíquico: do nascimento à velhice**. 1. ed. Av. Albino J. B. de Oliveira, 901 - Barão Geraldo, Campinas - SP: Autores Associados, set. 2020. ISSN: 9786599055225. ISBN 85-7496-370-4. Citado nas pp. 46–50, 52, 56.

MATOS, K. A.; GODINHO, M. O. D. A INFLUÊNCIA DO USO EXCESSIVO DAS REDES SOCIAIS NA SAÚDE MENTAL DE ADOLESCENTES: UMA REVISÃO INTEGRATIVA. pt. **REVISTA FOCO**, v. 17, n. 4, p. 1–18, abr. 2024. ISSN 1981-223X. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n4-035. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 20.

MINTO, L. W. A pandemia na educação: o presente contra o futuro? **RTPS - Revista Trabalho, Política e Sociedade**, v. 6, n. 10, p. 139–154, jun. 2021. ISSN 2526-2319. Disponível em: <https://costalima.ufrrj.br/index.php/RTPS/article/view/810/1016>. Citado nas pp. 16, 17, 21.

MONTANARI, T. **Histologia: texto, atlas e roteiro de aulas práticas**. 3. ed. Porto Alegre - Rio Grande do Sul: Edição do Autor, 2016. ISBN 978-85-915646-3-7. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/livrodehisto/>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado nas pp. 30, 75.

MOURÃO, C.; MELO, L. Integração de Três Conceitos: Função Executiva, Memória de Trabalho e Aprendizado. Portugues do Brasil. **SciELO - Scientific Electronic Library Online**, v. 27, n. 3, p. 309–314, set. 2011. DOI: 10.1590/S0102-37722011000300006. Acesso em: 12 jun. 2024. Citado nas pp. 54, 55, 70.

MSD, M. **Manuais MSD edição para profissionais**. pt-BR. 2024. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/profissional>. Acesso em: 25 ago. 2024. Citado na p. 25.

NEVES, K. S. S. M.; FOSSE, L. d. O. S.; TORRES, T. R.; NAPOLITANO, M. A. Da infância à adolescência: o uso indiscriminado das redes. **Ambiente Acadêmico**, v. 1, n. 2, p. 119–139, 2015. ISSN 2447-7273. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/04/revista-ambiente-academico-edicao-2-artigo-7.pdf>. Citado na p. 20.

NISHIDA, S. M. **Mecanismos de Comunicação entre os neurônios e dos neurônios com os órgãos efetuadores**. PT - BR. 2012. Disponível em: <https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Fisiologia/Neuro/04.sinapse.pdf>. Citado na p. 29.

NÚÑEZ CARVALHO, J. C.; OLIVEIRA CARDOSO, C. de; COTRENA, C.; SCHNEIDER BAKOS, D. D. G.; KRISTENSEN, C. H.; PAZ FONSECA, R. Tomada de decisão e outras funções executivas: um estudo correlacional. pt. **Ciências & Cognição**, v. 17, n. 1, p. 94–104, abr. 2012. Publisher: Instituto de Ciências Cognitivas. ISSN 1806-5821. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=

sci_abstract&pid=S1806-58212012000100008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 jun. 2024. Citado na p. 70.

PATIAS, J.; PORTO, A.; BATTISTI, J. d. F.; ZANINI, R. R.; LOPES, L. F. D. O Uso de Variáveis Dummies em Produções Científicas: Análise Bibliométrica na Plataforma Scopus / The Use of Dummies Variables in Scientific Productions: Bibliométic Analysis at Scopus Platform. pt. **Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho)**, v. 17, n. 1, p. 120–136, dez. 2019. Number: 1. ISSN 2317-2983. Disponível em: <http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/1671>. Acesso em: 21 ago. 2024. Citado na p. 72.

PEREIRA, L. F. **Os contratos e as novas tecnologias**. pt-br. 2018. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/os-contratos-e-as-novas-tecnologias/661869336>. Acesso em: 9 set. 2024. Citado na p. 16.

PUREUR, P.; SILVEIRA, F. **Diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo**. PT-BR. Mai. 2017. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=diamagnetismo-paramagnetismo-e-ferromagnetismo>. Citado nas pp. 37, 38.

