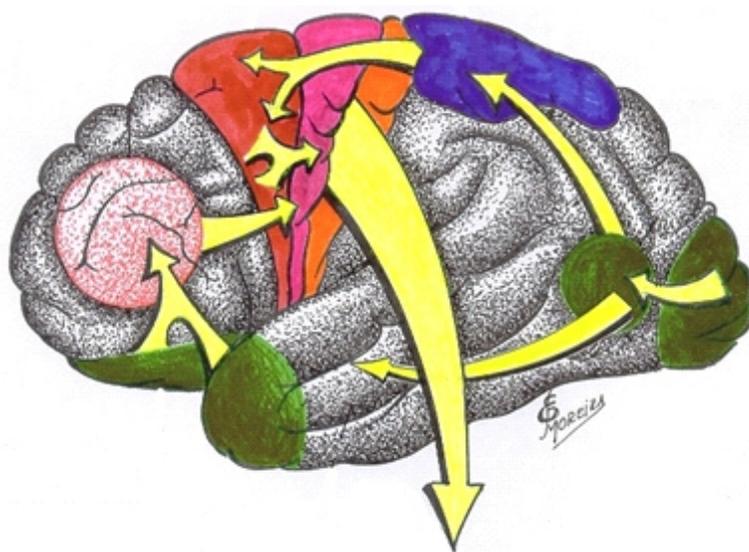


# COLEÇÃO MONOGRAFIAS NEUROANATÔMICAS MORFO-FUNCIONAIS

VOLUME 22

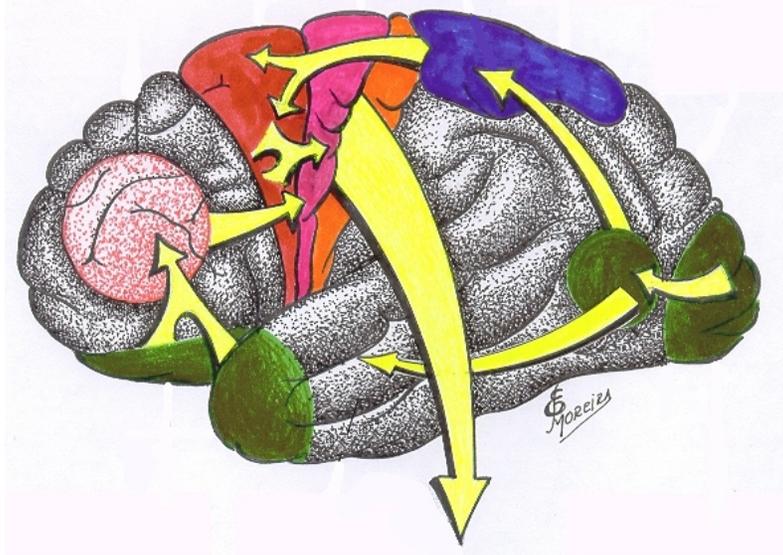
TELENCÉFALO IV - PLANEJAMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DO MOVIMENTO



PROF. ÉDISOM DE SOUZA MOREIRA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA

**COLEÇÃO MONOGRAFIAS  
NEUROANATÔMICAS MORFO-FUNCIONAIS**



**Volume 22**

**TELENCÉFALO IV - PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO  
MOVIMENTO**

**Prof. Édison de Souza Moreira**

2017  
FOA

**FOA****Presidente**

Dauro Peixoto Aragão

**Vice-Presidente**

Eduardo Guimarães Prado

**Diretor Administrativo - Financeiro**

Iram Natividade Pinto

**Diretor de Relações Institucionais**

José Tarcísio Cavaliere

**Superintendente Executivo**

Jairo Conde Jogaib

**Superintendência Geral**

José Ivo de Souza

**UniFOA****Reitora**

Claudia Yamada Utagawa

**Pró-reitor Acadêmico**

Carlos José Pacheco

**Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação**

Alden dos Santos Neves

**Pró-reitor de Extensão**

Otávio Barreiros Mithidieri

**Editora FOA****Editor Chefe**

Laert dos Santos Andrade

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

M835t Moreira, Édison de Souza.  
Telencéfalo IV: planejamento e desenvolvimento do movimento. [recurso eletrônico]. / Édison de Souza Moreira. - Volta Redonda: UniFOA, 2017. v.22. p.115 II

