



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS ICB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS E BIOLOGIA
CELULAR – PPGNBC DEFESA DE MESTRADO

DAISY SILVA MIRANDA

**MARCADORES FUNCIONAIS DA ATIVIDADE ELÉTRICA DO CÓRTEX
CEREBRAL PARA IDENTIFICAR ATRASOS NO DESENVOLVIMENTO
DE FUNÇÕES EXECUTIVAS NO CÓRTEX PRÉ-FRONTAL EM
ADOLESCENTES**

Belém- PA

2018

DAISY SILVA MIRANDA

**MARCADORES FUNCIONAIS DA ATIVIDADE ELÉTRICA DO
CÓRTEX CEREBRAL PARA IDENTIFICAR ATRASOS NO
DESENVOLVIMENTO DE FUNÇÕES EXECUTIVAS NO CÓRTEX PRÉ-
FRONTAL EM ADOLESCENTES**

Dissertação apresentada como
requisito para a obtenção do título de
Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Neurociências e
Biologia Celular, área de
concentração Neurociências da
Universidade Federal do Pará.
Orientador: Prof. Dr. Antônio Pereira.
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Karla
Jansen de Amorim.

Belém- PA
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

- M672m Miranda, Daisy Silva.
 Marcadores funcionais da atividade elétrica do córtex cerebral para identificar atrasos no desenvolvimento de funções executivas no córtex pré-frontal em adolescentes / Daisy Silva Miranda, . — 2018.
 76 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Antônio Pereira
 Coorientação: Prof^ª. Dra. Ana Karla Jansen de Amorim
 Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia celular, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
1. Córtex cerebral. 2. Adolescentes. 3. Neurociência cognitiva. 4. Neuropsicologia. 5. Neurofisiologia. I. Título.

CDD 612.825

DAISY SILVA MIRANDA

**MARCADORES FUNCIONAIS DA ATIVIDADE ELÉTRICA DO
CÓRTEX CEREBRAL PARA IDENTIFICAR ATRASOS NO
DESENVOLVIMENTO DE FUNÇÕES EXECUTIVAS NO CÓRTEX PRÉ-
FRONTAL EM ADOLESCENTES**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós Graduação em Neurociências e Biologia Celular, área de concentração Neurociências da Universidade Federal do Pará.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Pereira – UFPA (Orientador)

Prof^a. Dr^a. Ana Karla Jansen de Amorim – UFPA (Coorientadora)

Prof. Dr. Givago da Silva Souza -PPGNBC - UFPA

Prof^a. Dra. Simone Souza da Costa e Silva – Externo (Membro 2)

Belém, 30 de outubro de 2018

*A minha família, meu
bem maior.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, meu pai Armando Miranda e minha mãe Maria Miranda, pois de uma forma peculiar eles favoreceram o desenvolvimento da minha curiosidade e da minha força de caráter, mesmo emergida em modelos contrários e adversidades ambientais. A eles, minha gratidão pela vida.

Agradeço aos meus filhos Davi Ranieri e Isadora Ranieri (adolescentes) pela paciência, por me ensinarem e darem exemplos de como ser melhor a cada dia. A eles, o meu amor visceral. Agradeço ao meu marido Patrick Saman, minha fortaleza, por me deixar voar e compreender que pra mim estudar é um estado de flow e algo indissociável de minha vida. A ele, o meu amor maduro.

Agradeço a amigas singulares, Carolina Monteiro, Gabriela Neuber, Carolina Souza, Paula Monterio, por terem contribuído de forma voluntária com a minha pesquisa. A elas, a minha disponibilidade. Ao amigo Rodrigo Milhomem pela parceria, resistência e perseverança em trabalhar ao meu lado, a ele, minha disponibilidade e lealdade.

Agradeço a Prof^a. Ana Karla pelo, acolhimento e apoio. A ela minha gratidão.

Agradeço ao Prof. Antônio Pereira, mais que professor, meu amigo e meu orientador. A ele o meu respeito, carinho e lealdade.

A Universidade Federal do Pará - UFPA

Agradeço a todas e todos os colegas do grupo de neurociências, pessoas que viraram amigas e amigos, que me ajudaram de forma colaborativa e me deram leveza e frescor. Ao meu grupo de pesquisa, meu carinho e disponibilidade. Muito obrigada!

As tradições culturais numa sociedade são extraordinariamente importantes. Certas condicionantes biológicas do ser humano são corretas até certo ponto, mas é preciso pensar que cada indivíduo tem um passado histórico cultural, tem um passado e presente como herança, que pode levar a reações positivas ou negativas.

Antônio Damásio

RESUMO

A cognição humana é o resultado da interação entre fatores genéticos, epigenéticos e ambientais. Vários estudos têm mostrado que o córtex pré-frontal (CPF) é uma região crítica para a inteligência humana. Essa região tem um longo período de maturação que só finaliza no início da idade adulta. Estudos anteriores demonstram que a potência das oscilações de alta frequência registradas pelo EEG em repouso se correlaciona inversamente com a maturidade e amadurecimento de circuitos corticais, e a amplitude de oscilações de baixa frequência se correlaciona negativamente com bom desempenho cognitivo, principalmente no córtex pré-frontal. O principal objetivo deste estudo é verificar a correlação entre a potência das diferentes frequências elétricas corticais de adolescentes medidas com EEG com o desempenho na escala WISC-IV (Escala de Inteligência Wechsler para Crianças) que mede a capacidade intelectual. Adolescentes (N= 23) com idades entre 12-16 anos e 11 meses foram submetidos a registros de EEG em repouso por 5-10 minutos e em um segundo momento foram submetidos a avaliação psicométrica da escala WISC-IV. Os resultados mostraram que a potência alfa se correlaciona negativamente tanto com IMO nas regiões parietal e occipital (HD e HE), e na região central (HD) quanto com o QIT na região temporal (HE), nas regiões parietal e occipital (HD e HE) e na região central (HD). A potência da frequência teta nas regiões temporal (HE), parietal e occipital (HD e HE) se correlaciona negativamente com IMO e QIT. Na análise de gêneros, observamos que a correlação entre as potências das bandas alfa e teta e os índices cognitivos, ocorre em ambos os hemisférios para mulheres, mas não para homens.

Palavras-chave: Adolescência, Eletroencefalograma, Wisc-IV, Cognição, Circuitos Corticais.

ABSTRACT

Human cognition results from the interaction among genetic, epigenetic and environmental factors. Several studies have shown that the prefrontal cortex (CPF) is a critical region for human intelligence. This region has a long maturation period that ends in early adulthood. Previous studies have shown that the amplitude of high frequency waves recorded by resting-EEG correlates inversely with the degree of maturation of cortical circuits. The main objective of this study is to evaluate the correlation between the power of different EEG frequency bands with the performance on the WISC-IV scale (Wechsler Intelligence Scale for Children), which measures intellectual capacity, in adolescents. Subjects (N = 23) aged 12-16 years and 11 months underwent resting-EEG recordings for 5-10 minutes and were subsequently tested with the WISC-IV scale. Our results show that alpha power correlates negatively with IMO in parietal (RH and LH), occipital (RH and LH), and central (RH) regions. The IQ correlates negatively with alpha power in the temporal (RH), parietal (RH and LH), occipital (RH and LH), and central (RH) regions. Theta power correlates negatively with WM and IQ in temporal (LH), parietal (RH and LH), and occipital (RH and LH) regions. In genre analysis we observed that the correlation between power in the alpha and theta bands and cognitive indices occurs in both hemispheres for females, but not males

Keywords: Adolescence, Electroencephalogram, Wisc-IV, Cognition, Cortical Circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exuberância Sináptica.

Figura 2 – Neurodesenvolvimento.

Figura 3 – Parâmetros do sinal oscilatório: frequência, amplitude e fase

Figura 4 – Disposição dos eletrodos do EEG segundo Sistema 10-20.

Figura 5 – Regiões de Interesse

Figura 6 - Potência média das regiões cerebrais e hemisféricas dos 23 adolescentes

Figura 7 – Gráficos das correlações significativas do índice IMO com a potência Alfa nas regiões frontais (HD e HE) e correlações significativas do índice IMO com a potência teta na região temporal (HD) das mulheres.

Figura 8 – Gráficos das correlações significativas do índice cognitivo IOP com as potências delta, teta e alfa nas cinco regiões corticais registradas no EEG: frontal, occipital, temporal, parietal e central nos dois hemisférios (HD e HE) das mulheres.

Figura 9 – Gráficos das correlações significativas do índice cognitivo IVP com as potências delta, teta e alfa nas quatro regiões corticais registradas no EEG: frontal, occipital, parietal e central nos dois hemisférios (HD e HE) das mulheres.

Figura 10 – Gráficos das correlações significativas do índice cognitivo QIT com as potências delta, teta, alfa e gama nas cinco regiões corticais registradas no EEG: frontal, occipital, parietal, temporal e central nos dois hemisférios (HD e HE) das mulheres.

Figura 11 – Gráficos das correlações do índice IOP com a potência gama nas regiões centrais (HD) e occipitais (HD e HE) e correlações negativas do índice IOP com a potência gama na região temporal (HD) das mulheres.

Figura 12 – Gráficos das correlações negativas do índice IMO e do QIT com a potência alfa na região parietal (HD) nos cérebros do sexo masculino.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados sociodemográficos da amostra de adolescentes participantes

Tabela 2 – Desempenho dos participantes no teste WISC-IV

Tabela 3 – Média dos pontos compostos e do rank percentil dos índices cognitivos e do QIT dos 23 adolescentes

Tabela 4 – Relação da média da potência da banda **Alfa** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais

Tabela 5 – Relação da potência da frequência **Teta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais

Tabela 6 – Tabela 6 - Relação da potência da frequência **Delta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrias

Tabela 7 – Relação da potência da frequência **Gama** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrias

Tabela 8 - Relação da potência da frequência **Beta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrias.

Tabela 9 - Relação da potência da frequência **Alfa** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais.

Tabela 10 - Relação da potência da frequência **Teta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais.

Tabela 11 - Relação da potência da frequência **Delta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais do sexo feminino

Tabela 12 - Relação da potência da frequência **Gama** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrias nos cérebros femininos.

Tabela 13 - Relação da potência da frequência **Beta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais femininos.

Tabela 14 - Relação da potência da frequência **Alfa** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

Tabela 15 - Relação da potência da frequência **Beta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

Tabela 16 - Relação da potência da frequência **Teta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

Tabela 17 - Relação da potência da frequência **Delta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

Tabela 18 - Relação da potência da frequência **Gama** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EEG	Eletroencefalograma
IRMf	Imageamento por ressonância magnética funcional
gF	Inteligência Fluida
gC	Inteligência Cristalizada
HD	Hemisfério Direito
HE	Hemisfério Esquerdo
Hz	Hertz
ICA <i>analysis</i>	Análise de Componentes Independentes (<i>independent component analysis</i>)
ICV	Índice de Compreensão Verbal
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade
IMO	Índice de Memória Operacional
IOP	Índice de Organização Perceptual
IVP	Índice de Velocidade de Processamento
QEEG	Eletroencefalograma quantitativo
QIT	Quociente Intelectual Total
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPA	Universidade Federal do Pará
WISC-III E IV	Escala de Inteligência Wechsler para Crianças – 3ª e 4ª edição

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
1.2	NEURODESENVOLVIMENTO E ADOLESCÊNCIA	17
1.3	CÓRTEX PRÉ-FRONTAL E FUNÇÕES EXECUTIVAS NA ADOLESCÊNCIA.....	21
1.4	INTELIGÊNCIA HUMANA.....	22
1.5	ELETOENCEFALOGRAFIA – EEG E MATURAÇÃO DOS RITMOS CORTICAIS.....	24
2	MATERIAIS E MÉTODOS	27
2.1	PARTICIPANTES	27
2.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	27
2.3	PROJETO PILOTO	28
2.3.1	Critérios de Exclusão	28
2.3.2	Instrumentos de medida de Inteligência - Escala de Cognição.....	28
2.3.3	Eletroencefalograma (EEG)	29
3	ANÁLISE DE DADOS	31
3.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
4	RESULTADOS	31
4.1	DADOS DEMOGRÁFICOS	31
4.2	ESCALA WECHSLER DE INTELIGÊNCIA (WISC-IV).....	31
4.3	CORRELAÇÃO PARÂMETROS EEG COM ÍNDICES COGNITIVOS	35
4.4	CORRELAÇÃO DAS POTÊNCIAS EE COM ÍNDICES COGNITIVOS EM CÉREBROS DO SEXO FEMININO.....	41
5	DISCUSSÃO	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
7	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A capacidade adaptativa do cérebro humano resulta da contribuição de mecanismos evolutivos e desenvolvimentais (FELDMAN, R, 2015). Programas desenvolvimentais geneticamente determinados organizam os circuitos corticais em um arranjo básico que será finalizado através da experiência e aprendizado (BERARDI e colab., 2015). Durante os períodos críticos de plasticidade do cérebro os *inputs* periféricos são mais efetivos em remodelar os circuitos corticais e preparar o organismo para lidar com o ambiente no qual emergiu no nascimento (FOX e colab., 2010).

O principal foco das modificações plásticas que ocorrem nos circuitos corticais são as sinapses. As sinapses são estruturas complexas que estabelecem a comunicação entre neurônios através de mensageiros químicos chamados de neurotransmissores¹. A modificação estrutural e funcional da eficiência sináptica é a base da plasticidade neuronal e seus mecanismos têm sido estudados desde que Santiago Ramón y Cajal propôs a chamada “doutrina neuronal” de que o sistema nervoso é composto de células individuais (neurônios) conectados por pequenas zonas de contato². A reorganização sináptica é governada pela sincronização da atividade elétrica em elementos pré e pós sinápticos, de acordo com a teoria proposta por Donald Hebb no final da década de 1940 (JURASKA e WILLING, 2017).

Os circuitos corticais são compostos por neurônios excitatórios e interneurônios inibitórios. Os neurônios excitatórios são a maioria dos neurônios corticais (~80%-90%) e utilizam como neurotransmissor principalmente o aminoácido glutamato. Os neurônios inibitórios, por sua vez, são geralmente interneurônios, ou seja, fazem parte apenas de circuitos locais e utilizam como neurotransmissor o ácido gama-aminobutírico (GABA). Apesar de ocorrerem em menor número nos circuitos corticais do que os neurônios excitatórios, os neurônios GABAérgicos são essenciais para controlar a excitabilidade de circuitos corticais e também são elementos essenciais na função computacional desses circuitos (JURASKA e WILLING, 2017). Existem vários tipos de interneurônios GABAérgicos, entre os mais importantes estão os chamados interneurônios de disparo rápido parvalbumina-positivos (PV⁺) (HU e colab., 2014;

¹ As sinapses elétricas são encontradas no cortex humano apenas em fases muito precoces do desenvolvimento (BOSL e colab., 2011)

² Posteriormente chamadas de sinapse por Charles S. Sherrington (BURKE, 2007)

JURASKA e WILLING, 2017). Esses interneurônios PV⁺ têm um papel central na operação dos circuitos corticais através da sua participação na gênese dos ritmos oscilatórios corticais, como os ritmos gama (JURASKA e WILLING, 2017; UHLHAAS, e SINGER, 2010).

A atividade cortical é caracterizada pela sincronização e ritmicidade das variações de voltagem elétrica em grupos neuronais (UHLHAAS, e SINGER, 2010). A frequência dos ritmos oscilatórios cerebrais varia em uma faixa ampla que normalmente vai de <1 Hz até >100 Hz (WANG, 2010). A atividade oscilatória dos neurônios corticais é essencial para a transmissão rápida e confiável de informação relevante em circuitos neurais (UHLHAAS, e SINGER, 2010). Além disso, a sincronização das atividades oscilatórias é fundamental para a eficácia dos mecanismos de plasticidade sináptica durante o desenvolvimento, aprendizado e reabilitação de injúrias no sistema nervoso central (WANG, 2010). Anormalidades na atividade oscilatória sincronizada dos neurônios é indicativo de possíveis distúrbios do neurodesenvolvimento (UHLHAAS, e colab., 2010; UHLHAAS, e SINGER, 2010).

Os períodos críticos de desenvolvimento cortical são definidos pela maior susceptibilidade plástica de circuitos corticais a estímulos ambientais e são regulados por vários fatores, incluindo a mielinização de tratos axonais, o amadurecimento das redes perineuronais, e o amadurecimento de interneurônios inibitórios (FOX e colab., 2010; HENSCH e colab., 1998; NEWPORT e colab., 2001). Através do monitoramento desses fatores é possível observar o amadurecimento das diversas regiões corticais. Esse amadurecimento prossegue de acordo com um gradiente anteroposterior, onde as áreas primárias localizadas em regiões mais posteriores do cérebro amadurecem primeiro e as áreas de associação localizadas mais frontalmente amadurecem mais tardiamente. O amadurecimento das áreas frontais do córtex estabiliza no início da vida adulta e atinge um pico de remodelação sináptico durante a adolescência. Os eventos ambientais que ocorrem durante essa fase do desenvolvimento, incluindo de maneira importante o ambiente social em que o adolescente está imerso, são cruciais para o desenvolvimento dos circuitos frontais. Em situações de estresse crônico, o amadurecimento dessa região pode ser interrompido, como mostrado anteriormente por nosso grupo de pesquisa (Follha e colab., 2017).

A adolescência é marcada pelo desenvolvimento puberal concomitante às transformações funcionais e estruturais significativas na organização cortical. Esse amadurecimento é acompanhado por mudanças significativas nos domínios social e

cognitivo (JORDAN e ANDERSEN, 2017; JURASKA e WILLING, 2017). Investigar a dinâmica relacionada ao desenvolvimento de fatores cognitivos e dos domínios da inteligência é fundamental do ponto de vista clínico e científico. E esse conhecimento é importante para a definição de políticas públicas de educação e saúde na infância e adolescência (JANUARY e colab., 2017; RACZ e colab., 2017). O monitoramento do progresso das trajetórias individuais de QI na adolescência geram referências que permitem acompanhar o desenvolvimento nessa fase de forma mais amparada (SAWYER e colab., 2012). O aspecto cognitivo da funcionalidade intelectual produz efeitos em cascata em muitos aspectos críticos da vida do adolescente (JANUARY e colab., 2017). As diferenças individuais da inteligência se correlacionam com indicadores de realização ocupacional, mobilidade social e eficiência no trabalho (PLOMIN e DEARY, 2015). Indivíduos com melhor desempenho cognitivo tendem a ter melhor saúde e uma expectativa de vida mais longa (HAWORTH e colab., 2010). Além disso, crianças com melhor desempenho cognitivo têm menos riscos de desenvolver demência e de serem diagnosticadas com transtornos mentais na vida adulta. Sendo assim, compreender a relação entre fatores endógenos e marcadores comportamentais cognitivos é crucial, não apenas do ponto de vista científico, mas também para o desenvolvimento de políticas públicas e a construção de intervenções efetivas (RINALDI e KARMILOFF-SMITH, 2017).