QUEIROZ, J. L. D. d. **O brincar, e as tecnologias digitais na educação infantil.** Mai. 2019. Graduação – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia - Alagoas. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/5319/1/O%20brincar%20e%20as%20tecnologias%20digitais%20na%20educa%C3%A7%C3%A3o%20infantil.pdf>. Acesso em: 9 set. 2024. Citado na p. 16.

RANGEL, S.; OLIVEIRA, V.; ARAUJO, S. **Elementos de Teoria dos Grafos - Notas de Aula**. PT-BR. Set. 2018. Universidade Estadual Paulista - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Disponível em: <https://www.ibilce.unesp.br/Home/Departamentos/MatematicaAplicada/docentes/socorro/grafos---notas-de-aula_set2018.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2024. Citado nas pp. 33–36.

RIBEIRO, D. **Rede**. pt-br. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/rede/>. Acesso em: 12 mar. 2024. Citado na p. 24.

RIBEIRO, L.; CAVALHEIRO, S. A. d. C.; FOSS, L.; CRUZ, M. E. J. K.; FRANÇA, R. S. d. Proposta para Implantação do Ensino de Computação na Educação Básica no Brasil. In: ANAIS do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. SBC, 2022. P. 278–288. Place: Manaus. DOI: 10.5753/sbie.2022.225231. Citado nas pp. 18, 20, 21.

RODRIGUES, H.; BIRNFIELD, C. **Educação remota em tempos de pandemia e pós-pandemia: legislação aplicável, aulas remotas e retomada das atividades presenciais na Educação Superior.** Florianopólis: Habitus, 2022. ISBN 978-65-89866-50-3. Disponível em: <https://www.apufsc.org.br/wp-content/uploads

/2022/03/HWR-CAB_Educac%CC%A7a%CC%83oRemota.pdf>. Acesso em: 3 set. 2024. Citado na p. 16.

SALMON, C.; LEONI, R. Conectividade Funcional Cerebral utilizando Técnicas de Imagens por Ressonância Magnética. PT-BR. **RBFM - Revista Brasileira de Física Médic**, v. 13, n. 1, p. 66–75, set. 2019. DOI: 10.29384/rbfm.2019.v13.n1.p66-75. Citado na p. 38.

SANTOS, G. R. d.; AQUINO, O. F. A psicologia histórico-cultural: conceitos principais e metodologia de pesquisa. **Perspectivas em Psicologia**, v. 18, n. 2, p. 76–87, abr. 2015. ISSN 2237-6917. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/perspectivasempsicologia/article/view/29471/16302>. Citado na p. 49.

SANTOS, T. **Teoria da Mente: compreendendo as intenções dos outros.** pt-br. Mar. 2022. Disponível em: <http://www.invivo.fiocruz.br/saude/teoria-da-mente/>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 54.

SCHNEIDMAN, E.; BERRY, M. J.; SEGEV, R.; BIALEK, W. Weak pairwise correlations imply strongly correlated network states in a neural population. **Nature**, v. 440, n. 7087, p. 1007–1012, abr. 2006. DOI: 10.1038/nature04701. Citado na p. 44.

SCREENS, C. **Children and Screens - Institute of Digital Media and Child Development**. en. Mai. 2024. Disponível em: <https://www.childrenandscreens.org/>. Acesso em: 23 abr. 2024. Citado na p. 54.

SEUNG, H. S.; TALKS, T. E. D. I am my connectome. EN. In. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/sebastian_seung_i_am_my_connectome?subtitle=en>. Acesso em: 27 mar. 2024. Citado na p. 32.

SILVA, A. **Algoritmos para Diagnóstico Assistido de Nódulos Pulmonares Solitários em Imagens de Tomografia Computadorizada - Capítulo 2.** Fev. 2004. Doutorado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ. Disponível em: <https://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0016025_04_cap_02.pdf>. Acesso em: 11 set. 2024. Citado na p. 66.

SOUZA, A. L. d.; MASCARENHAS, M. S. A.; CARDOSO, B. R. S.; JESUS, R. S. d. Exposição excessiva às telas digitais e suas consequências para o desenvolvimento infantil. pt-br. **Revista Educação Pública**, v. 23, n. 14, p. 6, abr. 2023. ISSN 1984-6290. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/14/exposicao-excessiva-as-telas-digitais-e-suas-consequencias-para-o-desenvolvimento-infantil>. Acesso em: 9 set. 2024. Citado na p. 15.