(Coleção Monografias Neuroanatômicas Morfo-Funcionais)

ISBN: 978-85-5964-062-5

1. Anatomia humana. 2. Telencéfalo - desenvolvimento. I. Fundação Oswaldo Aranha. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 611

**Prof. Édison de Souza Moreira**

Professor Titular da Disciplina de Neuroanatomia Funcional do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA), Curso de Medicina.

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Medicina do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Odontologia do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Educação Física do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Embriologia do Curso de Odontologia do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Enfermagem do Centro Universitário da Sociedade Barramansense de Ensino Superior (SOBEU), de Barra Mansa.

Doutor em Cirurgia Geral pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais de Belo Horizonte (U.F.M.G.).

**Colaboradores:**

Dra. Sônia Cardoso Moreira Garcia.

Dr. Bruno Moreira Garcia: Assessoria Computacional Gráfica



# ÍNDICE GERAL DOS ASSUNTOS.

	<b>Pág.</b>
Planejamento e Desenvolvimento do Movimento.....	08
Áreas corticais envolvidas no Planejamento dos Movimentos.....	08
Córtex motor primário: C.M.P. ( ou M-I ).....	10
Áreas: M-Ia e M-Ip do córtex motor primário.....	10
Potenciais pós-sinápticos excitatórios P.P.S.E.....	12
Potenciais pós-sinápticos inibitórios : P.P.S.I.....	12
Áreas motoras secundárias.....	14
Córtex ( ou área motora ) suplementar ( C.M.S. ).....	14
Córtex ( ou área ) pré-motora.....	14
Córtex motor parietal posterior ( C.M.P.P. ).....	15
Campo ocular frontal.....	17
Os componentes importantes na realização dos movimentos.....	17
Vias motoras supraespinhais.....	19, 22 e 53
Sistema motor supraespinhal medial.....	19
Sistema motor supraespinhal lateral.....	19 e 22
O trato corticoespinhal.....	22 e 22
Vias de fibras nervosas oriundas do córtex motor, que se dirigem às regiões profundas Cerebrais, tronco encefálico e medula espinhal.....	23
Córtex somatossensorial parietal ( S-I ), suas áreas: 5, 7a. e 7b e sua importância nas Informações ao sistema nervoso central, em relação aos movimentos.....	23
Outras vias aferentes sensoriais somáticas, que participam do controle do córtex motor....	25
O córtex motor primário e suas relações funcionais com o núcleo vermelho ( rubro ).....	25
Paleorrúbro ( núcleo vermelho ).....	26
Sinais motores dinâmicos.....	28
Sinais motores estáticos.....	28
Núcleos da base e os movimentos.....	28
Sistema límbico e o início dos movimentos.....	28
O cerebelo, sua localização anatômica e os movimentos.....	29 e 35
Pedúnculo cerebelar superior.....	31
Pedúnculo cerebelar médio.....	31
Pedúnculo cerebelar inferior.....	31
Início e desenvolvimento de um evento motor.....	38
Fibras trepadeiras.....	41
Complexo olivar bulbar inferior e suas influências nos movimentos.....	41
Transformação de um plano de ação em um movimento.....	41 e 45
Síntese das regiões-chave para o controle dos movimentos.....	45, 48, 77
O tronco encefálico e a sua participação no controle das funções motoras.....	79
Os núcleos vestibulares e o tronco encefálico.....	81
Síntese do planejamento, controle e desenvolvimento dos movimentos.....	85
Considerações especiais sobre o córtex cerebral e a planificação dos movimentos no Hemisfério cerebral direito para indivíduos destros e canhotos.....	92
Considerações finais sobre o controle motor pelo córtex cerebral e a importância Funcional da participação do: Cerebelo, Núcleos da base, Tálamo, Tronco encefálico e Medula espinhal.....	95