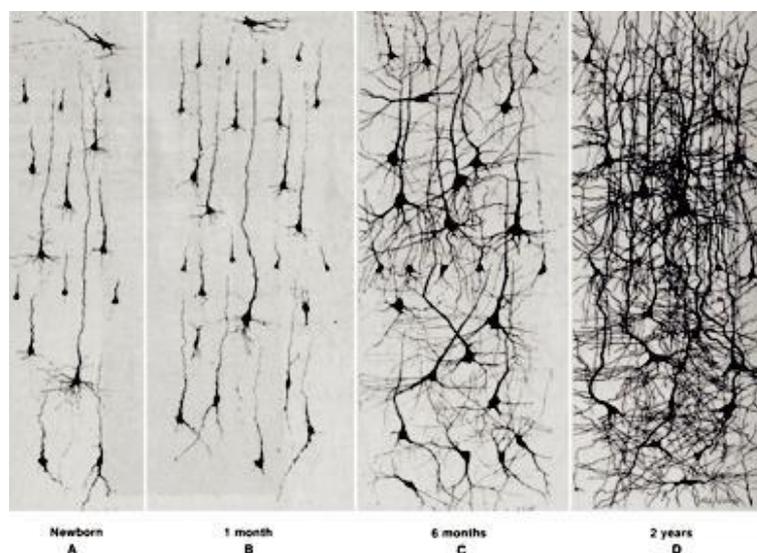
1.2 NEURODESENVOLVIMENTO E ADOLESCÊNCIA

Os primeiros eventos da vida exercem uma grande influência no desenvolvimento cortical. Investigações anteriores sobre os efeitos da privação visual sobre a organização dos circuitos corticais trouxeram o conceito de períodos “sensíveis” e “críticos” no desenvolvimento dos circuitos corticais (DAW, 1997; NEWPORT e colab., 2001). Os períodos “sensíveis” podem ser definidos como um tempo durante o desenvolvimento no qual o cérebro é particularmente sensível às experiências sensoriais, refletida no padrão de atividade de *inputs* neurais. Esse momento também pode ser chamado de período “crítico” se a presença ou ausência de uma experiência resultar em mudanças irreversíveis nos circuitos corticais. Estes períodos são caracterizados por uma dinâmica temporal diferenciada ao longo do manto cortical, obedecendo um padrão associado com um gradiente antero-posterior, onde as regiões mais frontais são as últimas

a apresentarem o padrão adulto de amadurecimento, como mencionado anteriormente (FOX e colab., 2010; JOHNSON, 2001; NEWPORT e colab., 2001).

O desenvolvimento cortical acontece de acordo com estágios específicos, como: geração das células (neurônios e glia) na placa subcortical, migração dessas células ao longo de suportes de células glias, interação com axônios tálamo-corticais e chegada às regiões-alvo (SHAW e colab., 2008). Quando os neurônios finalizam a migração e chegam aos seus locais de destino no córtex, inicia um período de proliferação sináptica ou sinaptogênese.

Figura 1 – Exuberância sináptica



Fonte: COURCHESNE (2007)

O período de proliferação sináptica tem uma duração limitada, dependendo da região do córtex, e é acompanhado por um processo de poda sináptica, orquestrado pelas interações com o ambiente, que elimina as conexões sinápticas ineficientes ou não-funcionais. À medida que os circuitos se estabilizam ocorre a formação e amadurecimento das bainhas de mielina, que vai otimizar a transferência de informação através da propagação de potenciais de ação nos circuitos corticais. A mielina nos circuitos corticais é formada por oligodendrócitos, que envolvem os axônios em intervalos regulares, isolando eletricamente cada axônio e permitindo a condução de impulsos elétricos de forma mais rápida e eficiente (Stiles, J. & Jernigan, T. L. 2010; Kolb, B. & Gibb, R. 2011; Paus, T. et al. 2013). A formação e o amadurecimento da bainha de mielina no córtex frontal é fortemente influenciada pelas condições ambientais,

Uma cascata de hormônios esteróides, controlada pela ativação do eixo neuroendócrino hipotalâmico-hipofisário gonadal, também é desencadeada no final da infância (PATTON e VINER, 2007). A puberdade inicia uma fase de crescimento e maturação de sistemas que se estendem até a terceira década, incluindo os sistemas reprodutores, musculo-esquelético, metabólico, imunológico e cardio-metabólico (Blakemore, S. J. et. al. 2010). O início dessa atividade neuroendócrina distinta, tem sido utilizado como marcador biológico da entrada na adolescência (PATTON e colab., 2018; SAWYER e colab., 2018).

O início, duração e finalização do período puberal vem mudando ao longo do tempo. Em gerações mais recentes, a puberdade tem iniciado mais cedo e terminado mais tardiamente (KAC e colab., 2000; SAWYER e colab., 2012). Essas mudanças têm sido atribuídas a vários fatores, incluindo aspectos nutricionais e outros fatores ambientais (GLUCKMAN e HANSON, 2006; PATTON e colab., 2018). Por essa razão, esse período de transição da puberdade para a adolescência é considerado uma fase crítica, onde a qualidade do ambiente físico, nutricional e social pode alterar trajetórias de saúde e desenvolvimento (SAWYER e colab., 2018).

A poda sináptica e a mielinização que marcam o amadurecimento de redes corticais, estão associadas com a variação na potência de várias faixas de frequência registradas pelo EEG (WHITFORD e colab., 2007). A potência do EEG representa a quantidade de atividade em certas faixas de frequência em áreas específicas do córtex. Tendo em vista que a gênese do sinal de EEG decorre da atividade sincronizada de sinapses no córtex é esperado que a redução no número de sinapses decorrente da poda sináptica no córtex frontal de adolescentes também corresponderia a uma redução na potência absoluta do EEG (FEINBERG, 1982).

Redes neurais mais compactas e refinadas favorecem a rapidez e a capacidade de processar informações complexas, aceleram a condução do impulso elétrico e facilitam a comunicação entre as regiões cerebrais. Esse arranjo da conectividade distribuída dentro de redes locais, contribui para a eficiência e a fidelidade da transmissão do sinal neural. Mudanças maturacionais únicas na estrutura do cérebro, apoiadas por interações entre áreas corticais propiciam uma melhora na capacidade de controle cognitivo à medida que aumenta a integração flexível de processos, incluindo controle inibitório, monitoramento de desempenho e memória de trabalho (Luna e al. 2015).

O desenvolvimento dinâmico do cérebro adolescente, no qual a interação com o ambiente social molda as capacidades de aquisição de recursos físicos, cognitivos, emocionais, sociais e econômicos que são a base para a saúde e bem-estar da vida futura, depende da otimização do processamento de informação em redes neurais compostas de áreas distintas do cérebro associadas com função sensorial, motora, cognitiva, emocional e de linguagem (SPEAR, 2013; TAU e PETERSON, 2010; Steinberg, L. 2010; Giedd, 2012; Gogtay, N. & Thompson, P. M. 2010).

1.3 CÓRTEX PRÉ-FRONTAL E FUNÇÕES EXECUTIVAS NA ADOLESCÊNCIA

O córtex pré-frontal (CPF), responsável pelo controle de processos cognitivos superiores, é uma região crítica para a inteligência humana (KANE & ENGLE, 2002). Esta região possui um período de amadurecimento prolongado, finalizando apenas nos primeiros anos da idade adulta. O CPF é a sede e o mediador dos processos e habilidades cognitivas característicos de seres humanos (ARNSTEN, 2015). As Funções Executivas (FE) estão associados com a capacidade de controlar e coordenar comportamentos e pensamentos complexos. As FE's são um componente central da capacidade de autocontrole ou autorregulação humana, com implicações amplas e significativas para a vida do indivíduo (DIAMOND, 2013; MIYAKE e FRIEDMAN, 2012).

As quatro FE's principais são: **inibição** ou controle inibitório, incluindo autocontrole e controle de interferência; **atenção seletiva** e inibição cognitiva (controle de pensamentos), **memória de trabalho**, ou memória operacional que envolve a capacidade de manter as informações em mente e mentalmente trabalhar com elas, ou seja, manipular informações que não estão mais presentes perceptualmente e **flexibilidade cognitiva**, também chamada de flexibilidade mental ou deslocamento mental intimamente ligada à criatividade (BLAKEMORE e CHOUDHURY, 2006; DIAMOND, 2013). O desenvolvimento do controle cognitivo da adolescência para a idade adulta está associado a um aperfeiçoamento da extensa conectividade que o CPF mantém com outras regiões corticais e o consequente aprimoramento das funções executivas (Hwang K. et. al. 2016).

Devido aos avanços tecnológicos e a ubiquidade da internet, os adolescentes atuais são expostos e amadurecem em ambientes sociais cada vez mais

complexos. O gerenciamento dessa complexidade pode sobrecarregar a capacidade das funções executivas dos adolescentes (CASEY e colab., 2008; GALVAN e colab., 2006).

A impulsividade adolescente está associada com a imaturidade dos circuitos neuronais do CPF responsáveis pelo controle inibitório (CASEY e colab., 2008; Harden, K. P., & Tucker-Drob, E. M. 2011). A impulsividade dos adolescentes também está relacionada com a transição entre grupos sociais, característica da passagem da infância para a adolescência: na infância a socialização se restringe sobremaneira a grupos familiares, enquanto na adolescência a interação social passa a incluir grupos mais periféricos ao núcleo familiar (CASEY e colab., 2008; KHURANA e colab., 2018). A transição da infância para a adolescência também está associada com o afastamento do núcleo familiar original e a sensação de relativa liberdade para expandir e transitar em círculos sociais mais afastados (DUNPHY, 1963). A composição dessas duas forças gera uma boa parte do comportamento impulsivo adolescente: imaturidade do controle inibitório e a demanda de pertencimento a novos grupos sociais (CAIRNS e colab., 1988).

Esse processo de adaptação em novos ambientes sociais depende da reorganização de circuitos corticais do CPF (Kolskår, K. K. et. al. 2018). O trânsito em ambientes sociais complexos está associado com demandas cognitivas elevadas. Por exemplo, existe uma demanda intensa nos circuitos neurais associados com a Teoria da Mente, para entender e prever comportamentos de terceiros a partir de sinais comportamentais externos. O desenvolvimento das funções executivas está associado com o amadurecimento da bainha de mielina nas conexões intercorticais de longa distância que formam a rede executiva (KOENIS e colab., 2018). O desenvolvimento da eficiência neural favorece o desempenho da memória de trabalho e da velocidade de processamento que estão associados a eficiência intelectual (CONWAY e colab., 2002).

1.4 INTELIGÊNCIA HUMANA

A inteligência pode ser definida como a habilidade de raciocinar, planejar, resolver problemas, pensar de maneira abstrata, compreender ideias complexas, aprender rapidamente e aprender pela experiência (GOTTFREDSON, 1997). A teoria das habilidades cognitivas humanas de Cattell Horn Carroll (CHC) propõe uma estrutura hierárquica com três níveis, ou estratos, compreendendo fontes primárias e secundárias das diferenças individuais (CARROLL, 1993; MCGREW, 2009). No topo da hierarquia se encontra a inteligência geral, também conhecida como fator *g* (SPEARMAN, 1904).

Cattell (1963) propôs que o fator g (inteligência) pode ser dividido em inteligência fluida (**gF**) e inteligência cristalizada (**gC**). A **gF** está relacionada com habilidades de raciocínio, conhecimento perceptivo e capacidade de resolver novos problemas e possui uma forte correlação positiva com a capacidade de memória operacional. Em contrapartida, a **gC** está relacionada com o acúmulo de conhecimento apreendido de maneira formal, através de experiências educacionais ao longo da vida (CATTELL, 1963; RINALDI e KARMILOFF-SMITH, 2017).

Atualmente a única ferramenta para se medir a inteligência são os resultados dos testes psicométricos. Eles são teoricamente baseados no fator psicométrico (**g**). Este é um resultado empírico da análise fatorial que procura explicar a proporção das variâncias nos testes mentais dos indivíduos (Spearman, 1927). Entretanto, por trás de uma definição simples de inteligência está a complexidade da arquitetura cognitiva para tornar possível a adaptação efetiva.

A Escala Wechsler de Inteligência que categoriza inteligência através da avaliação de domínios cognitivos discretos vem sendo amplamente utilizada em crianças e adolescentes (SCHEIRS e TIMMERS, 2009; SCHWEAN e MCCRIMMON, 2008; THALER e colab., 2013, 2015), sendo a WISC-IV considerada a escala com maior sensibilidade aos sinais e sintomas de alterações no desenvolvimento, superando a escala anterior, WISC-III (STYCK e WATKINS, 2017). Por meio dos resultados da WISC-IV pode-se caracterizar o perfil cognitivo de crianças e adolescentes e identificar: altas habilidades, deficiências intelectuais e dificuldades de percepção em crianças com diferentes condições neurológicas e dessa forma monitorar o desenvolvimento neural. Além do QI total, a escala, em sua última edição (WISC-IV) permite a avaliação dos seguintes índices: Índice de Compreensão Verbal (ICV), Índice de Memória Operacional (IMO), Índice de Velocidade de Processamento (IVP) e Índice de Organização Perceptual (IOP). A WISC-IV Possui 10 subtestes principais: cubos, semelhanças, dígitos, conceitos figurativos, códigos, vocabulário, sequência de números e letras, raciocínio matricial, compreensão e procurar símbolos, como também cinco subtestes suplementares: completar figuras, cancelamento, informação, aritmética e raciocínio com palavras (WECHSLER, 2013).

Um dos objetivos do presente trabalho é verificar se existe uma associação entre os índices cognitivos da *Wechsler Intelligence Scale* para crianças e adolescentes (WISC-IV) tanto em relação ao QI quanto aos Índices Fatoriais ICV, IOP, IVP e IMO e as bandas de frequência de EEG (QEEG). A intenção é estabelecer uma

relação entre os dados psicométricos e biomarcadores funcionais da atividade cortical. Estudos que correlacionaram parâmetros eletrofisiológicos com o desempenho em testes de inteligência em sujeitos com alguma patologia em diferentes faixas etárias apontaram que correlações positivas com as frequências lentas do EEG estão relacionadas com atraso na maturação neural e baixo desempenho cognitivo (BOSAEUS e colab., 1977; CORNING e colab., 1982; VOGEL e BROVERMAN, 1964).

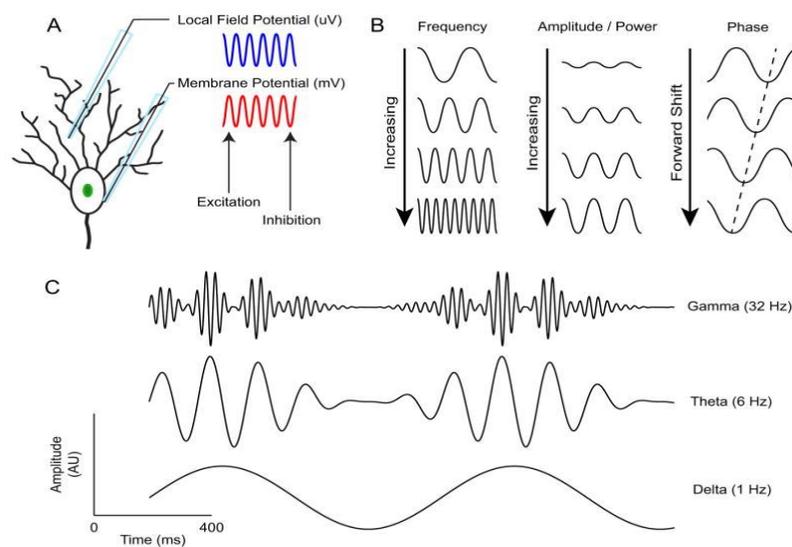
Pesquisas demonstram que o desenvolvimento motor, a aquisição da competência leitora e desenvolvimento cognitivo em geral se correlacionam com o aumento de volume da substância branca (FIELDS, 2005; KOENIS e colab., 2015; Whitaker, K. J. et. al. 2016). Outros estudos usando ressonância magnética demonstraram uma correlação entre o volume da substância branca com a capacidade cognitiva (especificamente QI) em indivíduos com idade entre 5 e 18 anos de idade (KOENIS e colab., 2018; SCHNACK e colab., 2015).

1.5 ELETROENCEFALOGRAFIA – EEG E MATURAÇÃO DOS RITMOS CORTICAIS

No início do século XX o psiquiatra alemão Hans Berger desenvolveu uma técnica para registrar a atividade elétrica de grupos de neurônios corticais, a eletroencefalografia – EEG (LOPEZ-GORDO e colab., 2014; Berger, H. 1929). O sinal do EEG captura a somatória dos potenciais sinápticos em células piramidais corticais com atividade sincronizada. A amplitude/potência do sinal depende da quantidade de neurônios em sincronia (CANTARELLI e colab., 2016; LOPEZ-GORDO e colab., 2014).

A principal vantagem do EEG é de poder medir de maneira não invasiva a atividade elétrica de regiões de interesse no córtex cerebral. O EEG é muito utilizado na clínica para o diagnóstico de disfunções neurológicas e, em paralelo, em estudos científicos da funcionalidade cortical (JAEGER e PARENTE, 2010). Através do EEG descobriu-se que a atividade elétrica de grupos neuronais no córtex é oscilatória e alterna entre cinco padrões de ritmos distintos, definidos pela sua frequência de oscilação (Zanetti, R., 2013). Esses ritmos ou oscilações foram caracterizadas em uma ampla faixa de frequências denominadas como delta: δ , 1–4 Hz, teta: θ , 4–8 Hz, alfa: α , 8–14 Hz, beta: β , 15–30 Hz e gama: γ , > 30 Hz, embora a definição exata dos intervalos dessas faixas de frequência variem na literatura (SIMON e WALLACE, 2016).