TABORDA, L. D. S. A influência da tecnologia no desenvolvimento da criança. pt. **Uningá Review**, v. 34, n. 1, p. 40–48, mar. 2019. Number: 1. ISSN 2178-2571. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/3186>. Acesso em: 8 mar. 2024. Citado na p. 20.

UNESCO. **Resumo do Relatório de Monitoramento Global da Educação: A tecnologia na educação: uma ferramenta a serviço de quem?** 1. ed. Paris, França: UNESCO, 2023. Disponível em: <https://appsindicato.org.br/wp-content/uploads/2023/07/UnescoPlataformas.pdf>. Citado nas pp. 20, 21.

VARELLA, M. **NEURÔNIO**. PT - BR. Mai. 2014. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/corpo-humano/neuronio/>. Citado na p. 29.

VYGOTSKY, L. S. **Obras Escogidas - IV: Paidología del adolescente. Problemas de la psicología infantil: 2/IV**. 1. ed.: A. Machado Libros S. A., jan. 2013. ISBN 84-7774-183-2. Citado na p. 50.

WIERENGA, L. M.; HEUVEL, M. P. van den; ORANJE, B.; GIEDD, J. N.; DURSTON, S.; PEPER, J. S.; BROWN, T. T.; CRONE, E. A. A multisample study of longitudinal changes in brain network architecture in 4–13-year-old children. **Human Brain Mapping**, v. 39, n. 1, p. 157–170, set. 2017. ISSN 1065-9471. DOI: 10.1002/hbm.23833. Acesso em: 2 ago. 2024. Citado nas pp. 58, 64–70, 73, 76.

WIKIPÉDIA, C. **Conectoma**. pt. 64497441. ed. Out. 2022. Page Version ID: 64497441. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Conectoma&oldid=64497441>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 75.

XIA, C. H.; BARNETT, I.; TAPERA, T. M.; ADEBIMPE, A.; BAKER, J. T.; BASSETT, D. S.; BROTMAN, M. A.; CALKINS, M. E.; CUI, Z.; LEIBENLUFT, E.; LINGUITI, S.; LYDON-STALEY, D. M.; MARTIN, M. L.; MOORE, T. M.; MURTHA, K.; PIIWAA, K.; PINES, A.; ROALF, D. R.; RUSH-GOEBEL, S.; WOLF, D. H.; UNGAR, L. H.; SATTERTHWAITE, T. D. Mobile footprinting: linking individual distinctiveness in mobility patterns to mood, sleep, and brain functional connectivity. en. **Neuropsychopharmacology**, v. 47, n. 9, p. 1662–1671, ago. 2022. Number: 9 Publisher: Nature Publishing Group. ISSN 1740-634X. DOI: 10.1038/s41386-022-01351-z. Acesso em: 3 out. 2023. Citado nas pp. 38–44.

YEO, B. T. T.; KRIENEN, F. M.; SEPULCRE, J.; SABUNCU, M. R.; LASHKARI, D.; HOLLINSHEAD, M.; ROFFMAN, J. L.; SMOLLER, J. W.; ZÖLLEI, L.; POLIMENI, J. R.; FISCHL, B.; LIU, H.; BUCKNER, R. L. The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. **Journal of Neurophysiology**, v. 106, n. 3, p. 1125–1165, set. 2011. ISSN 0022-3077. DOI: 10.1152/jn.00338.2011. Acesso em: 6 set. 2024. Citado na p. 43.

ZIMMERMAN, F. J.; CHRISTAKIS, D. A.; MELTZOFF, A. N. Associations between media viewing and language development in children under age 2 years. eng. **The Journal of Pediatrics**, v. 151, n. 4, p. 364–368, out. 2007. ISSN 1097-6833. DOI: 10.1016/j.jpeds.2007.04.071. Citado nas pp. 53, 56, 57.

ZIMMERMAN, M. **Transtorno de personalidade limítrofe (TPL) - Distúrbios de saúde mental**. pt-BR. Set. 2023. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-de-sa%C3%BAde-mental/transtornos-de-personalidade/transtorno-de-personalidade-lim%C3%ADtrofe-tpl>. Acesso em: 10 set. 2024. Citado na p. 39.