# ÍNDICE ICONOGRÁFICO

	<b>Pág.</b>
Plano Motor Cortical do Movimento, e sua integração com os núcleos e vesículas do Tronco Encefálico que exercem influência em seu controle e Regulação .....	09
Desenho esquemático do Reflexo Patelar e ação dos inteneurônios .....	11
Esquema das Células hipocampais e as “Células de Renshaw” .....	11
Superfície lateral do hemisfério cerebral e suas áreas corticais motoras .....	13
Superfície medial do hemisfério cerebral, suas áreas corticais e suas Conexões com os núcleos da base .....	16
Desenho esquemático da superfície lateral do hemisfério cerebral e a Classificação de Brodmann .....	18
Detalhe da estrutura do sulco central do hemisfério cerebral.....	18
Tálamo, núcleos e suas conexões aferentes e eferentes.....	20
Vias Eferentes somáticas voluntárias corticais.....	21
Vias Motoras supraespinhais ( extrapiramidais ) .....	21
Diagrama das comadas do córtex, suas selações e projeções.....	24
Áreas e Vias Vestibulares.....	27
Tratos Reticuloespinhal Medial e Lateral.....	30
Reflexo de piscar .....	32
Colículo superior e suas principais conexões aferentes e eferentes .....	34
Vias visuais e suas conexões para o corpo geniculado lateral, colículo superior, Lobo occipital e medula espinhal .....	36
Desenho esquemático mostrando os tratos: tetoespinhal cruzado, tetonuclear, Tetorreticular, teto-pontocerebelar .....	37
Fascículo rubroespinhal cruzado .....	39
Complexo Olivar bulbar inferior, suas fibras aferentes do trato tegmentar Central e Fibras Trepadeiras para o Cerebelo contralateral .....	40
Trato Tegmentar Central ( ou feixe central da calota ).....	43
Alça anatômica Direta .....	46
Alça Anatômica Indireta.....	47
Circuito: Cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical .....	50, 60, 64
Circuito: Córtico-ponto-cerebelo-neorrúbm-retículo-espinhal.....	50, 60, 64
Sistemas motores supraespinhais, com origens no tronco encefálico .....	53, 54
Esquema com vista sagital mediana do corpo caloso, tálamo, fómix, Hipotálamo e comissura anterior .....	55
Superfície medial do hemisfério cerebral e as áreas corticais motoras .....	56
Superfície lateral do hemisfério cerebral e suas áreas corticais motoas .....	57
Sistema cordão dorsal-lemnisco medial .....	58
Vias espinocerebelares: direto e cruzado e fibras interpósito-paleorrúbricas .....	78
Circuitos: córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical e córtico-ponto-cerebelo-rubro-Retículo-espinhal .....	60
Córtex cerebral e conexões eferentes com: núcleo vermelho, núcleos pontinos, núcleo Olivar bulbar inferior, núcleo da formação reticular e medula espinhal .....	61
Arquicerebelo e conexões com: núcleos vetibulares, núcleo da formação reticular, Núcleo fastígio e parte da medula espinhal .....	62