Figura 3 – Parâmetros dos sinais oscilatórios: frequência, amplitude e fase



Fonte:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/core/lw/2.0/html/tileshop_pmc/tileshop_pmc_inline.html?title=Click%20on%20image%20to%20zoom&p=PMC3&id=5119455_nihms805932f1.jpg

As oscilações neurais se originam de atividade pós-sináptica gerando flutuações rítmicas no potencial de membrana dos neurônios piramidais corticais. O campo extracelular (potencial de campo) registrado pelo eletrodo de EEG representa a soma das flutuações do potencial de membrana. Esses potenciais locais de campo, quando possuem uma amplitude suficiente para se destacar do ruído elétrico nos sistemas de registro, podem oferecer informações valiosas sobre os circuitos corticais em situações normais e patológicas. Os sinais oscilatórios podem ser caracterizados por parâmetros físicos como frequência, amplitude (potência) e fase. Esses parâmetros são necessários para descrever completamente as propriedades dos sinais medidos pelo EEG. A **frequência** define a taxa de oscilação; **amplitude/ potência** define a força da oscilação, e a **fase** define o tempo relativo dos picos e depressões oscilatórios. A sincronização de grupos neuronais em faixas de frequência mais elevada pode ser modulada por frequências inferiores em um processo chamado de acoplamento fase-amplitude. Por exemplo, no acoplamento fase-amplitude teta-gama, a fase das oscilações na faixa de frequência teta modula a amplitude das oscilações na faixa gama (SIMON e WALLACE, 2016).

O ritmo **delta** caracterizado por oscilações em frequências de 1 a 4 Hz. Normalmente não são identificadas em adulto em estado de vigília, mas são costumeiramente observadas e registradas durante o sono profundo em todas as regiões corticais (KNYAZEB., 2012). Os ritmos de alta amplitude e baixa frequência quando

presente em indivíduos em vigília, principalmente na região frontal do córtex cerebral, sinalizam patologias ou coma (KNYAZEB., 2012). O ritmo **teta**, com frequência na faixa de 4-8 Hz, é frequentemente encontrado durante a infância e pode ser utilizado como sinalizador de maturação cerebral. Em adolescentes e adultos é bastante evidente em estados de meditação. As ondas tetas são mais bem observadas nas regiões parietais e temporais. O ritmo **alfa** são ondas de 8 e 13 ciclos, são mais evidentes quando o indivíduo está relaxado de olhos fechados, e são atenuadas durante atividades cognitivas, como atenção, cálculo matemático e tarefas verbais. O ritmo **mu** com frequência entre 8 a 12 Hz encontra-se na mesma faixa de alfa, porém, é registrado no córtex sensorio motor e variações em sua potência vem sendo relacionada a execução de movimento ou na imagética motora. O ritmo **beta**, com frequência entre 13 e 30 Hz por segundo, correlaciona-se com o nível de atividade cognitiva. Ocorrem de forma predominante nas áreas frontais e parietais. Essa frequência está associada a estados de alerta máximo, vigilante, medo, ansiedade, ou em situação normal, quando estamos trabalhando. Em situações de baixa voltagem, podem ser correlacionada com estado de ansiedade, insônia e preocupação excessiva. O ritmo **gama**, exibe frequência de 30 até 120 Hz e está relacionado à estimulação sensorial auditiva, visual e somato-sensitiva entre 25 e 45 Hz, demonstra correlato elétrico com a execução de atividades cognitivas como: comportamento perceptual, atenção focada, memória de trabalho, integração polisensorial, formação de memórias associativas e coordenação sensorio-motora (FLORES & HUMBERTO 2005; SILVA e FILHO, 2015; UHLHAAS, P. J. e colab., 2009).

O perfil espectral do EEG do cérebro em repouso muda ao longo do amadurecimento (TAKANO e OGAWA, 1998). A redução da substância cinzenta no CPF na adolescência, devido à poda sináptica, coincide com a diminuição da potência absoluta de todas as bandas de frequência do EEG nessa região cortical. Essa redução é observada de forma significativa nas ondas delta e teta (BUCHMANN e colab., 2011; CAMPBELL e FEINBERG, 2009). De maneira geral, a partir da infância até a idade adulta, a potência das bandas de frequências mais baixas diminui (CLARKE e colab., 2011), como também para a frequência gama (TIERNEY e colab., 2013, 2014).

A potência das ondas gama reflete o grau de amadurecimento de circuitos corticais em crianças e adolescentes (BENASICH e colab., 2008; TAKANO e OGAWA, 1998; TIERNEY e colab., 2013; WILLIAMS e colab., 2012). A medida que o amadurecimento sináptico desses circuitos se consolida durante esse período de desenvolvimento, ocorre

uma diminuição da amplitude da potência gama (TIERNEY e colab., 2013, 2014), e essa correlação pode justificar o uso da potência gama como a base de marcadores do grau de amadurecimento de regiões específicas do córtex. Isso sugere que crianças cujos índices cognitivos se desviam significativamente das funções de regressão normativa, podem exibir desenvolvimento maturacional atípico no CPF (GOU e colab., 2011).

O presente projeto tem como objetivos:

Específicos: 1) verificar se existe uma associação entre os índices cognitivos da Wechsler Intelligence Scale para crianças e adolescentes (WISC-IV) tanto em relação ao QIT quanto aos Índices Fatoriais ICV, IOP, IVP e IMO e as bandas de frequência de EEG em repouso; 2) Estabelecer o perfil espectral das oscilações elétricas corticais típicas de adolescentes; 3) Avaliar as diferentes especificidades de gênero na maturação do cérebro de adolescentes.

Geral: contribuir com dados que favoreçam a adoção de novas ferramentas diagnósticas acessíveis, facilitando o diagnóstico de patologias psicológicas, neurológicas e psiquiátricas e intervenções cada vez mais precoces que possam produzir prognósticos mais favoráveis.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O protocolo experimental foi aprovado pelo comitê de ética Plataforma Brasil CONEP/CEP (20562413.0.0000.5172) (ver Apêndice A)

Os adolescentes e seus responsáveis foram informados e esclarecidos sobre o protocolo experimental e em seguida os responsáveis foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ver Apêndice B).

2.1 PARTICIPANTES

A amostra foi composta por demanda espontânea e busca em escolas. Foram selecionados 28 adolescentes na faixa etária de 12 anos a 16 anos e 11 meses de idade, sendo dezenove do sexo feminino. Os critérios de inclusão e exclusão utilizados para a seleção dos participantes foram os seguintes:

2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- Estudantes matriculados em escola pública ou privada
- Sem diagnóstico de neuropatologias

- Possibilidade de participar de todas as etapas da pesquisa

2.3 PROJETO PILOTO

Foram selecionados 5 adolescentes voluntários saudáveis para participar do projeto piloto e testar o protocolo de coleta de dados da pesquisa. Durante a aplicação da bateria WISC-IV observou-se que os participantes apresentavam fadiga por conta da exigência cognitiva e falso negativo nos resultados quando os 10 subtestes principais eram aplicados em um único período do dia, pois no outro período os adolescentes deveriam estar na escola. Observou-se também que nos horários 08:00h da manhã e 14:00 da tarde, o rendimento não era satisfatório e os dados comportamentais eram de cansaço, desatenção, sono e humor alterado, pois alguns vinham de outras localidades e precisavam acordar com 2h de antecedência para chegar no horário marcado. Por conta desses resultados, determinou-se que a bateria seria aplicada em dois dias seguidos. Com relação aos horários de aplicação foi estipulado o horário da manhã para as 09:00h e o da tarde para às 15:00h sempre com aviso prévio aos responsáveis de que devia ser dada atenção ao horário de sono e alimentação dos adolescentes no dia do teste ou no dia anterior a aplicação.

2.3.1 Critérios de Exclusão

- Relato de diagnóstico de patologias neurais e síndromes genéticas previamente diagnosticadas; transtorno do espectro do autismo – TEA; transtornos mentais graves, como a esquizofrenia e diagnóstico de deficiência intelectual.

Após a triagem baseada nos critérios de exclusão apresentados acima, foram descartados os que vieram e fizeram somente o teste psicométrico e não retornaram para o registro de EEG, aqueles com sinal de EEG com qualidade comprometida e aqueles com escore de QIT abaixo de 85. Após a aplicação desses critérios a amostra final foi composta por **23** adolescentes na faixa etária entre 12-16 anos e 11 meses, de ambos os sexos, sendo **7** do sexo feminino e **16** do sexo masculino.

2.3.2 Instrumentos de medida de Inteligência - Escala de Cognição

Primeiramente, entrava-se em contato com os responsáveis para informar com detalhes sobre os procedimentos que seriam realizados com o adolescente. Explicava-se a importância da qualidade do sono no dia anterior a aplicação do teste assim como da alimentação. A aplicação da WISC-IV foi realizada em um consultório

psicológico particular, localizado na cidade de Belém-Pa, em condições apropriadas em termos de conforto térmico, acústico e de iluminação. A bateria da escala WISC foi aplicada em dois momentos: 5 subtestes em um dia e no dia seguinte os outros 5 subtestes, sem a presença do responsável na sala.

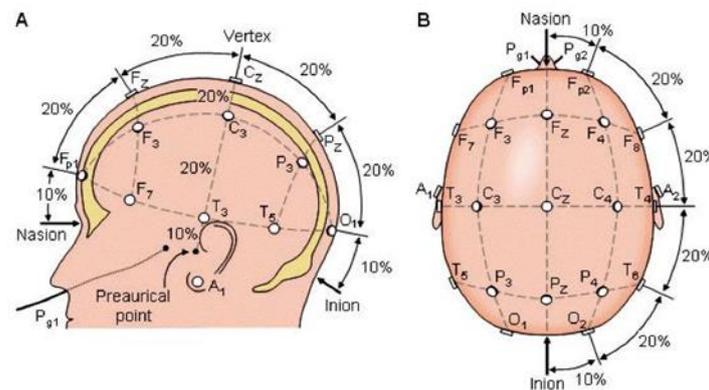
A Escala Wechsler de Inteligência para Crianças é um instrumento clínico de aplicação individual que tem como objetivo avaliar a capacidade intelectual das crianças e o processo de resolução de problemas. A faixa etária compreende crianças de 06 anos e 0 meses a adolescentes de 16 anos e 11 meses. É composta por 15 subtestes, sendo 10 principais e cinco suplementares, e dispõe de quatro índices: Índice de Compreensão Verbal (ICV), Índice de Organização Perceptual (IOP), Índice de Memória Operacional (IMO) e Índice de Velocidade de Processamento (IVP), além do QI Total (QIT) (Wechsler, 2013)

2.3.3 Eletroencefalograma (EEG)

Os adolescentes foram submetidos ao registro de eletroencefalograma (EEG) em condição de repouso. A duração média do registro foi de 5-10 minutos enquanto o participante permanecia sentado confortavelmente em uma cadeira olhando para uma parede branca com um ponto fixo localizada 1,40 m a sua frente. Os registros de EEG foram realizados no Laboratório de Eletrofisiologia do Núcleo de Medicina Tropical (NMT) da UFPA em uma sala iluminada e com temperatura controlada. Foram utilizados protetores auriculares para diminuição de ruídos ambientais e o participante era instruído a permanecer em vigília, com a mandíbula relaxada, sem se movimentar e evitando piscar os olhos. Caso se observasse algum desconforto no adolescente o procedimento era interrompido e recomeçado posteriormente.

Os registros de EEG foram realizados em um sistema BrainNet BNT-36 (EMSA, São Paulo) com 20 eletrodos dispostos na superfície do escalpo do participante segundo o sistema 10/20. Este sistema tem como base medidas que constituem de 10% a 20% de duas distâncias fundamentais: uma longitudinal que corresponde à distância do Nasio ao Inio, e outra transversal, correspondente à distância entre os pontos auriculares A1 e A2. Frontal HE (Fp1, F3, F7), HD (Fp2, F4, F8); Central (C3, C4), Temporal HE (T3, T5), HD (T4, T6) Parietal HE (P3), HD (P4) e Occipital HE (O1), HD (O2) (ver Figura 4).

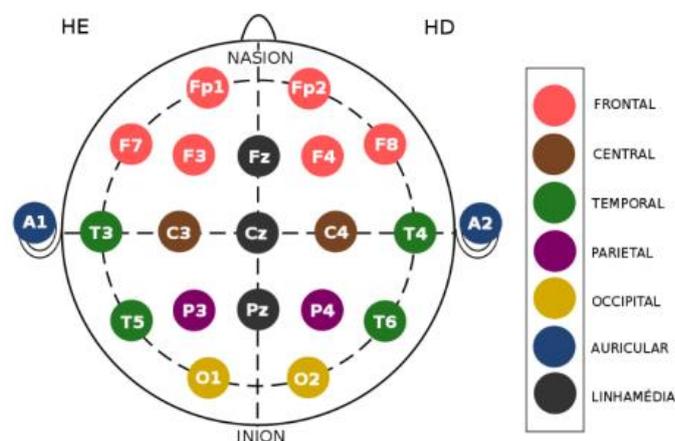
Figura 4 - Disposição dos eletrodos do EEG segundo Sistema 10-20



Fonte: KLEM e colaboradores (1999)

A impedância de cada eletrodo foi mantida abaixo de 10 k Ω . O registro do EEG foi filtrado (1 a 50 Hz) e digitalizado a uma taxa de amostragem de 200 Hz, com os eletrodos localizados nas apófises mastóides servindo como referência. Utilizou-se a *software* Matlab, os artefatos elétricos decorrentes de atividade muscular foram removidos *online* no programa EEGLab. O sinal foi decomposto em faixas de frequência aplicando a transformada rápida de Fourier (FFT). Após filtrar os dados de 20 canais, foi feita uma comparação do espectro de potência para cada frequência na faixa de 0 a 50 Hz. Foram determinadas as potências nas faixas delta (1 a 4 Hz); teta (4 a 8 Hz); alfa (8 a 12 Hz); beta (12 a 31 Hz) e gama (31 a 50 Hz). Para a análise das correlações entre as potências das bandas e os dados do WISC- IV utilizou-se o programa *GraphPad Prism* e empregou-se a Correlação de Pearson (r). A magnitude média nesses valores de corte, para cada um dos eletrodos de cada faixa estudada, foi calculada em decibéis (dB) isto é, $\text{dB} = 10 \cdot \log_{10} (\mu\text{V}^2/\text{Hz})$. A figura 5 demonstra as regiões de interesse.

Figura 5. Regiões de Interesse



Fonte: Autores

3 ANÁLISE DE DADOS

3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise das correlações entre as potências e os dados do WISC-IV empregou-se a Correlação de Pearson (r). A comparação entre os fatores hemisfério e sexo foi realizada com teste t de Student. A significância estatística foi estabelecida em 0,05.

4 RESULTADOS

4.1 DADOS DEMOGRÁFICOS

As informações sócio-demográficas dos participantes no estudo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados sociodemográficos da amostra de adolescentes participantes

	Total	Feminino				Masculino			
Idade	12,13,14 e 16 anos	12(2 8%)	13(1 5%)	14(4 2%)	16(1 5%)	12(12, 5%)	13(37, 5%)	14(2 5%)	16(2 5%)
N	23	2	1	3	1	2	6	4	4
NSE	A, B, C e D	A(57 %)	B(14 %)	C(43 %)	D(0 %)	A(15 %)	B(30 %)	C(50 %)	D(5 %)
Escolaridade Fundamental	5 ^a , 6 ^a , 7 ^a e 8 ^a	5 ^a (0%)	6 ^a (44 %)	7 ^a (14 %)	8 ^a (28 %)	5 ^a (8%)	6 ^a (31 %)	7 ^a (23 %)	8 ^a (8 %)
Escolaridade Médio	1 ^o , 2 ^o e 3 ^o	1 ^o (0 %)	2 ^o (0 %)	3 ^o (14 %)		1 ^o (15 %)	2 ^o (15 %)	3 ^o (0 %)	

4.2 ESCALA WECHSLER DE INTELIGÊNCIA (WISC-IV)

Os dados brutos dos índices cognitivos e do quociente intelectual da bateria avaliativa são transformados em pontos compostos e posteriormente é estabelecido o rank percentil de cada índice: Índice de Compreensão Verbal – ICV; Índice de Organização Perceptual – IOP; Índice de Memória Operacional – IMO; Índice de Velocidade de Processamento – ICV e o Quociente Intelectual Total – QIT de cada adolescente.

Os resultados são apresentados na Tabela 2. De acordo com a média verificou-se que no Índice de Compreensão Verbal – ICV os participantes tiveram melhor desempenho obtendo a classificação acima da média, e no Índice de Velocidade de Processamento – IVP tiveram um desempenho menor em comparação com os outros índices. A média do QIT dos adolescentes ficou na classificação mediana que vai de 85 a 115. A média dos pontos compostos e do rank percentil dos índices cognitivos e do QIT dos 23 adolescentes são apresentados na tabela 3.

Tabela 2 - Desempenho dos participantes no teste WISC-IV

SEXO	IDADE	PONTOS COMPOSTOS					RANK PERCENTIL				
		ICV	IOP	IMO	IVP	QIT	ICV	IOP	IMO	IVP	QIT
F	14	104	100	91	89	96	61	50	27	23	39
F	12	126	110	100	97	114	96	75	50	42	82
F	14	117	110	91	108	111	87	75	27	70	77
F	16	138	116	118	100	126	99	86	88	50	96
F	14	141	118	100	115	127	100	88	50	84	96
F	12	115	112	97	103	111	84	79	42	58	77
F	13	108	86	97	95	95	70	18	42	37	37
M	13	119	100	115	97	111	90	50	84	42	77
M	12	123	120	109	105	121	94	91	73	63	92
M	14	123	112	138	108	126	94	79	99	70	96
M	16	106	94	103	95	100	66	34	58	37	50
M	15	113	100	91	77	97	81	50	27	6	42
M	12	111	112	100	100	109	77	79	50	50	73
M	13	126	108	115	111	121	96	70	84	77	92
M	16	119	104	94	105	109	90	61	34	63	73
M	16	119	120	106	100	117	90	91	66	50	87
M	13	117	88	88	95	98	87	21	21	37	45
M	13	125	120	106	105	121	95	91	66	63	92

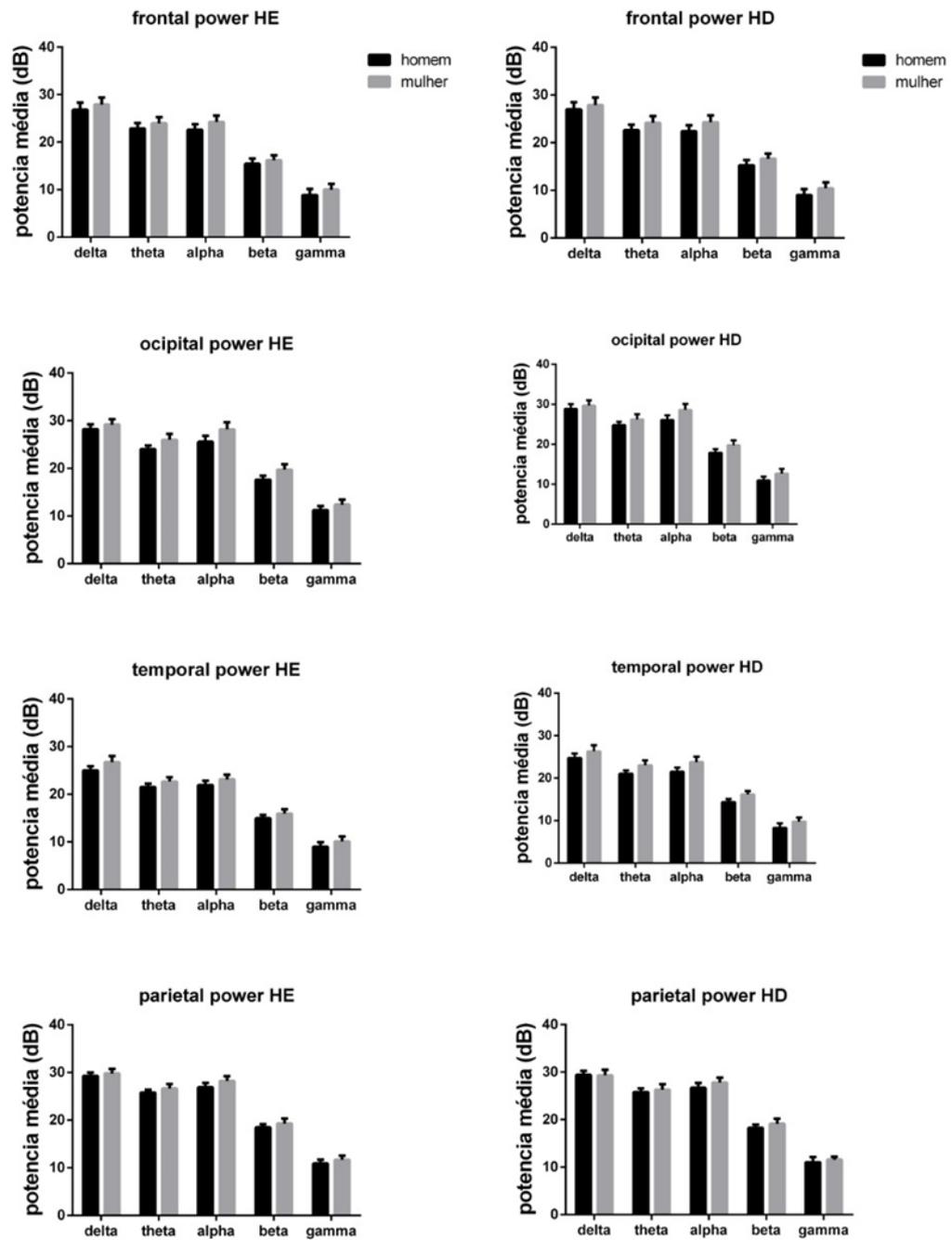
M	14	110	96	77	92	94	75	39	6	30	34
M	12	117	102	97	92	105	87	55	42	30	63
M	13	84	100	97	92	90	14	50	42	30	25
M	14	119	114	103	103	114	90	82	58	58	82
M	16	113	106	103	105	110	81	66	58	63	75

Tabela 3 - Média dos pontos compostos e do rank percentil dos índices cognitivos e do QIT dos 23 adolescentes

ÍNDICES	ESCALAS MEDIDAS	MÉDIA	
		COMPOSTOS	RANK PERCENTIL
ICV	COMPREENSÃO VERBAL	117	82,77
IOP	ORGANIZAÇÃO PERCEPTUAL	106	64,35
IMO	MEMÓRIA OPERACIONAL	102	51,91
IVP	VELOCIDADE DE PROCESSAMENTO	100	49,26
QIT	QUOCIENTE INTELECTUAL TOTAL	110	69,65

Na figura 6 podemos ver a potência média das frequências nas regiões e hemisférios cerebrais dos 23 adolescentes com divisão de gêneros.

Figura 6 – Título – Potência média das frequências na regiões e hemisférios cerebrais dos 23 adolescentes e comparação de gêneros.



4.3 CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS DO EEG COM ÍNDICES COGNITIVOS

Comparou-se a média das potências delta, teta, alfa, beta e gama obtidas nas 10 regiões corticais de interesse, com os índices cognitivos ICV, IMO, IVP e IOP e o QIT dos **23** adolescentes participantes.

A potência alfa se correlaciona negativamente ($p < 0.01$) com o índice de memória operacional - **IMO** nas áreas parietal e occipital (HE e HD) e na região central (HD). Nas regiões frontal e central (HE) a potência alfa se correlaciona negativamente ($p < 0.05$) com o **IMO**. O quociente intelectual total - **QIT** possui correlação negativa ($p < 0.01$) com a potência alfa na região central (HD). O **QIT** na região temporal (HE), nas áreas parietal e occipital (HD e HE) também apresentou correlação negativa ($p < 0.05$) com a potência alfa. Na área central (HD) há correlação negativa ($p < 0.05$) da potência alfa com todos os índices da escala ICV, IMO, IVP, IOP e QIT. O **ICV** se correlaciona negativamente nas áreas temporal (HE), parietal (HD), occipital (HD e HE), e no central (HD) ($p < 0.05$) com a potência alfa. Na região cerebral occipital e central (HE e HD) o **ICV** se correlaciona negativamente ($p < 0.05$) com a potência alfa (ver tabela 4).

Tabela 4 - Relação da média da potência da banda **Alfa** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebriais dos 23 adolescentes

	Frontal				Temporal				Parietal				Occipital				Central			
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	P	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,36	0,045	-0,31	0,075	-0,32	0,066	-0,35	0,051	-0,43	0,019	-0,49	0,0086	-0,43	0,019	-0,468	0,012	-0,39	0,032	-0,45	0,015
ICV	-0,26	0,1143	-0,24	0,1340	-0,37	0,041	-0,25	0,123	-0,30	0,079	-0,37	0,0427	-0,37	0,043	-0,35	0,043	-0,24	0,139	-0,40	0,0299
IOP	-0,18	0,2104	-0,08	0,3530	-0,28	0,0968	-0,20	0,1810	-0,28	0,0949	-0,32	0,0662	-0,24	0,1374	-0,25	0,1246	-0,22	0,1605	-0,39	0,0326
IVP	-0,25	0,1263	-0,18	0,2016	-0,22	0,1518	-0,18	0,2076	-0,12	0,2931	-0,49	0,0086	-0,22	0,1533	-0,26	0,1171	-0,22	0,1557	-0,38	0,0358
QIT	-0,32	0,0684	-0,23	0,1466	-0,39	0,0326	-0,30	0,0819	-0,37	0,0415	-0,44	0,0189	-0,40	0,03	-0,41	0,026	-0,33	0,0622	-0,50	0,008

A média da potência da banda **Teta** nas áreas temporal (HE), e parietal e occipital (HD e HE) se correlaciona negativamente com **IMO** e **QIT** ($p < 0.05$). O **IMO** apresenta correlação negativa ($p < 0.01$) com teta na região frontal (HE). O **IOP** tem correlação negativa com teta na região parietal esquerda ($p < 0.01$). Nas áreas temporal (HE), occipital (HD), parietal e central (HD e HE) a média da potência teta se correlaciona negativamente ($p < 0.05$) com o índice de organização perceptual – **IOP**. A média da potência teta apresentou correlação negativa ($p < 0.05$) com o quociente intelectual total – **QIT** nas áreas temporal (HE), parietal, occipital e central (HE e HD) (ver tabela 5).

Tabela 5 - Relação da potência da frequência **Teta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrias

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,27	0,01	-0,23	0,143	-0,18	0,204	-0,24	0,13	-0,35	0,046	-0,37	0,04	-0,36	0,041	-0,38	0,03	-0,28	0,092	-0,22	0,146
ICV	-0,21	0,162	-0,19	0,19	-0,4	0,031	-0,2	0,172	-0,31	0,075	-0,34	0,053	-0,35	0,047	-0,28	0,093	-0,25	0,125	-0,26	0,112
IOP	-0,22	0,153	-0,1	0,318	-0,43	0,02	-0,24	0,128	-0,5	0,007	-0,37	0,038	-0,35	0,046	-0,28	0,095	-0,36	0,045	-0,41	0,023
IVP	-0,29	0,083	-0,16	0,219	-0,34	0,055	-0,19	0,186	-0,21	0,157	-0,17	0,214	-0,31	0,074	-0,39	0,033	-0,28	0,091	-0,29	0,083
QIT	-0,29	0,084	-0,21	0,17	-0,42	0,021	-0,26	0,110	-0,44	0,017	-0,41	0,027	-0,42	0,02	-0,38	0,036	-0,36	0,046	-0,36	0,044

A média da potência da banda delta apresentou na região central (HE) correlação negativa significativa ($p < 0.05$) com o índice de velocidade de processamento – **IVP** (ver tabela 6).

Tabela 6 - Relação da potência da frequência **Delta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebriais

	Frontal		Temporal		Parietal		Occipital		central											
	HE	HD	HE	HD	HE	HD	HE	HD	HE	HD										
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p										
IMO	-0,18	0,207	-0,18	0,207	-0,16	0,226	-0,16	0,234	-0,28	0,091	-0,23	0,141	-0,18	0,197	-0,23	0,14	-0,35	0,051	-0,13	0,279
ICV	-0,08	0,343	-0,1	0,314	-0,18	0,203	-0,007	0,486	-0,11	0,305	-0,07	0,368	-0,12	0,288	-0,06	0,387	-0,17	0,213	-0,07	0,370
IOP	-0,1	0,319	-0,008	0,484	-0,2	0,176	0,01	0,475	-0,27	0,09	-0,06	0,384	-0,05	0,404	-0,002	0,495	-0,27	0,105	-0,15	0,234
IVP	-0,19	0,182	-0,11	0,299	-0,22	0,155	-0,05	0,395	-0,14	0,249	-0,03	0,435	-0,05	0,406	-0,2	0,168	-0,35	0,04	-0,19	0,192
QIT	-0,15	0,24	-0,11	0,302	-0,22	0,148	-0,04	0,415	-0,246	0,12	-0,123	0,286	-0,12	0,277	-0,12	0,29	-0,31	0,071	-0,14	0,253

A média da potência da banda **gama** apresentou correlações negativas e positivas com os índices cognitivos do WISC incluindo QIT, porém de maneira **não significativa** ($p > 0.05$) (ver tabela 7).

Tabela 7 - Relação da potência da frequência **Gama** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebriais

	Frontal				Temporal				Parietal				Occipital				central			
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	P	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	P	R	P
IMO	-0,14	0,267	-0,14	0,257	-0,14	0,257	-0,11	0,314	-0,176	0,21	-0,19	0,193	-0,25	0,123	-0,19	0,196	-0,20	0,173	-0,08	0,358
ICV	0,03	0,452	-0,02	0,457	-0,05	0,405	0,17	0,224	0,22	0,158	0,08	0,353	-0,02	0,464	0,05	0,41	0,03	0,439	0,13	0,268
IOP	0,01	0,471	0,12	0,284	0,01	0,479	0,21	0,15	-0,02	0,467	0,17	0,213	0,02	0,459	0,02	0,455	0,11	0,303	0,11	0,303
IVP	-0,06	0,393	0,04	0,416	-0,05	0,393	0,15	0,245	0,19	0,189	0,18	0,196	-0,11	0,312	-0,05	0,395	0,05	0,408	0,2	0,179
QIT	-0,02	0,454	0,01	0,483	-0,06	0,389	0,15	0,248	0,075	0,366	0,08	0,351	-0,07	0,359	-0,02	0,458	-0,04	0,417	0,12	0,294

A média da potência da banda beta apresentou correlações negativas e positivas com os índices cognitivos do WISC incluindo QIT, entretanto **sem significância** ($p > 0.05$) (ver tabela 8).

Tabela 8 - Relação da potência da frequência **Beta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrias.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,11	0,323	-0,06	0,379	0,07	0,361	-0,01	0,485	0,06	0,386	-0,06	0,385	-0,03	0,431	-0,09	0,332	-0,01	0,468	0,02	0,462
ICV	0,02	0,461	0,03	0,435	0,07	0,366	0,2	0,168	0,23	0,142	0,04	0,422	0,05	0,397	0,04	0,423	0,11	0,304	0,11	0,324
IOP	0,02	0,468	0,14	0,248	0,06	0,387	0,16	0,23	0,002	0,495	-0,01	0,48	0,03	0,445	0,001	0,497	0,01	0,476	-0,05	0,402
IVP	-0,11	0,31	0,02	0,464	0,02	0,463	0,13	0,264	0,26	0,112	0,16	0,227	0,03	0,434	-0,03	0,444	0,05	0,407	0,05	0,404
QIT	-0,03	0,445	0,05	0,4	0,07	0,36	0,17	0,216	0,16	0,224	0,03	0,442	0,03	0,43	-0,002	0,495	0,05	0,403	0,04	0,421

4.4 CORRELAÇÃO DAS POTÊNCIAS EEG COM ÍNDICES COGNITIVOS EM CÉREBROS DO SEXO FEMININO

Na análise de correlação das bandas de frequências do EEG com os índices cognitivos do WISC nos cérebros femininos, a potência alfa tem correlação negativa com todos os índices: IMO, ICV, IOP, ICV e QIT e, em todas as regiões do cérebro registrada, exceto região parietal. O índice de memória operacional - IMO nas áreas frontal (HE e HD) e temporal (HD) se correlaciona negativa e significativamente ($p < 0.05$), com a potência alfa. O IOP se correlaciona negativa e significativamente ($p < 0.05$) com a potência alfa nas regiões frontal (HD), occipital e central (HE e HD), sendo que na região central (HD) a correlação é altamente significativa ($p < 0.01$). O IVP se correlaciona negativa e significativamente com a potência alfa ($p < 0.05$). O QIT se correlaciona negativa e significativamente ($p < 0.01$) nas regiões frontal (HD e HE), temporal (HD), occipital (HE e HD) e central (HD) (ver tabela 9).

Tabela 9 - Relação da potência da frequência **Alfa** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,81	0,015	-0,72	0,035	-0,41	0,178	-0,83	0,022	-0,61	0,069	-0,21	0,322	-0,59	0,077	-0,64	0,060	-0,52	0,111	-0,37	0,200
ICV	-0,62	0,065	-0,71	0,038	-0,58	0,085	-0,66	0,051	-0,47	0,138	-0,47	0,142	-0,75	0,026	-0,89	0,003	-0,39	0,192	-0,78	0,018
IOP	-0,62	0,067	-0,72	0,032	-0,62	0,068	-0,57	0,088	-0,49	0,128	-0,47	0,143	-0,76	0,024	-0,74	0,027	-0,79	0,015	0,086	0,006
IVP	-0,54	0,102	-0,61	0,069	0,400	0,187	-0,48	0,137	-0,36	0,213	-0,24	0,299	-0,58	0,083	-0,67	0,049	-0,49	0,130	-0,61	0,070
QIT	-0,74	0,028	-0,79	0,016	-0,62	0,065	-0,68	0,045	-0,59	0,079	-0,49	0,126	-0,78	0,019	-0,82	0,011	-0,63	0,063	-0,79	0,016

Na análise de correlação das bandas de frequências do EEG com os índices cognitivos do WISC nos cérebros femininos, a potência **Teta** tem correlação negativa significativa ($p < 0.05$) com todos os índices: IMO, ICV, IVP, IOP e QIT. O índice de memória operacional - IMO apresenta correlação negativa com a potência teta nas áreas temporal (HD). O ICV se correlaciona negativa e significativamente ($p < 0.05$), com a potência teta nas áreas frontal (HD e HE), temporal e occipital e central (HD). O IOP se correlaciona negativa e significativamente ($p < 0.05$) com a potência teta nas regiões frontal, temporal, occipital e central (HD e HE); no parietal (HE), sendo que nas regiões temporal (HE) e occipital (HD e HE) a correlação é altamente significativa ($p < 0.01$). O IVP se correlaciona negativa e significativamente com a potência teta ($p < 0.05$) nas regiões frontal (HE), occipital (HD e HE) e central (HE), sendo que na região occipital (HD) a correlação é altamente significativa ($p < 0.01$). O QIT se correlaciona negativa e significativamente ($p < 0.05$) nas regiões frontal, temporal, occipital e central (HD e HE) e parietal (HE) sendo que na região occipital (HD) a correlação é altamente significativa ($p < 0.01$) (ver tabela 10).

Tabela 10 - Relação da potência da frequência **Teta** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,66	0,052	-0,54	0,104	-0,18	0,342	-0,67	0,047	-0,41	0,176	0,07	0,493	-0,50	0,122	-0,60	0,076	-0,49	0,128	-0,11	0,399
ICV	-0,77	0,021	-0,72	0,033	-0,77	0,020	-0,71	0,038	-0,63	0,061	-0,62	0,066	-0,85	0,006	-0,96	0,0002	-0,59	0,078	-0,81	0,014
IOP	-0,79	0,015	-0,77	0,019	-0,84	0,008	-0,69	0,042	-0,71	0,035	-0,63	0,061	-0,87	0,005	-0,90	0,002	-0,75	0,024	-0,79	0,016
IVP	-0,71	0,038	-0,65	0,056	-0,61	0,075	-0,55	0,100	-0,56	0,094	-0,38	0,199	-0,70	0,038	-0,85	0,007	-0,71	0,034	-0,56	0,093
QIT	-0,83	0,011	-0,78	0,018	-0,72	0,033	-0,71	0,036	-0,72	0,033	-0,56	0,094	-0,86	0,006	-0,92	0,001	-0,78	0,018	-0,71	0,037

Na análise de correlação das frequências com os índices cognitivos dos cérebros femininos, em todas as regiões cerebrais exceto a região parietal a potência **Delta** apresenta correlação negativa ($p < 0.05$) com os índices ICV, IVP, IOP e QIT. A potência Delta se correlaciona negativamente ($p < 0.05$) com o índice de compreensão ICV nas áreas frontal, occipital e central (HD e HE), temporal (HE) e parietal (HE), sendo que no occipital (HD) a correlação é altamente significativa ($p < 0.01$). O IOP se correlaciona negativa ($p < 0.05$) com a potência Delta nas regiões frontal, central e occipital (HD e HE), temporal e parietal (HE), sendo que na região central (HE) e occipital (HD) a correlação é altamente significativa ($p < 0.01$). O IVP se correlaciona de forma negativa com a potência delta ($p < 0.05$) nas regiões frontal e parietal (HE) e na região occipital (HD). Na região central no (HE) a correlação IVP- potência delta é altamente significativa ($p < 0.01$). O QIT se correlaciona negativa ($p < 0.05$) nas regiões frontal (HD e HE), temporal (HD), parietal (HE), occipital (HD) e central (HE) (ver tabela 11).