## Complementação do Índice Iconográfico.

**Pág.:**

Circuito : córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical .....	64
Circuito: córtico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal .....	64
Desenho esquemático de alça límbica .....	65
Início de um evento motor, com a representação esquemática das alças: Límbica, Oculomotora, e vias visuais primárias dorsal e ventral .....	66
Desenho esquemático de uma alça oculomotora .....	67
Desenho esquemático de uma alça de associação 1 .....	68
Desenho esquemático de uma alça de associação 2 .....	69
Desenho esquemático de uma alça motoresquelética.....	71
Desenho esquemático do hemisfério cerebral lateral, com a representação das alças Límbicas, oculomotoras, de associações 1 e vias visuais primárias dorsais e ventrais, Além da posição anatômica relativa no conjunto do hipocampo e amígdala.....	71
Desenho esquemático do hemisfério cerebral lateral, e as localizações anatômicas Aproximadas das alças: límbicas, de associações 1 e 2, motoresquelética, oculomotora e Os tratos motores descendentes corticais para tronco encefálico e medula espinhal .....	72
Desenho esquemático de uma alça límbica .....	73
Desenho esquemático de uma alça oculomotora .....	73
Desenho esquemático de uma alça de associação 1 .....	74
Desenho esquemático de uma alça de associação 2 .....	74
Esquema do Reflexo miotático ( ou Alça gama ).....	74
Desenho esquemático das conexões dos núcleos da base, assinalando a deficiência de Fibras nigroestriatais, dirigidas ao neostriado, devido à diminuição dos neurônios Dopaminérgicos da Pars compacta da substância negra .....	76
Desenho esquemático dos núcleos da base, assinalando a localização de perda de Encefalina estriatal, com diminuição da inibição sobre o núcleo pálido lateral, na Doença de Huntington .....	82
Desenho esquemático das conexões dos núcleos da base, assinalando a lesão do núcleo Sub-talâmico ( Hemibalismo ).....	83
Organização somatotópica dos segmentos corporais, entre as informações cerebelares e Dos núcleos da base, ambas dirigidas ao núcleo ventral lateral do tálamo .....	84
Feed-back somatossensorial para o córtex motor.....	102

## APRESENTAÇÃO

Após o lançamento da primeira edição de nosso trabalho, em formato de “CD-Livro”, intitulado **“Atlas de Neuroanatomia Moreo-Funcional”**, editado pela **Editora F.O.A.** do **“Centro Universitário de Volta Redonda ( UniFOA ) da Fundação Oswaldo Aranha, ,** tivemos a oportunidade de endereçar algumas unidades do referido CD-Livro para alguns colegas professores do Magistério, envolvidos com o ensino e aprendizagem da mesma Disciplina, ou seja: a **Neuroanatomia Funcional**.

Como resultado, recebemos, de alguns dos referidos professores, sugestões para fazer o pinçamento dos assuntos do referido trabalho, realizando, assim, uma **“Coletânea de Monografias Neuroanatômicas Funcionais”**, com conteúdo, também voltado para os **“Cursos de Pós-graduação”**. Considerei as referidas sugestões totalmente válidas, surgindo, assim, a atual **“Coletânea: Monografias Neuroanatômicas Morfo-funcionais”**, sendo este trabalho atual ( **Telencéfalo: Planejamento e Desenvolvimento do Movimento** ), o **vigésimo terceiro** da **série**.

O ensino e aprendizagem da **Neuroanatomia Funcional** deve, naturalmente, envolver o estudo do **Sistema Nervoso Central e o Sistema Nervoso Periférico**. Entretanto, na grande maioria dos textos e cursos, o ensino da **Neuroanatomia Funcional periférica** é tratado juntamente nas exposições dos texto de **Anatomia Geral**, ficando, de certa forma, alijado do estudo da **Neuroanatomia Central**, inclusive, levando-se em consideração o fato de ser necessário a existência de peças anatômicas pré-dissecadas, as quais facilitariam este estudo do **sistema nervoso periférico**.

Considerando o critério anatômico utilizado para a divisão do **“Sistema Nervoso”**, em **“Sistema nervoso central”** e **“Sistema nervoso periférico”**, constatamos que, o **“Sistema nervoso central”** recebe esta denominação anatômica, pelo fato de estar **localizado** no **interior** do **esqueleto axial**, formado pelas **cavidades: craniana e do canal vertebral**, enquanto, o **“Sistema nervoso periférico”** receberia esta denominação, por se **encontrar localizado** fora do **esqueleto axial**, ou seja, fora das **cavidades: craniana e do canal vertebral**.