Tabela 11 - Relação da potência da frequência Delta com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebrais do sexo feminino

	Frontal		Temporal		Parietal		Occipital		central											
	HE		HD		HE		HD		HE		HD									
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p								
IMO	-0,48	0,148	-0,44	0,166	-0,15	0,374	-0,47	0,148	-0,27	0,271	0,21	0,324	-0,17	0,355	-0,44	0,162	-0,47	0,147	0,06	0,443
ICV	-0,79	0,017	-0,71	0,035	-0,73	0,031	-0,57	0,082	-0,69	0,040	-0,52	0,116	-0,81	0,012	-0,98	0,0001	-0,71	0,035	-0,75	0,025
IOP	-0,80	0,015	-0,76	0,023	-0,81	0,013	-0,59	0,071	-0,82	0,011	-0,59	0,081	-0,75	0,024	-0,94	0,0007	-0,84	0,008	0,76	0,021
IVP	-0,70	0,038	-0,63	0,062	-0,55	0,092	-0,41	0,183	-0,67	0,049	-0,29	0,256	-0,51	0,124	-0,83	0,009	-0,86	0,006	-0,51	0,120
QIT	-0,75	0,024	-0,72	0,034	-0,64	0,061	-0,56	0,091	-0,73	0,032	-0,42	0,174	-0,65	0,053	-0,89	0,003	-0,83	0,009	-0,58	0,082

A potência **Gama** se correlaciona de forma negativa e significativa ($p < 0.05$) com os índices ICV e IOP nos cérebros femininos. Com o ICV a potência **Gama** apresenta correlação negativa significativa ($p < 0.05$) na região occipital (HE). Com o IOP a potência **Gama** apresenta correlação negativa significativa ($p < 0.05$) na região occipital (HE e HD) (ver tabela 12).

Tabela 12 - Relação da potência da frequência **Gama** com os índices nas áreas e nos hemisférios cerebriais nos cérebros femininos.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,35	0,219	-0,27	0,277	-0,02	0,481	-0,23	0,308	0,01	0,495	0,23	0,307	-0,29	0,261	-0,01	0,493	0,29	0,259	0,28	0,257
ICV	-0,43	0,167	-0,45	0,153	-0,61	0,070	-0,07	0,437	0,28	0,264	-0,21	0,324	-0,81	0,013	-0,66	0,051	-0,44	0,157	-0,42	0,213
IOP	-0,48	0,133	-0,51	0,116	-0,73	0,029	-0,24	0,299	0,03	0,468	-0,41	0,176	-0,86	0,006	-0,81	0,014	-0,30	0,255	-0,28	0,225
IVP	-0,33	0,237	-0,35	0,218	-0,49	0,129	-0,09	0,420	0,14	0,376	-0,12	0,394	-0,65	0,054	-0,63	0,062	-0,05	0,451	-0,06	0,435
QIT	-0,38	0,197	-0,44	0,154	-0,58	0,082	-0,19	0,334	0,12	0,391	-0,19	0,336	-0,79	0,016	-0,61	0,069	-0,19	0,339	-0,21	0,301

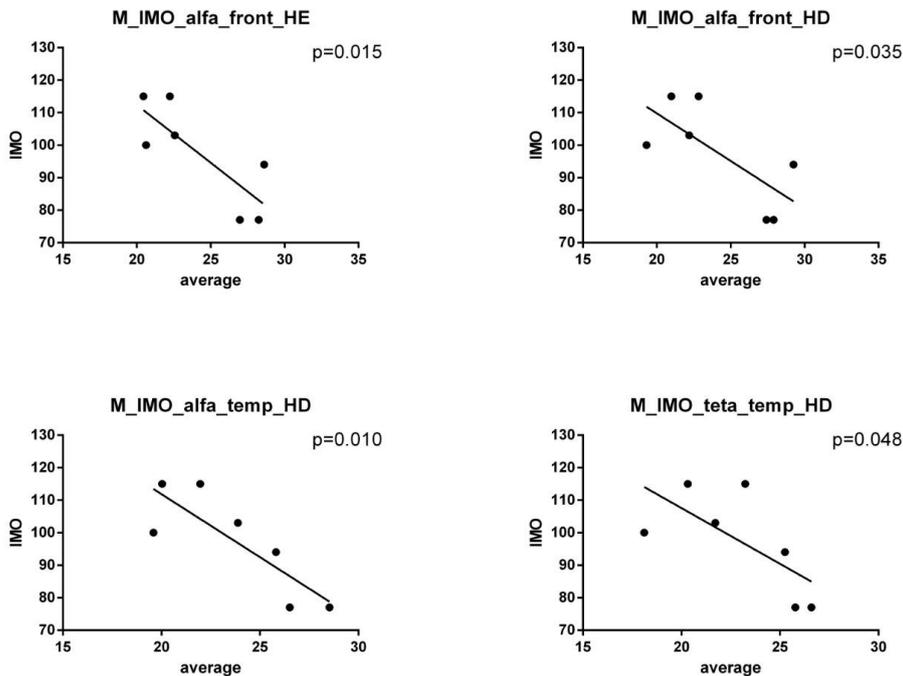
A potência beta não apresentou nenhuma correlação significativa com nenhum dos índices cognitivos incluindo o QIT nos cérebros femininos ($p > 0.05$) (ver tabela 13).

Tabela 13 - Relação da potência da frequência **Beta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais femininos.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,33	0,229	-0,21	0,322	0,38	0,196	-0,08	0,427	0,40	0,180	0,61	0,069	0,30	0,256	0,19	0,338	0,04	0,460	0,34	0,221
ICV	-0,47	0,141	-0,45	0,153	-0,26	0,285	-0,07	0,434	0,25	0,287	0,05	0,456	-0,31	0,248	-0,51	0,121	-0,01	0,491	-0,51	0,122
IOP	-0,59	0,081	-0,61	0,071	-0,47	0,139	-0,31	0,244	0,02	0,474	-0,15	0,369	-0,49	0,132	-0,65	0,054	-0,31	0,246	-0,51	0,116
IVP	-0,46	0,145	-0,44	0,155	-0,22	0,313	-0,14	0,382	0,20	0,331	0,08	0,426	-0,21	0,323	0,47	0,142	-0,22	0,311	-0,22	0,316
QIT	-0,43	0,162	-0,45	0,152	-0,18	0,348	-0,11	0,400	0,27	0,276	0,16	0,364	-0,18	0,346	-0,37	0,205	-0,16	0,365	-0,27	0,274

O índice de memória operacional IMO apresenta correlação negativa significativa com a potência alfa nas regiões frontais (HD ($p < 0.05$) e HE ($p < 0.01$)) e região temporal (HD ($p < 0.01$)) nas adolescentes femininas. Da mesma forma, o IMO apresenta correlação negativa significativa com a potência teta na região temporal (HD) nas adolescentes femininas ($p < 0.05$).

Figura 7 - Gráficos das correlações significativas do índice IMO com a potência Alfa nas regiões frontais (HD e HE) e correlações significativas do índice IMO com a potência teta na região temporal (HD) das mulheres.



O índice de organização perceptual IOP apresenta correlação negativa significativa com a potência delta nas regiões frontais (HD e HE); região occipital (HD e HE); região temporal (HE); região parietal (HE) e região central (HD e HE) nas adolescentes femininas. O índice de organização perceptual IOP apresenta correlação negativa significativa com a potência teta nas regiões frontais (HD e HE); região occipital (HD e HE); região temporal (HD e HE); região parietal (HE) e região central (HD e HE). O índice de organização perceptual IOP apresenta correlação negativa significativa com a potência alfa na região frontal (HD) e região occipital (HD e HE).

Figura 8 - Gráficos das correlações significativas do índice cognitivo IOP com as potências delta, teta e alfa nas cinco regiões corticais registradas no EEG: frontal, occipital, temporal, parietal e central nos dois hemisférios (HD e HE) das mulheres.

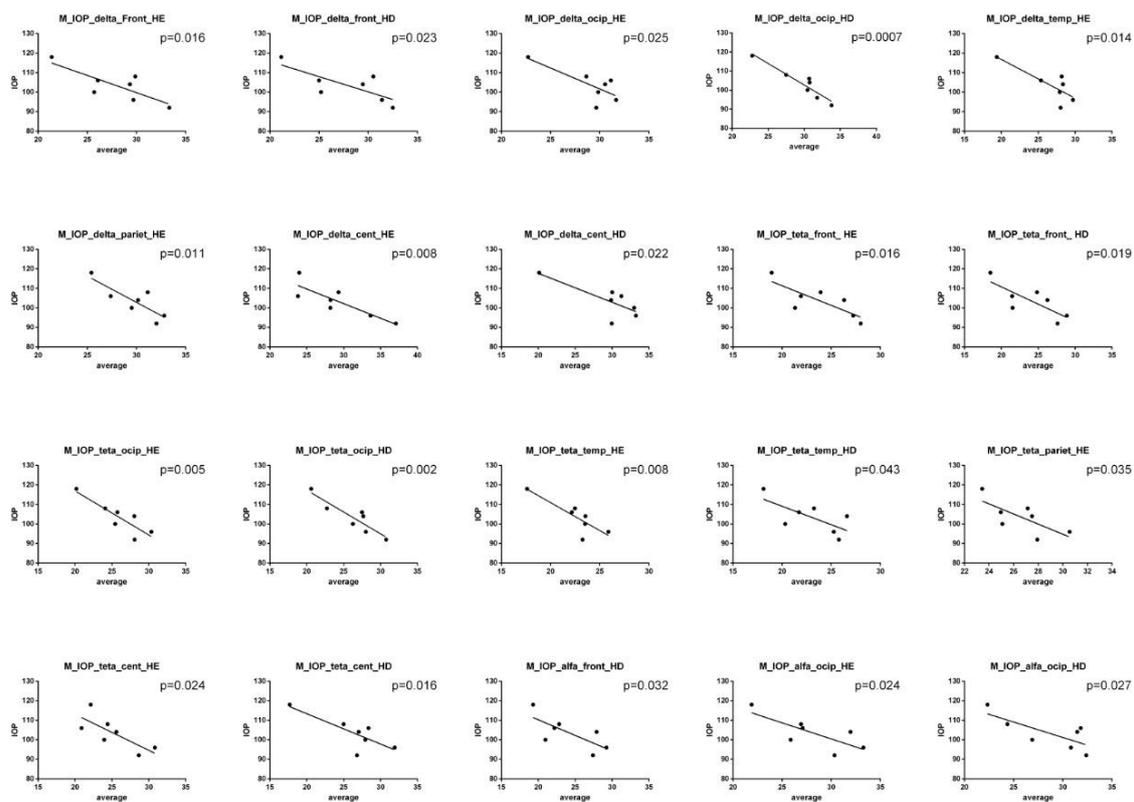
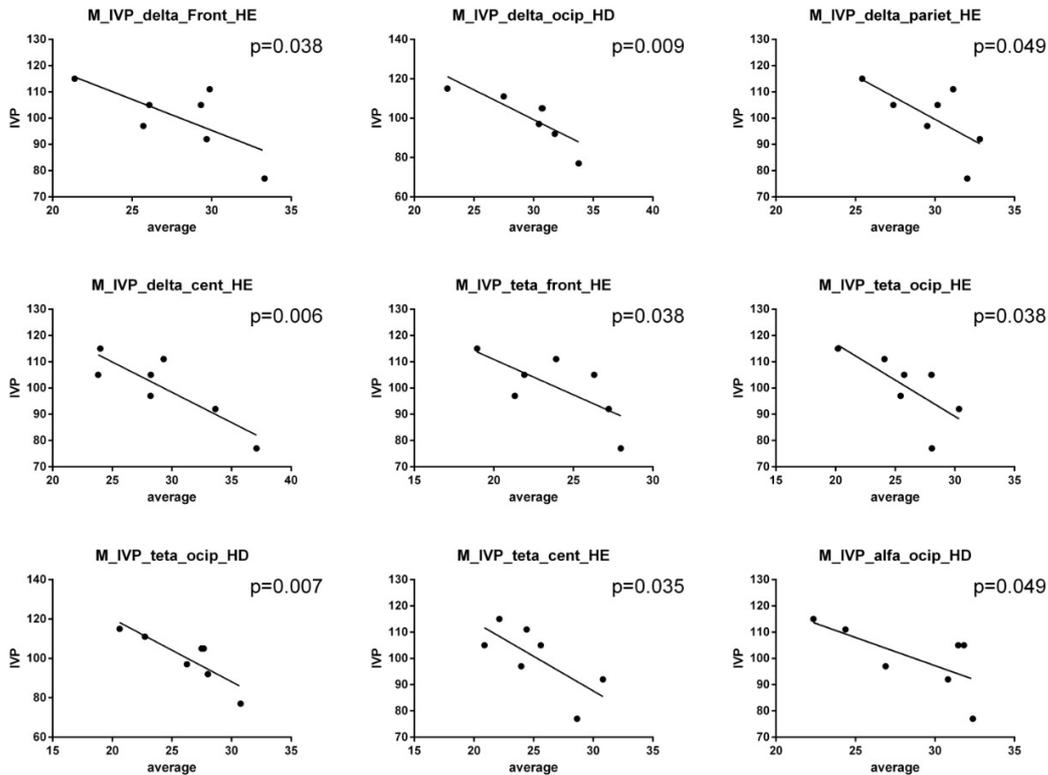
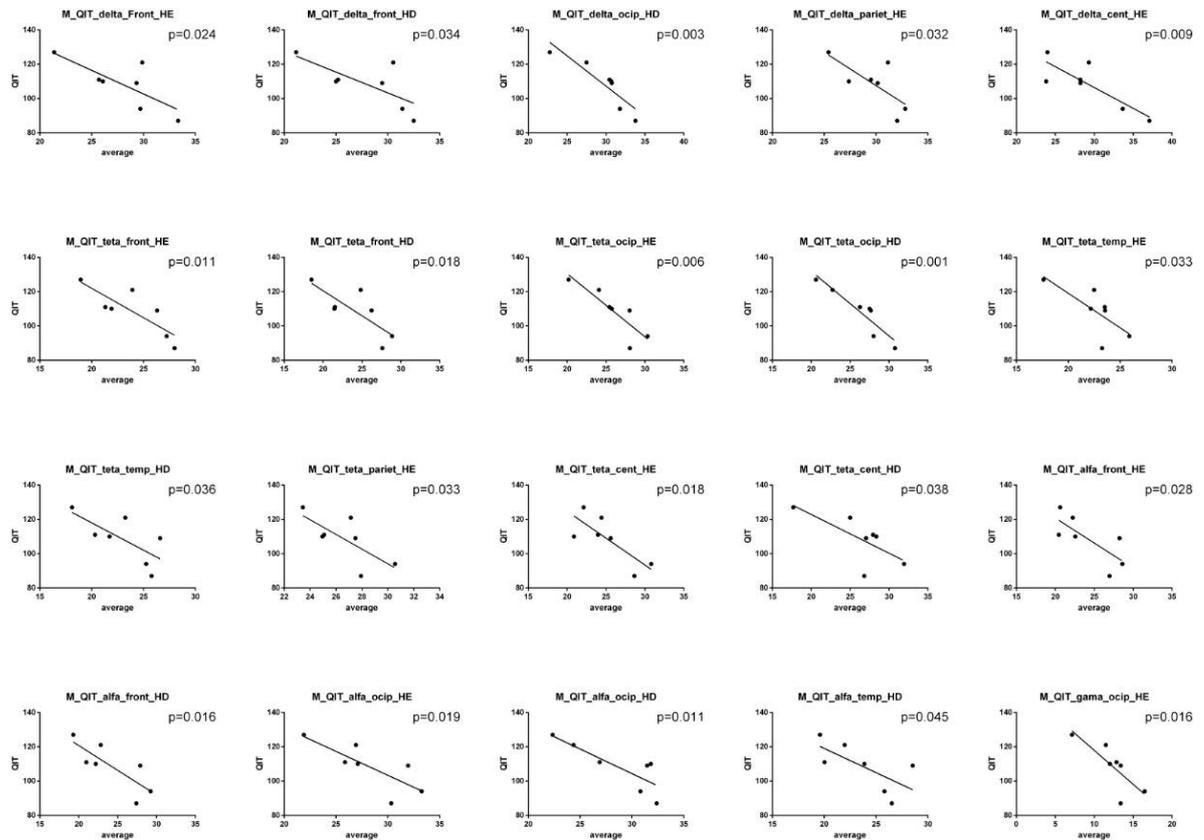


Figura 9 - Gráficos das correlações significativas do índice cognitivo IVP com as potências delta, teta e alfa nas quatro regiões corticais registradas no EEG: frontal, occipital, parietal e central nos dois hemisférios (HD e HE) das mulheres.



O índice de velocidade de processamento IVP apresenta correlação negativa significativa com a potência **Delta** na região frontal (HE); região occipital (HD); região parietal (HE) e região central (HE) nas adolescentes femininas. O índice de velocidade de processamento IVP apresenta correlação negativa significativa com a potência teta na região frontal (HE); região occipital (HD e HE); e região central (HE). O índice de organização perceptual IOP apresenta correlação negativa significativa com a potência alfa na região região occipital (HD).

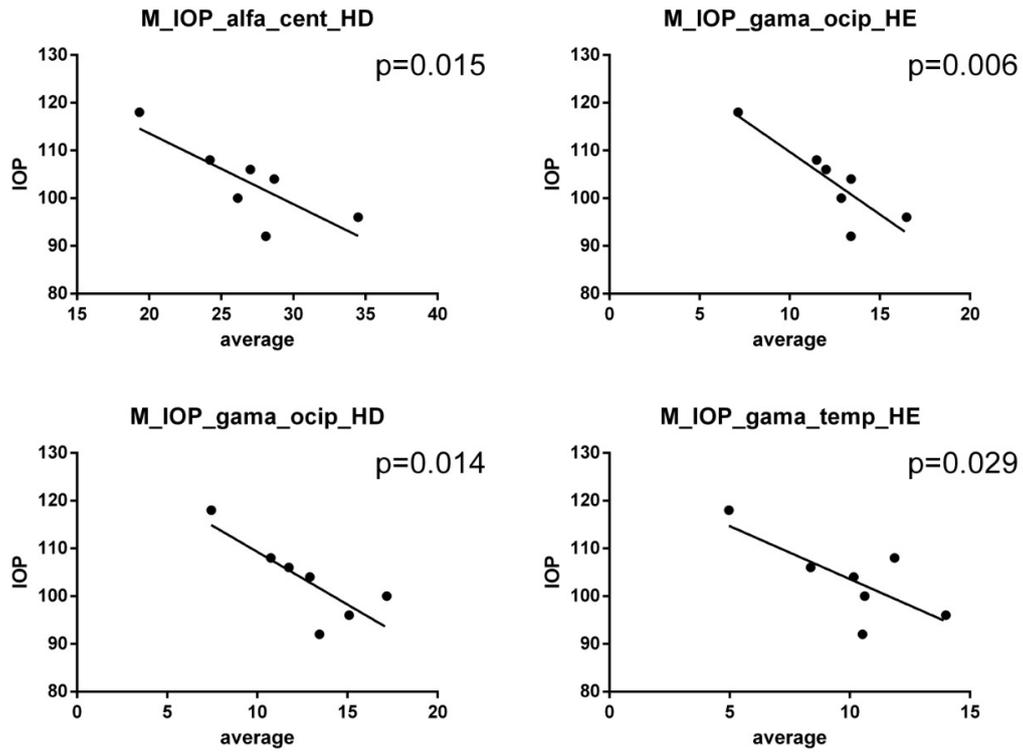
Figura 10 - Gráficos das correlações significativas do índice cognitivo QIT com as potências delta, teta, alfa e gama nas cinco regiões corticais registradas no EEG: frontal, occipital, parietal, temporal e central nos dois hemisférios (HD e HE) das mulheres.



O quociente intelectual total - QIT apresenta correlação negativa com a potência **delta** na região frontal (HE e HD); região occipital (HD); região parietal (HE) e região central (HE) nas adolescentes femininas. O quociente intelectual total - QIT apresenta correlação negativa com a potência **teta** na região frontal (HE e HD); região occipital (HE e HD); região temporal (HE e HD); região parietal (HE) e região central (HE e HD) nas adolescentes femininas. O quociente intelectual total - QIT apresenta correlação negativa com a potência **alfa** na região frontal (HE e HD); região occipital (HE e HD) e região temporal (HD) nas adolescentes femininas. O quociente intelectual total - QIT apresenta correlação negativa com a potência **gama** na região occipital (HE) nas adolescentes femininas.

O índice de organização perceptual - IOP apresenta correlação negativa com a potência **alfa** na região central (HD) ($p < 0.05$). O IOP apresenta correlação negativa com a potência **gama** na região occipital (HE, $p = 0.00$) e (HD, $p < 0.05$). Da mesma forma, o IMO apresenta correlação negativa com a potência **gama** na região temporal (HE ($p < 0.05$)) nas adolescentes femininas.

Figura 11 - Gráficos das correlações do índice IOP com a potência gama nas regiões centrais (HD) e occipitais (HD e HE) e correlações negativas do índice IOP com a potência gama na região temporal (HD) das mulheres.



Nos cérebros do sexo **masculino** a potência **Alfa** apresentou correlação negativa ($p < 0.05$) com o índice IMO e com o QIT na região parietal no (HD) (ver tabela 14).

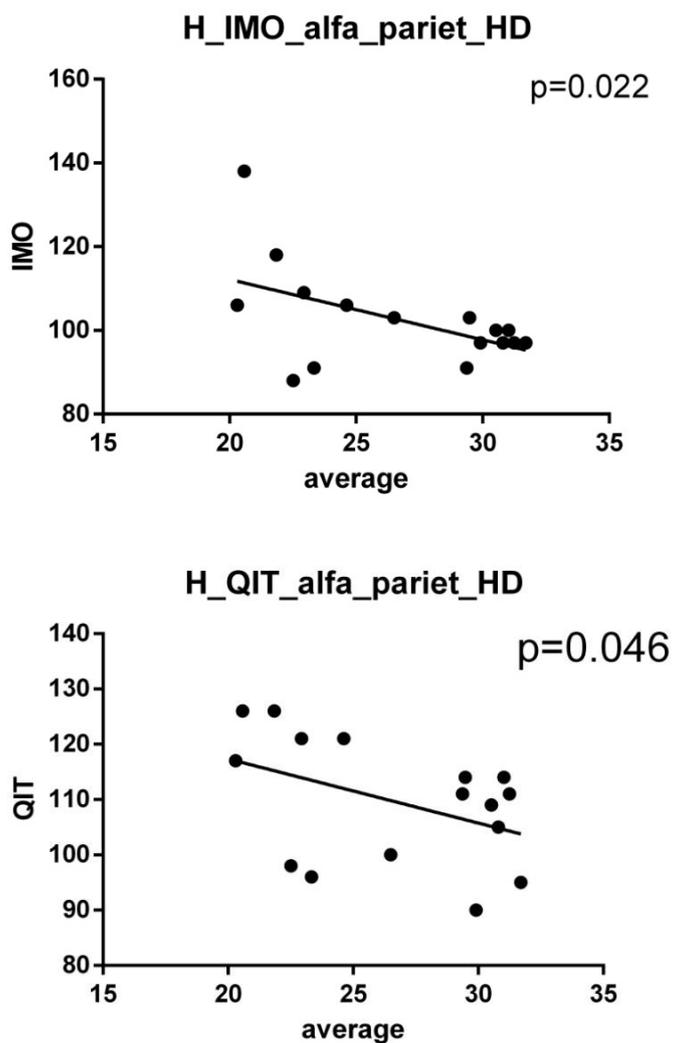
Tabela 14 - Relação da potência da frequência **Alfa** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

	Frontal		Temporal		Parietal		Occipital		central											
	HE		HD		HE		HD		HE		HD									
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p								
IMO	-0,16	0,265	-0,09	0,362	-0,22	0,203	-0,15	0,282	-0,32	0,113	-0,50	0,022	-0,31	0,115	-0,37	0,076	-0,14	0,293	-0,34	0,098
ICV	-0,18	0,249	-0,12	0,320	-0,34	0,095	-0,15	0,277	-0,29	0,136	-0,37	0,071	-0,30	0,128	-0,23	0,195	-0,17	0,257	-0,20	0,221
IOP	-0,04	0,438	0,10	0,342	-0,18	0,250	-0,04	0,428	-0,20	0,219	-0,27	0,150	-0,07	0,397	-0,07	0,395	-0,10	0,394	-0,23	0,193
IVP	-0,14	0,294	0,04	0,439	-0,19	0,231	-0,03	0,450	-0,02	0,463	-0,19	0,235	-0,07	0,390	-0,04	0,439	-0,01	0,493	-0,15	0,277
QIT	-0,17	0,260	-0,04	0,440	-0,62	0,064	-0,68	0,300	-0,30	0,128	-0,43	0,046	-0,26	0,162	-0,23	0,188	-0,16	0,269	-0,29	0,130

O índice de memória operacional - IMO apresenta correlação negativa com a potência alfa na região parietal (HD) ($p < 0.05$) nos adolescentes masculinos.

O índice de Quociente intelectual total - QIT apresenta correlação negativa com a potência alfa na região parietal (HD) ($p < 0.05$) nos adolescentes masculinos.

Figura 12 - Gráficos das correlações negativas do índice IMO e do QIT com a potência alfa na região parietal (HD) nos cérebros do sexo masculino.



A potência **Beta** não apresentou correlação significativa com nenhum índice cognitivo e nem com o QIT nos cérebros do sexo masculino ($p > 0.05$) (ver tabela 15).

Tabela 15 - Relação da potência da frequência **Beta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD	
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p
IMO	-0,06	0,399	0,01	0,481	0,05	0,413	0,05	0,416	-0,08	0,378	-0,35	0,087	-0,11	0,336	-0,18	0,250	0,01	0,488	-0,06	0,406
ICV	0,14	0,295	0,15	0,289	0,16	0,267	0,27	0,154	0,20	0,225	0,01	0,470	0,15	0,279	0,21	0,208	0,16	0,274	0,31	0,119
IOP	0,15	0,287	0,34	0,097	0,24	0,185	0,34	0,093	0,02	0,458	0,07	0,398	0,24	0,177	0,24	0,184	0,08	0,380	0,08	0,375
IVP	0,04	0,427	0,27	0,153	0,17	0,255	0,32	0,111	0,34	0,096	0,24	0,184	0,20	0,229	0,27	0,150	0,25	0,166	0,26	0,165
QIT	0,10	0,351	0,23	0,192	0,19	0,230	0,31	0,119	0,12	0,323	-0,02	0,465	0,15	0,279	0,17	0,254	0,13	0,306	0,18	0,244

A potência **Teta** não apresentou correlação significativa com nenhum índice cognitivo e nem com o QI nos cérebros do sexo masculino ($p > 0.05$) (ver tabela 16).

Tabela 16 - Relação da potência da frequência **Teta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

	Frontal		Temporal		Parietal		Occipital		central											
	HE		HD		HE		HD		HE											
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p										
IMO	-0,09	0,356	-0,01	0,477	-0,06	0,411	0,01	0,489	-0,18	0,246	-0,40	0,060	-0,16	0,268	-0,21	0,209	0,01	0,489	-0,13	0,309
ICV	-0,06	0,406	-0,03	0,446	0,29	0,135	-0,05	0,422	-0,21	0,215	-0,24	0,182	-0,19	0,229	-0,01	0,473	-0,08	0,370	0,06	0,406
IOP	-0,07	0,396	0,10	0,352	-0,29	0,134	-0,05	0,416	-0,42	0,052	-0,28	0,139	-0,14	0,290	-0,04	0,432	-0,22	0,201	-0,25	0,170
IVP	-0,12	0,321	0,11	0,332	-0,24	0,184	0,03	0,451	0,01	0,491	-0,03	0,454	-0,04	0,434	-0,04	0,434	0,10	0,344	0,03	0,454
QIT	-0,11	0,342	0,02	0,457	-0,30	0,126	-0,04	0,437	-0,31	0,119	-0,33	0,105	-0,20	0,221	-0,09	0,369	-0,11	0,339	-0,10	0,353

A potência **Delta** não apresentou correlação significativa com nenhum índice cognitivo e nem com o QI nos cérebros do sexo masculino ($p > 0.05$) (ver tabela 17).

Tabela 17 - Relação da potência da frequência **Delta** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

	Frontal		Temporal		Parietal		Occipital		central											
	HE		HD		HE		HD		HE		HD									
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p								
IMO	-0,07	0,398	-0,04	0,433	-0,07	0,391	0,02	0,461	-0,19	0,232	-0,33	0,103	-0,14	0,294	-0,12	0,326	-0,08	0,376	-0,15	0,277
ICV	0,07	0,389	0,06	0,410	0,01	0,480	0,18	0,241	0,10	0,351	0,09	0,356	0,08	0,379	0,22	0,198	0,12	0,318	0,31	0,115
IOP	0,04	0,431	0,17	0,261	0,03	0,450	0,23	0,195	-0,11	0,340	0,07	0,387	0,13	0,304	0,24	0,180	-0,01	0,487	0,10	0,355
IVP	0,01	0,495	0,16	0,269	0,01	0,485	0,18	0,240	0,23	0,191	0,16	0,270	0,22	0,198	0,16	0,274	0,24	0,179	0,18	0,252
QIT	0,02	0,462	0,09	0,360	-0,01	0,485	0,20	0,227	-0,02	0,459	0,01	0,494	0,07	0,393	0,18	0,249	0,05	0,417	0,15	0,278

A potência Gama não apresentou correlação significativa com nenhum índice cognitivo e nem com o QI nos cérebros do sexo masculino ($p > 0.05$) (ver tabela 18).

Tabela 18 - Relação da potência da frequência **Gama** com os índices cognitivos nas áreas e nos hemisférios cerebrais dos adolescentes masculinos.

	Frontal		Temporal				Parietal				Occipital				central					
	HE		HD		HE		HD		HE		HD		HE		HD					
	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	P
IMO	-0,09	0,358	-0,06	0,409	-0,06	0,407	-0,01	0,489	-0,20	0,218	-0,25	0,170	-0,12	0,318	-0,16	0,268	-0,17	0,255	-0,17	0,249
ICV	0,13	0,314	0,07	0,398	0,10	0,345	0,21	0,216	0,18	0,240	0,13	0,314	0,22	0,204	0,26	0,164	0,32	0,110	0,32	0,114
IOP	0,13	0,305	0,28	0,139	0,22	0,203	0,35	0,089	-0,01	0,496	0,26	0,156	0,27	0,148	0,27	0,149	0,24	0,184	0,24	0,182
IVP	0,05	0,266	0,22	0,199	0,20	0,228	0,31	0,120	0,25	0,165	0,36	0,081	0,22	0,199	0,29	0,133	0,41	0,054	0,41	0,051
QIT	0,08	0,370	0,16	0,274	0,14	0,296	0,27	0,148	0,07	0,397	0,15	0,285	0,20	0,219	0,22	0,205	0,25	0,175	0,23	0,122

5 DISCUSSÃO

A investigação das diferentes correlações entre a potência das bandas de frequências **delta**, **teta**, **alfa**, **beta** e **gama** do EEG com os índices cognitivos da escala Wisc-IV: ICV, IMO, IVP, IOP e o QIT em diversas regiões corticais foi o foco central desse trabalho. Adicionalmente, investigou-se a correlação da potência média das bandas de frequência com a idade, como também a análise comparativa de resultados entre os gêneros masculino e feminino.

Nossos principais achados foram que a potência **alfa** se correlaciona negativamente com o índice de memória operacional – IMO nas regiões: frontal, parietal, occipital e central em todos os adolescentes, porém de forma mais significativa nas mulheres. A capacidade deliberada de controlar a atenção para manter e manipular informações na memória de trabalho é realizada com o acoplamento da potência alfa que é fundamental para funções cognitivas superiores (RUCHKIN e colab., 2003).

Do ponto de vista anatômico, a rede que governa a memória de trabalho é distribuída por uma grande parte do cérebro. Em particular, tarefas de memória de trabalho que envolvem informações visuoespaciais ativam áreas do córtex pré-frontal (CPF) e são frequentemente lateralizadas à direita. Além disso, durante toda a manutenção da memória de trabalho, os conjuntos neuronais pré-frontal e parietal são ativados simultaneamente. O aumento da dificuldade em uma tarefa de memória de trabalho está associada ao aumento da conectividade entre as áreas pré-frontal e parietal (BEAUCHENE e colab., 2016).

Os efeitos na banda **alfa** observados neste estudo são, em geral, consistentes com a visão predominante de que as oscilações alfa são um indicador cortical de “funcionamento lentificado”, pois a maioria dos dados disponíveis na literatura usando EEG e fMRI simultaneamente relataram correlações negativas com a banda de frequência alfa, principalmente que vai de 8 a 10 hz (MELTZER e colab., 2007; MICHELS e colab., 2010; SCHEERINGA e colab., 2011). Os sinais de EEG na banda de 8–12 Hz são atenuados por tarefas que exigem atenção (GEVINS, 2000; MAURER e colab., 2015).

A memória de trabalho é uma função executiva onde as ondas de alta frequência estão relacionadas com ativação de circuitos intrínsecos corticais e a ativação dos circuitos frontais envia a frequência para zonas elevadas. Concomitante com o desengajamento de alças talamaocorticais que predispõe estes circuitos para oscilações de baixa frequência estão relacionadas com a ativação de circuitos intrínsecos corticais.

É de se esperar que bandas de baixa frequência fiquem menos ativas no momento de sustentação da carga informativa (SAUSENG e colab., 2006; SCHEERINGA e colab., 2011). Meltzer e colaboradores (2007) realizaram uma investigação utilizando EEG e IRMF em uma tarefa de memória operacional e apontaram que a amplitude alfa diminui sob condições de maior estimulação e demanda cognitiva, principalmente em regiões corticais posteriores. Eles demonstraram uma forte correlação negativa da potência alfa durante a realização das tarefas de dígitos e essa diminuição da potência é maior quando aumenta o número de dígitos.

Os resultados também apontam que tarefas de habilidades linguísticas - ICV apresentam correlação negativa significativa nas regiões frontal, temporal, parietal, occipital e central, com relação às bandas delta, teta, alfa e gama nos cérebros femininos predominando significância inter-hemisféricas. A banda **gama** em especial, apresentou correlação negativa significativa com os índices ICV, IOP e QIT. Esses dados são sustentados pelas pesquisas realizadas por Tierney e seus colaboradores (2013, 2014), onde a potência gama apresenta uma correlação inversa com a competência verbal. Quanto melhor é o desempenho cognitivo, menor é a potência da banda gama. Tierney sugere como conclusão que a potência gama em repouso atua como índice de progresso maturacional em adolescentes (TIERNEY e colab., 2014).

A banda de frequência **teta** foi a que mais apresentou correlação negativa significativa com todos os índices cognitivos, mais especificamente nas áreas frontal, temporal, occipital e central de forma interhemisférica nos cérebros femininos. Correlações positivas da frequência teta nessas áreas estão associadas a patologias como transtorno do déficit de atenção e hiperatividade – TDAH, transtorno do espectro autista - TEA (BINK e colab., 2015; GLOSS e colab., 2016; HALAWA e colab., 2017; HERMENS e colab., 2005; KOZHUSHKO e colab., 2018), deficiência intelectual - DI e imaturidade cortical (BUCHMANN e colab., 2011). Não encontramos nenhuma correlação com a banda **beta** no grupo dos adolescentes e nem na análise dos gêneros. Correlações positivas com a potência beta foi sugerida como marcador de disfunções cognitivas e de comunicação (GLOSS e colab., 2016; HALAWA e colab., 2017; KOZHUSHKO e colab., 2018).

O índice de organização perceptual – IOP que se refere à cognição espacial e abstração com imagens, apresentou correlação negativa de forma significativa com as bandas delta, teta e alfa nos cérebros do sexo feminino e somente com a banda alfa nos cérebros do sexo masculino.

Na análise comparativa da correlação entre o índice IMO e a potência alfa entre homens e mulheres, observamos que as mulheres adolescentes apresentam correlação negativa em regiões frontais inter-hemisféricas, ou seja, entre os dois hemisférios cerebrais em comparação com os homens, que apresentam correlação negativa significativa em região parietal, ou seja, em um hemisfério cerebral. Esse achado corrobora o resultado obtido com uma amostra de 949 jovens (8 a 22 anos, 428 homens e 521 mulheres) em um estudo avaliando as diferenças topológicas do conectoma entre os sexos (INGALHALIKAR e colab., 2014). Esse dado apontou que os cérebros masculinos são otimizados para um funcionamento intra-hemisférico e os cérebros femininos para comunicação inter-hemisférica. Ou seja o cérebro masculino utiliza de forma otimizada um hemisfério cerebral e as mulheres utilizam de forma otimizada os dois hemisférios, sendo que os links inter-hemisféricos das mulheres, é bastante evidente no período da adolescência, e diminui conforme a maturação neural (INGALHALIKAR e colab., 2014). Esse dado sugere que os cérebros masculinos são estruturados para facilitar a conectividade entre a percepção e a ação coordenada, e a arquitetura dos cérebros femininos é projetada para facilitar a comunicação entre os modos de processamento analítico e intuitivo (INGALHALIKAR e colab., 2014).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação aos resultados obtidos nesse trabalho, observamos que quanto melhor é o desempenho dos adolescentes nos índices cognitivos investigados, menor é a potência das bandas de frequências delta, teta e alfa, de forma mais pronunciada nos cérebros do sexo feminino. As potências delta, teta e gama são marcadores de maturação neural, e essas frequências apresentaram correlações negativas nos indivíduos estudados. Os cérebros do sexo feminino apresentam maior índice de maturação neural, em comparação aos cérebros do sexo masculino, estabelecendo correlação negativa entre os índices e as potências delta, teta, alfa e gama. Na análise de gêneros observamos que os cérebros femininos apresentam funcionamento inter-hemisférico na correlação entre potências e índices cognitivos quando comparados aos cérebros do sexo masculino que apresentam um funcionamento intrahemisférico. Esses resultados corroboram evidências disponíveis na literatura apontando um amadurecimento cognitivo feminino mais acelerado durante a adolescência (LENROOT., 2010).

A correlação negativa entre a potência alfa e o índice de funcionamento executivo de memória operacional na região frontal dos adolescentes pode ser apontada como maturidade cortical e ausência de patologias. Nos cérebros femininos as regiões occipital, frontal, temporal e central inter-hemisférica apresentou maior índice de correlação negativa respectivamente corroborando com a ordem de maturação regional.

7 REFERÊNCIAS

ACHARD, S. e BULLMORE, E. **Eficiência e custo de redes funcionais cerebrais econômicas**. *Biologia computacional PLoS*, v. 3, n. 2, p. e17, Fev 2007.

ARNSTEN, Amy F.T. e colab. **The effects of stress exposure on prefrontal cortex: Translating basic research into successful treatments for post-traumatic stress disorder**. *Neurobiology of Stress*, v. 1, p. 89–99, Jan 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352289514000101>>.

ARNSTEN, Amy F T. **Stress weakens prefrontal networks: molecular insults to higher cognition**. *Nature Neuroscience*, v. 18, n. 10, p. 1376–1385, 25 Out 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/nn.4087>>.

BENASICH, April A. e colab. **Early cognitive and language skills are linked to resting frontal gamma power across the first 3 years**. *Behavioural Brain Research*, v. 195, n. 2, p. 215–222, Dez 2008. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166432808004993>>.

BINK, M. e colab. **EEG theta and beta power spectra in adolescents with ADHD versus adolescents with ASD + ADHD**. *European Child & Adolescent Psychiatry*, v. 24, n. 8, p. 873–886, 6 Ago 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00787-014-0632-x>>.

BLAKEMORE, Sarah-Jayne e CHOUDHURY, Suparna. **Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition**. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, v. 47, n. 3–4, p. 296–312, Mar 2006. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-7610.2006.01611.x>>.

BOSAEUS, Elisabeth e MATOUSEK, Milos e PETERSEN, Ingemar. **Correlation between paedopsychiatric findings and EEG-variables in well-functioning children of ages 5 to 16 years An EEG frequency analysis study**. *Scandinavian Journal of Psychology*, v. 18, n. 1, p. 140–147, Set 1977. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-9450.1977.tb00268.x>>.

BOSL, William e colab. **EEG complexity as a biomarker for autism spectrum disorder risk**. *BMC Medicine*, v. 9, n. 1, p. 18, 22 Dez 2011. Disponível em: <<http://bmcmmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/1741-7015-9-18>>.

- BUCHMANN, Andreas e colab. **EEG Sleep Slow-Wave Activity as a Mirror of Cortical Maturation.** *Cerebral Cortex*, v. 21, n. 3, p. 607–615, 2011. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cercor/article-lookup/doi/10.1093/cercor/bhq129>>.
- BURKE, Robert E. **Sir Charles Sherrington's The integrative action of the nervous system: a centenary appreciation.** *Brain*, v. 130, n. 4, p. 887–894, Abr 2007.
- CAIRNS, Robert B. e colab. **Social networks and aggressive behavior: Peer support or peer rejection?** *Developmental Psychology*, v. 24, n. 6, p. 815–823, 1988. Disponível em: <<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0012-1649.24.6.815>>.
- CAMPBELL, I. G. e FEINBERG, I. **Longitudinal trajectories of non-rapid eye movement delta and theta EEG as indicators of adolescent brain maturation.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 13, p. 5177–5180, 31 Mar 2009. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0812947106>>.
- CANTARELLI, Thamiris Lins e JÚNIOR, José Jair Alves Mendes e STEVAN JR, Sergio Luiz. **Fundamentos da medição do EEG: Uma introdução.** 2016, Ponta Grossa: [s.n.], 2016. p. 1–6. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308400572_FUNDAMENTOS_DA_MEDI_CAO_DO_EEG_UMA_INTRODUCAO>.
- CARROLL, J. B. **Human cognitive abilities: A survey of factor analytic studies.** Nova York: Cambridge University Press, 1993.
- CASEY, B.J. e JONES, Rebecca M. e HARE, Todd A. **The Adolescent Brain.** *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1124, n. 1, p. 111–126, Mar 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1196/annals.1440.010>>.
- CATTELL, Raymond B. **Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment.** *Journal of Educational Psychology*, v. 54, n. 1, p. 1–22, 1963. Disponível em: <<http://content.apa.org/journals/edu/54/1/1>>.
- CLARKE, Adam R. e colab. **Behavioural differences between EEG-defined subgroups of children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder.** *Clinical Neurophysiology*, v. 122, n. 7, p. 1333–1341, Jul 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1388245710008709>>.
- CONWAYA, A. R. A. e colab. **A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence.** *Intelligence*, v. 30, n. 2, p. 163–183, 2002. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/afd4/e0139f433471d4eb3da59a503af81880d2a7.pdf?_ga=2.217003411.461693996.1539529149-487938835.1539529149>.
- CORNING, W C e STEFFY, R A e CHAPRIN, I C. **EEG slow frequency and WISC-R correlates.** *Journal of abnormal child psychology*, v. 10, n. 4, p. 511–30, Dez 1982. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7161442>>.
- COURCHESNE, Eric e colab. **Mapping Early Brain Development in Autism.** *Neuron*, v. 56, n. 2, p. 399–413, Out 2007. Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896627307007775>>.

DAW, N W. **Critical periods and strabismus: what questions remain?** *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*, v. 74, n. 9, p. 690–4, Set 1997. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9380366>>.

DE ARAÚJO COSTA FOLHA, Otávio Augusto e colab. **Effect of chronic stress during adolescence in prefrontal cortex structure and function.** *Behavioural Brain Research*, v. 326, p. 44–51, Maio 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166432817303133>>.

DIAMOND, Adele. **Executive Functions.** *Annual Review of Psychology*, v. 64, n. 1, p. 135–168, 3 Jan 2013. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-psych-113011-143750>>.

DUNPHY, Dexter C. **The Social Structure of Urban Adolescent Peer Groups.** *Sociometry*, v. 26, n. 2, p. 230, Jun 1963. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2785909?origin=crossref>>.

FEINBERG, I. **Schizophrenia: Caused by a fault in programmed synaptic elimination during adolescence?** *Journal of Psychiatric Research*, v. 17, n. 4, p. 319–334, Jan 1982.

FIELDS, R. Douglas. **Myelination: An Overlooked Mechanism of Synaptic Plasticity?** *The Neuroscientist*, v. 11, n. 6, p. 528–531, 29 Dez 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1073858405282304>>.

FOX, Sharon E. e LEVITT, Pat e NELSON III, Charles A. **How the Timing and Quality of Early Experiences Influence the Development of Brain Architecture.** *Child Development*, v. 81, n. 1, p. 28–40, Jan 2010. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-8624.2009.01380.x>>.

GALVAN, A. e colab. **Earlier Development of the Accumbens Relative to Orbitofrontal Cortex Might Underlie Risk-Taking Behavior in Adolescents.** *Journal of Neuroscience*, v. 26, n. 25, p. 6885–6892, 21 Jun 2006. Disponível em: <<http://www.jneurosci.org/cgi/doi/10.1523/JNEUROSCI.1062-06.2006>>.

GEVINS, A. **Neurophysiological Measures of Working Memory and Individual Differences in Cognitive Ability and Cognitive Style.** *Cerebral Cortex*, v. 10, n. 9, p. 829–839, 1 Set 2000. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cercor/article-lookup/doi/10.1093/cercor/10.9.829>>.

GLOSS, David e colab. **Practice advisory: The utility of EEG theta/beta power ratio in ADHD diagnosis: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology.** *Neurology*, v. 87, n. 22, p. 2375–2379, 29 Nov 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27760867>>.

GLUCKMAN, Peter D. e HANSON, Mark A. **Evolution, development and timing of**

puberty. Trends in Endocrinology & Metabolism, v. 17, n. 1, p. 7–12, Jan 2006.
Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043276005002602>>.

GOGTAY, N. e colab. **Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 101, n. 21, p. 8174–8179, 25 Maio 2004. Disponível em:
<<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0402680101>>.

GOTTFREDSON, Linda S. **Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history, and bibliography.** Intelligence, v. 24, n. 1, p. 13–23, Jan 1997.
Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160289697900118>>.

GOU, Zhenkun e CHOUDHURY, Naseem e BENASICH, April A. **Resting frontal gamma power at 16, 24 and 36 months predicts individual differences in language and cognition at 4 and 5 years.** Behavioural Brain Research, v. 220, n. 2, p. 263–270, Jul 2011. Disponível em:
<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016643281100088X>>.

HAGMANN, P. e colab. **White matter maturation reshapes structural connectivity in the late developing human brain.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 107, n. 44, p. 19067–19072, 2 Nov 2010. Disponível em:
<<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1009073107>>.

HALAWA, Islam e colab. **Frontal theta/beta ratio changes during TOVA in Egyptian ADHD children.** Neurosciences, v. 22, n. 4, p. 287–291, 1 Out 2017.
Disponível em:
<<http://www.neurosciencesjournal.org/PDFFiles/Oct17/05frontal20170067.pdf>>.

HAWORTH, C M A e colab. **The heritability of general cognitive ability increases linearly from childhood to young adulthood.** Molecular Psychiatry, v. 15, n. 11, p. 1112–1120, 2 Nov 2010. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/mp200955>>.

HENSCH, T K e colab. **Local GABA circuit control of experience-dependent plasticity in developing visual cortex.** Science (New York, N.Y.), v. 282, n. 5393, p. 1504–8, 20 Nov 1998. Disponível em:
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9822384>>.

HERMENS, Daniel F. e colab. **Sex differences in adolescent ADHD: findings from concurrent EEG and EDA.** Clinical Neurophysiology, v. 116, n. 6, p. 1455–1463, Jun 2005. Disponível em:
<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1388245705000684>>.

HU, Hua e GAN, Jian e JONAS, Peter. **Interneurons. Fast-spiking, parvalbumin⁺ GABAergic interneurons: from cellular design to microcircuit function.** Science (New York, N.Y.), v. 345, n. 6196, p. 1255263, 1 Ago 2014. Disponível em:
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25082707>>.

INGALHALIKAR, M. e colab. **Sex differences in the structural connectome of the human brain.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 111, n. 2, p. 823–828, 14 Jan 2014. Disponível em:

<<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1316909110>>.

JAEGER, Antonio e PARENTE, Maria Alice de Mattos Pimenta. **Cognição e eletrofisiologia: uma revisão crítica das perspectivas nacionais**. *Psico-USF*, v. 15, n. 2, p. 171–180, Ago 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-82712010000200005&lng=pt&tlng=pt>.

JANUARY, Stacy-Ann A. e colab. **Longitudinal Pathways from Cumulative Contextual Risk at Birth to School Functioning in Adolescence: Analysis of Mediation Effects and Gender Moderation**. *Journal of Youth and Adolescence*, v. 46, n. 1, p. 180–196, 24 Jan 2017. Disponível em:

<<http://link.springer.com/10.1007/s10964-016-0560-9>>.

JOHNSON, Mark H. **Functional brain development in humans**. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 2, n. 7, p. 475–483, 1 Jul 2001. Disponível em:

<<http://www.nature.com/articles/35081509>>.

JORDAN, Chloe J. e ANDERSEN, Susan L. **Sensitive periods of substance abuse: Early risk for the transition to dependence**. *Developmental Cognitive Neuroscience*, v. 25, p. 29–44, Jun 2017. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1878929316301931>>.

JURASKA, Janice M. e WILLING, Jari. **Pubertal onset as a critical transition for neural development and cognition**. *Brain Research*, v. 1654, p. 87–94, Jan 2017.

Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006899316302050>>.

KAC, G e AUXILIADORA DE SANTA CRUZ COEL e VELASQUEZ-MELENDZ, G. **Secular trend in age at menarche for women born between 1920 and 1979 in Rio de Janeiro, Brazil**. *Annals of human biology*, v. 27, n. 4, p. 423–8, 2000.

Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10942349>>.

KARMILOFF-SMITH, Annette e colab. **Environmental and Genetic Influences on Neurocognitive Development**. *Clinical Psychological Science*, v. 2, n. 5, p. 628–637, 6 Set 2014. Disponível em:

<<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2167702614521188>>.

KHURANA, Atika e colab. **Modeling Trajectories of Sensation Seeking and Impulsivity Dimensions from Early to Late Adolescence: Universal Trends or Distinct Sub-groups?** *Journal of Youth and Adolescence*, v. 47, n. 9, p. 1992–2005, 6 Set 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10964-018-0891-9>>.

KLEM, G H e colab. **The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology**. *Electroencephalography and clinical neurophysiology. Supplement*, v. 52, p. 3–6, 1999. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10590970>>.

KOENIS, Marinka M.G. e colab. **Association between structural brain network efficiency and intelligence increases during adolescence**. *Human Brain Mapping*, v. 39, n. 2, p. 822–836, Fev 2018. Disponível em:

<<http://doi.wiley.com/10.1002/hbm.23885>>.

KOENIS, Marinka M.G. e colab. **Development of the brain's structural network efficiency in early adolescence: A longitudinal DTI twin study.** *Human Brain Mapping*, v. 36, n. 12, p. 4938–4953, Dez 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/hbm.22988>>.

KONRAD, Kerstin e FIRK, Christine e UHLHAAS, Peter J. **Brain Development During Adolescence.** *Deutsches Aerzteblatt Online*, v. 110, n. 25, p. 425–31, 21 Jun 2013. Disponível em: <<https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2013.0425>>.

KOZHUSHKO, Nadezhda Ju. e colab. **Specificity of spontaneous EEG associated with different levels of cognitive and communicative dysfunctions in children.** *International Journal of Psychophysiology*, v. 128, p. 22–30, Jun 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167876017300363>>.

LOPEZ-GORDO, M. e SANCHEZ-MORILLO, D. e VALLE, F. **Dry EEG Electrodes.** *Sensors*, v. 14, n. 7, p. 12847–12870, 18 Jul 2014. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12847>>.

MAURER, Urs e colab. **Frontal Midline Theta Reflects Individual Task Performance in a Working Memory Task.** *Brain Topography*, v. 28, n. 1, p. 127–134, 1 Jan 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10548-014-0361-y>>.

MCEWEN, Bruce S. e MORRISON, John H. **The Brain on Stress: Vulnerability and Plasticity of the Prefrontal Cortex over the Life Course.** *Neuron*, v. 79, n. 1, p. 16–29, Jul 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896627313005448>>.

MCGREW, Kevin S. **CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research.** *Intelligence*, v. 37, n. 1, p. 1–10, Jan 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160289608000986>>.

MELTZER, Jed A. e colab. **Individual differences in EEG theta and alpha dynamics during working memory correlate with fMRI responses across subjects.** *Clinical Neurophysiology*, v. 118, n. 11, p. 2419–2436, Nov 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1388245707004014>>.

MICHELS, Lars e colab. **Simultaneous EEG-fMRI during a Working Memory Task: Modulations in Low and High Frequency Bands.** *PLoS ONE*, v. 5, n. 4, p. e10298, 22 Abr 2010. Disponível em: <<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0010298>>.

MIYAKE, Akira e FRIEDMAN, Naomi P. **The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions.** *Current Directions in Psychological Science*, v. 21, n. 1, p. 8–14, Fev 2012. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0963721411429458>>.

NEWPORT, E. L. e BAVELIER, D. e NEVILLE, H. J. Critical thinking about critical

periods: Perspectives on a critical period for language acquisition. E. DUPOUX (Org.). . Language, brain, and cognitive development: Essays in honor of Jacques Mehler. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2001. p. 481–502.

PATTON, George C. e colab. **Adolescence and the next generation**. *Nature*, v. 554, n. 7693, p. 458–466, 21 Fev 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/nature25759>>.

PATTON, George C e VINER, Russell. **Pubertal transitions in health**. *The Lancet*, v. 369, n. 9567, p. 1130–1139, Mar 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673607603663>>.

PLOMIN, R e DEARY, I J. **Genetics and intelligence differences: five special findings**. *Molecular Psychiatry*, v. 20, n. 1, p. 98–108, 16 Fev 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/mp2014105>>.

RACZ, Sarah Jensen e colab. **Cognitive Abilities, Social Adaptation, and Externalizing Behavior Problems in Childhood and Adolescence: Specific Cascade Effects Across Development**. *Journal of Youth and Adolescence*, v. 46, n. 8, p. 1688–1701, 4 Ago 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10964-016-0602-3>>.

RINALDI, Luca e KARMILOFF-SMITH, Annette. **Intelligence as a Developing Function: A Neuroconstructivist Approach**. *Journal of Intelligence*, v. 5, n. 2, p. 18, 29 Abr 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2079-3200/5/2/18>>.

RUCHKIN, Daniel S e colab. **Working memory retention systems: a state of activated long-term memory**. *The Behavioral and brain sciences*, v. 26, n. 6, p. 709–28; discussion 728–77, Dez 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15377128>>.

SAUSENG, P. e colab. **Relevance of EEG alpha and theta oscillations during task switching**. *Experimental Brain Research*, v. 170, n. 3, p. 295–301, 30 Abr 2006. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00221-005-0211-y>>.

SAWYER, Susan M e colab. **Adolescence: a foundation for future health**. *The Lancet*, v. 379, n. 9826, p. 1630–1640, Abr 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673612600725>>.

SAWYER, Susan M e colab. **The age of adolescence**. *The Lancet Child & Adolescent Health*, v. 2, n. 3, p. 223–228, Mar 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352464218300221>>.

SCHEERINGA, René e colab. **Neuronal Dynamics Underlying High- and Low-Frequency EEG Oscillations Contribute Independently to the Human BOLD Signal**. *Neuron*, v. 69, n. 3, p. 572–583, Fev 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896627310010810>>.

SCHEIRS, J. G. M. e TIMMERS, E. A. **Differentiating Among Children with PDD-NOS, ADHD, and those with a Combined Diagnosis on the Basis of WISC-III**

Profiles. Journal of Autism and Developmental Disorders, v. 39, n. 4, p. 549–556, 22 Abr 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10803-008-0657-4>>.

SCHNACK, H. G. e colab. **Changes in Thickness and Surface Area of the Human Cortex and Their Relationship with Intelligence.** Cerebral Cortex, v. 25, n. 6, p. 1608–1617, 1 Jun 2015. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cercor/article-lookup/doi/10.1093/cercor/bht357>>.

SCHWEAN, V. L. e MCCRIMMON, A. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Using the WISC-IV to inform intervention planning. PRIFITERA, A.; SAKLOFSKE, D.; WEISS, L. (Org.). . WISC-IV clinical assessment and intervention. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2008. p. 191–215.

SILVA, Ana Amancio e FILHO, Euclides T. **Diferenças no processamento cerebral, através do ritmo gama, durante o pensamento divergente.** Revista Neurociências, v. 23, n. 04, p. 589–594, 9 Dez 2015. Disponível em: <<http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2015/2304/originals/968original.pdf>>.

SIMON, David M. e WALLACE, Mark T. **Dysfunction of sensory oscillations in Autism Spectrum Disorder.** Neuroscience & Biobehavioral Reviews, v. 68, p. 848–861, Set 2016. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0149763416300896>>.

SPEAR, Linda Patia. **Adolescent Neurodevelopment.** Journal of Adolescent Health, v. 52, n. 2, p. S7–S13, Fev 2013. Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1054139X12002078>>.

SPEARMAN, C. **“General Intelligence,” Objectively Determined and Measured.** American Journal of Psychology, v. 15, n. 2, p. 201–293, 1904.

STYCK, Kara M. e WATKINS, Marley W. **Structural Validity of the WISC-IV for Students With ADHD.** Journal of Attention Disorders, v. 21, n. 11, p. 921–928, 7 Set 2017. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1087054714553052>>.

TAKANO, T e OGAWA, T. **Characterization of developmental changes in EEG-gamma band activity during childhood using the autoregressive model.** Acta paediatrica Japonica: Overseas edition, v. 40, n. 5, p. 446–52, Out 1998. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9821704>>.

TAU, Gregory Z e PETERSON, Bradley S. **Normal Development of Brain Circuits.** Neuropsychopharmacology, v. 35, n. 1, p. 147–168, 30 Jan 2010. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/npp2009115>>.

THALER, Nicholas S. e colab. **Factor Structure of the Wechsler Intelligence Scale for Children.** Journal of Attention Disorders, v. 19, n. 12, p. 1013–1021, 16 Dez 2015. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1087054712459952>>.

THALER, Nicholas S. e BELLO, Danielle T. e ETCOFF, Lewis M. **WISC-IV Profiles Are Associated With Differences in Symptomatology and Outcome in Children With ADHD.** Journal of Attention Disorders, v. 17, n. 4, p. 291–301, 27 Maio 2013.

Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1087054711428806>>.

TIERNEY, Adam e colab. **Developmental changes in resting gamma power from age three to adulthood**. *Clinical Neurophysiology*, v. 124, n. 5, p. 1040–1042, Maio 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1388245712006724>>.

TIERNEY, Adam e STRAIT, Dana L. e KRAUS, Nina. **Resting gamma power is linked to reading ability in adolescents**. *Developmental Science*, v. 17, n. 1, p. 86–93, Jan 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/desc.12094>>.

TOTTENHAM, Nim e GALVÁN, Adriana. **Stress and the adolescent brain**. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 70, p. 217–227, Nov 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0149763416300811>>.

UHLHAAS, P. J. e colab. **The development of neural synchrony reflects late maturation and restructuring of functional networks in humans**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 24, p. 9866–9871, 16 Jun 2009. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0900390106>>.

UHLHAAS, Peter J. e colab. **Neural synchrony and the development of cortical networks**. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 14, n. 2, p. 72–80, Fev 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661309002824>>.

UHLHAAS, Peter J. e SINGER, Wolf. **Abnormal neural oscillations and synchrony in schizophrenia**. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 11, n. 2, p. 100–113, Fev 2010. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/nrn2774>>.

VOGEL, William e BROVERMAN, Donald M. **Relationship between EEG and test intelligence: A critical review**. *Psychological Bulletin*, v. 62, n. 2, p. 132–144, 1964. Disponível em: <<http://content.apa.org/journals/bul/62/2/132>>.

WANG, Xiao-Jing. **Neurophysiological and Computational Principles of Cortical Rhythms in Cognition**. *Physiological Reviews*, v. 90, n. 3, p. 1195–1268, Jul 2010. Disponível em: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/physrev.00035.2008>>.

WECHSLER, D. **WISC IV: Escala wechsler de inteligência para crianças: Manual para administração e avaliação**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2013.

WHITFORD, Thomas J. e colab. **Brain maturation in adolescence: Concurrent changes in neuroanatomy and neurophysiology**. *Human Brain Mapping*, v. 28, n. 3, p. 228–237, Mar 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/hbm.20273>>.

WILLIAMS, I. A. e colab. **Fetal cerebrovascular resistance and neonatal EEG predict 18-month neurodevelopmental outcome in infants with congenital heart disease**. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, v. 40, n. 3, p. 304–309, Set 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/uog.11144>>.

APÊNDICE A
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

NÚCLEO DE MEDICINA
TROPICAL-NMT/
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Utilização de Marcadores Funcionais da Atividade Elétrica do Córtex Cerebral para Identificar Atrasos no Desenvolvimento das Funções Executivas do Córtex Pré-Frontal.

Pesquisador: Ana Karla Jansen de Amorim

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 2

CAAE: 20562413.0.0000.5172

Instituição Proponente: Instituto de Ciências Biológicas

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 529.293

Data da Relatoria: 13/02/2014

Apresentação do Projeto:

A cognição humana resulta da interação de fatores genéticos, epigenéticos e ambientais durante o desenvolvimento do cérebro. As condições ambientais na infância e adolescência, geralmente correlacionadas com a condição sócio-econômica da família, influenciam no desenvolvimento do córtex cerebral, "marcando" o cérebro adulto. Esse efeito é mais dramático durante os chamados períodos críticos de plasticidade, que são os períodos nos quais o córtex está mais suscetível a influências ambientais (HENSCH, 2004). Se o ambiente disponível para a criança e o adolescente não é adequado, o amadurecimento cortical é afetado, com atraso ou mesmo interrupção. Por outro lado, estudos mostram que o enriquecimento ambiental nas dimensões sensorial, motora, emotiva e social tem efeitos positivos na função cerebral, desde o nível molecular até o comportamental. Esses dados mostram que a manipulação ambiental é uma ferramenta poderosa para potencializar as capacidades cognitivas do cérebro normal ou alterado por patologias como esquizofrenia, autismo, transtorno afetivo, dislexia, déficit de atenção, depressão, ansiedade, hiperatividade, etc. O córtex pré-frontal (CPF), em particular, devido ao seu período prolongado de desenvolvimento, é extremamente suscetível aos efeitos positivos e negativos do ambiente. O CPF é a região crucial para o controle das funções executivas, que podem ser definidas como a capacidade de manter a estratégia cognitiva adequada para atingir

Endereço: Av. Generalíssimo Deodoro, 52

Bairro: Umarizal

CEP: 66.055-240

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91)3201-5557

E-mail: cepbel@ufpa.br

NÚCLEO DE MEDICINA
TROPICAL-NMT/
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 029/200

objetivos futuros (WELSH & PENNINGTON, 1988) e são correlacionadas positivamente com o desempenho acadêmico e profissional. O amadurecimento inadequado do CPF está associado com a incidência de comportamentos disexecutivos, como desatenção, planejamento deficiente, déficits de memória operacional, metacognição, etc. Essas deficiências contribuem para o atraso e evasão escolar. Dados recentes do Ministério da Educação mostram que o Estado do Pará tem o índice de evasão escolar mais elevado do Brasil. Na rede pública de ensino o abandono é de 19%, bem maior que à média nacional de 11,7% e maior que à média da própria região Norte, de 14%. Cabe ao binômio saúde/educação trabalhar em conjunto para redimensionar e compreender a relação entre a saúde mental do adolescente e o aproveitamento no processo de aprendizagem. Para tal, faz-se necessária a capacitação/valorização dos profissionais da saúde e da educação, adoção de novos recursos tecnológicos e trabalho multidisciplinar integrado. Neste projeto, propomos desenvolver um sistema portátil e de baixo custo para avaliação do amadurecimento do CPF de adolescentes de 13 a 16 anos de idade, baseado em marcadores funcionais obtidos com o eletroencefalograma (EEG). Utilizaremos como parâmetro a amplitude de ondas do EEG na faixa gama. O padrão-ouro para validação do sistema será as escalas de função executiva do Teste WISC-IV.

Objetivo da Pesquisa:

Genal:

Identificar um marcador funcional da atividade cortical que possa ser utilizado de maneira rápida e não-invasiva para determinar o estágio de desenvolvimento do córtex pré-frontal.

Específicos:

- 1) Desenvolver um sistema portátil e de baixo custo para avaliar de forma não-invasiva o estágio de desenvolvimento do Córtex Pré-Frontal;
- 2) Validar o perfil de potência das ondas gama registradas com EEG como índice cognitivo funcional;
- 3) Utilizar o perfil de potência das ondas gama (EEG) como marcador do desenvolvimento do Córtex Pré-Frontal em adolescentes;
- 4) Verificar a correlação entre o perfil de ondas gama do córtex pré-frontal de adolescentes e o desempenho cognitivo avaliado pelo teste WISC-IV (Wechsler Intelligence Scale for Children);

Endereço: Av. Generalíssimo Deodoro, 92

Bairro: Umarizal

CEP: 66.055-240

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91) 3201-8257

E-mail: ospbel@ufpa.br

**NÚCLEO DE MEDICINA
TROPICAL-NMT/
UNIVERSIDADE FEDERAL DO**



Continuação do Parecer: 029.280

5) Verificar a correlação entre o perfil de potência das ondas gama no córtex pré-frontal de adolescentes e o atraso escolar.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O eletroencefalograma (EEG) é um exame simples, não-invasivo, indolor, sem contraindicações e pode ser feito em qualquer idade. Os riscos envolvidos durante o exame de EEG são mínimos e envolvem apenas um eventual desconforto na colocação e retirada dos eletrodos de registro. Isso será minimizado através do treinamento da equipe para otimizar o procedimento. Outro risco é o voluntário apresentar alguma ansiedade, o que é natural da realização de qualquer exame médico. Caso isso ocorra, será adicionado um tempo para familiarização com o exame. Em último caso, o exame será cancelado. Os riscos da aplicação do teste WISC também são mínimos e incluem a ansiedade natural da realização de avaliação cognitiva. Caso isso ocorra, a conduta será semelhante à do EEG. Durante a realização do teste de desempenho intelectual ou do exame de EEG não haverá constrangimento ao(à) adolescente.

Benefícios:

Os benefícios decorrentes da participação no Projeto de Pesquisa são de relevância social, tendo em vista que os resultados podem contribuir para o entendimento do desenvolvimento cognitivo de adolescentes. Ao participar na Pesquisa, o adolescente receberá avaliação cognitiva realizada por profissionais especializados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa bem desenhada. Havia a necessidade de se explicar como foi calculado o n amostral, sendo respondido pelo pesquisador. Tendo em vista o grau de complexidade da participação de pacientes acometidos de patologias neurológicas ou psiquiátricas, tratados no Centro de Especialidades Médicas do Cesupa, esta instituição não participará da presente pesquisa, mantendo-se como voluntários deste estudo somente os alunos da Escola Municipal Amália Paungarten.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados.

Na relatoria anterior foi solicitado que o TCLE fosse editado, de modo a: 1)Descrever melhor riscos e benefícios. 2)Descrever de forma simples o métodos a serem empregados. 3)Justicar o

Endereço: Av. Generalíssimo Deodoro, 92	CEP: 66.055-240
Bairro: Umarizal	
UF: PA	Município: BELEM
Telefone: (91)3201-5557	E-mail: cspbel@ufpa.br

NÚCLEO DE MEDICINA
TROPICAL-NMT/
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 029/2014

estudo. 4) Identificar data de início e fim do estudo. 5) Local para assinatura do adolescente. 6) Informar que será feito uso de fontes secundárias de dados e que dados serão utilizados. Além disso, foi pedido que o projeto e a descrição deste na plataforma Brasil devessem combinar com o TCLE quanto a riscos e benefícios. Tais solicitações foram acatadas.

Foi também apontado anteriormente que havia a necessidade de inclusão ao protocolo de pesquisa das declarações dos responsáveis pelo Centro de Especialidades Médicas do Cesupa e da Escola Municipal Amália Paungarten reconhecendo a realização do estudo. Em resposta, a declaração da escola foi anexada e as atividades que seriam realizadas no Centro de Especialidades Médicas do Cesupa foram retiradas da pesquisa, e devidamente explicada.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pendências apontadas na relatoria passada foram acatadas, podendo assim o protocolo ser aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

Considerações Finais a critério do CEP:

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

BELEM, 13 de Fevereiro de 2014

Assinador por:
ANDERSON RAIOL RODRIGUES
(Coordenador)

Endereço: Av. Generalíssimo Deodoro, 92

Bairro: Umarizal

CEP: 66.055-240

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91)3201-5527

E-mail: cepbel@ufpa.br

APÊNDICE B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Esclarecimentos

Este é um convite para seu(sua) filho(a) participar do projeto de pesquisa intitulado “Utilização de Marcadores Funcionais da Atividade Elétrica do Córtex Cerebral para Identificar Atrasos no Desenvolvimento das Funções Executivas do Córtex Pré-Frontal”, que é coordenado pela Prof^a Dr^a Ana Karla Jansen de Amorim. A autorização para a participação do(a) seu(sua) filho(a) é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade.

A justificativa para a realização da presente pesquisa é desenvolver uma ferramenta para diagnosticar alterações no funcionamento do cérebro de seu filho que podem estar relacionadas ao atraso cognitivo.

O objetivo deste projeto de pesquisa, que terá duração de três anos, é avaliar o desenvolvimento cognitivo do(a) seu(sua) filho(a) utilizando os seguintes procedimentos: 1) Registro da atividade elétrica cerebral através de eletroencefalografia (EEG) e 2) Teste de desempenho intelectual (WISC-IV). Caso decida aceitar o nosso convite, o(a) seu(sua) filho(a) realizará o WISC-IV no CASMUC/UFPA ou em consultório particular. O registro de EEG será realizado no CASMUC/UFPA ou no

Laboratório de EEG da Faculdade de Medicina/NMT, ambos da Universidade Federal do Pará.

O EEG é um exame simples, não-invasivo, indolor, sem contraindicações e pode ser feito em qualquer idade. Este exame consiste na colocação de pequenos discos metálicos, chama-dos eletrodos, na superfície do couro cabeludo e o tempo de duração do exame é de cerca de 1 hora. Após a colocação dos eletrodos, o(a) seu(sua) filho(a) permanecerá sentado(a) em uma cadeira, de frente para uma parede branca a uma distância de 0,9 m. Os riscos envolvidos da participação do(a) seu(sua) filho(a) durante o exame de EEG são mínimos e envolvem apenas um eventual desconforto na colocação e retirada dos eletrodos de registro. Isso será minimizado através do treinamento da equipe para otimizar o procedimento. Outro risco é o(a) seu(sua) filho(a) apresentar alguma ansiedade, o que é natural da realização de qualquer procedimento médico. Caso isso ocorra, será adicionado um tempo para familiarização com o exame. Em último caso, o exame será cancelado.

Além do EEG, também será aplicado o teste WISC-IV. Este teste consiste em uma série de subtestes que medem a habilidade intelectual e será aplicado por uma psicóloga ou estudantes de psicologia treinados. Há uma possibilidade mínima de que a criança/adolescente sinta ansiedade com a realização dos testes psicológicos, caso isso ocorra, a conduta adotada será semelhante à descrita para o exame de EEG. Durante a realização do teste de desempenho intelectual ou do exame de EEG não haverá constrangimento ao(à) seu(sua) filho(a).

Neste estudo, também precisamos ter acesso ao prontuário médico do(a) seu(sua) filho(a), caso seja paciente do CASMUC/UFPA, ou ao histórico escolar, caso seja aluno da Escola Municipal Amália Paungarten. Este documento poderá ser cedido pelas instituições envolvidas no estudo, mediante sua autorização por escrito.

Os benefícios decorrentes da participação no Projeto de Pesquisa são: 1) de relevância social, tendo em vista que os resultados podem contribuir para o entendimento do desenvolvimento cognitivo de adolescentes, 2) avaliação cognitiva do(a) seu(sua) filho(a) por profissionais especializados.

Caso solicite, você será ressarcido(a) das despesas com transporte público e alimentação decorrentes da participação na pesquisa.

Todas as informações obtidas serão sigilosas e o seu nome e do(a) seu(sua) filho(a) não serão identificados em nenhum momento. Os dados serão guardados

em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários. O participante não terá nenhum custo adicional pela sua participação.

Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável por essa pesquisa em local seguro e por um período de 5 anos.

Em qualquer momento, caso seu(sua) filho(a) sofra algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização, sob responsabilidade solidária dos pesquisadores.

Qualquer dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para:

Prof^a Ana Karla Jansen de Amorim:

Trav. Joaquim Távora, 127

66020-340 - Belém (PA)

Telefone: (91) 98941-9959

Psicóloga Daisy Silva Miranda

Rua Fernando Guilhon, nº 1703 – Ap 1601/ Jurunas – Pa

Telefone: (91) 98274-7469

Dúvidas a respeito da ética dessa pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFPA no endereço: Núcleo de Medicina Tropical-NMT/Universidade Federal do Pará Av. Generalíssimo Deodoro, 92, Umarizal 66.055-240 – Belém (PA). Telefone: (91)3201-6857 | Email: cepbel@ufpa.br

Este documento foi impresso em duas vias. Uma ficará com você e a outra com o pesqui-sador responsável Prof^a Ana Karla Jansen de Amorim.

Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, representante legal do(a) menor _____, autorizo sua participação na pesquisa “Utilização de Marcadores Funcionais da Atividade Elétrica do Córtex Cerebral para Identificar Atrasos no Desenvolvimento das Funções Executivas do Córtex Pré-Frontal”. Esta autorização foi concedida após os esclarecimentos que recebi sobre os objetivos, importância e o modo como os dados serão coletados, por ter entendido os riscos, desconfortos e benefícios que essa pesquisa pode trazer para ele(a) e também por ter compreendido todos os direitos que ele(a) terá como participante e eu como seu(sua) representante legal.

Autorizo, ainda, a publicação das informações fornecidas por ele(a) em congressos e/ou publicações científicas, desde que os dados apresentados não possam identificá-lo(a).

Belém (PA), ____ de _____ de _____.

Assinatura do representante legal:

Pesquisador responsável: Ana Karla Jansen de Amorim

Assinatura: _____