Entretanto, em realidade, o **“Sistema Nervoso”** é um **“Todo”**, pois os **nervos periféricos**, para que sejam **capazes de estabelecer conexões** com o **“Sistema nervoso central”**, necessitam **penetrar** na **cavidade craniana e no canal vertebral ( as cavidades axiais )**.

Assim, esta divisão do **“Sistema nervoso central”**, segundo este **critério anatômico**, apresenta o devido amparo científico, pois ambas as partes ( **Sistema nervoso central” e “Sistema nervoso periférico”** ), encontram-se absolutamente **integradas e relacionadas** sob o ponto de vista **morfológico**, como também, **funcional**. Além do mais, diversos **gânglios** pertencentes ao **“Sistema nervoso periférico”**, encontram-se, **anatômicamente, dentro** do **esqueleto axial**, seja no **crânio ou no canal vertebral**.

O fato de se utilizar tal divisão do **“Sistema nervoso”**, oferece ajuda ao alunato, sem prejudicar a integração total de ambas as **divisões** como **“Sistema nervoso” integrado** nos dois sentidos: **horizontal** e **vertical**.

Portanto, julgo que nós, Professores da **Neuroanatomia Humana**, devemos encontrar os meios mais cientificamente adequados, para a exposição de nossos cursos de **“Neuroanatomia”**.

Por este motivo acrescentamos, no primeiro volume desta **“Coletânea de ( Monografias Neuroanatômicas Morfo-funcionais )**, o estudo deste **sistema nervoso periférico**, apresentando, inclusive, desenhos realizados pelo Autor , diretamente das peças também por nos dissecadas, com o objetivo de facilitar o estudo prático da **neuroanatomia morfo- funcional do sistema nervoso periférico**.

Assim, iniciamos uma discreta **integração** de ambos os **“Sistemas”**, ou seja: **Sistema nervoso central e Sistema nervoso periférico”**, estudando nesta **integração**, também, as **raízes nervosas**, o início do estudo dos **nervos cranianos**, os **nervos medulares**, seus respectivos **plexos**, terminando com o estudo da **distribuição periférica** destes **plexos nervosos medulares: Cervical, Braquial, Lombossacral e Coccigeano**.

Finalizando esta apresentação, externamos nossa gratidão ao nosso neto, Dr. Bruno Moreira Garcia, pela inquestionável qualidade computacional gráfica prestada na realização do trabalho, à Dra. Sônia Cardoso Moreira Garcia, Psicóloga da Instituição, à Sra. Loyde Cardoso Moreira, minha esposa e a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a **concretização** desta **“Coletânea de Monografias neuroanatomias Morfo-funcionais.”**.

Nossos agradecimentos às **autoridades da Direção da Fundação Oswaldo Aranha e do Centro Universitário de Volta Redonda ( da Fundação Oswaldo Aranha )** pelo apoio recebido nestes quarenta e cinco anos de trabalho e de convivência nesta missão de ensino e de orientação do aprendizado aos **nossos alunos**.

2016

O Autor

## **1º ) – PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO MOVIMENTO.**

### **( PRINCIPAIS ESTRUTURAS ANATÔMICAS ENVOLVIDAS NO PLANEJAMENTO E REALIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS ).** **( PASSO A PASSO, OS PASSOS DE UM PASSO...)**

No **Processo** de “**Planejamento** de um **movimento**”, participam distintos **componentes** do “**Sistema Nervoso Central** ( **fig.: 01** ).

- Dos **componentes** do “**Sistema Nervoso Central,**” de **localização superior,** o **principal é** o “**Córtex Cerebral**”, no **qual,** são encontrados os **conhecidos** “**Neurônios Superiores**”. Entretanto, estes “**neurônios superiores**”, também, estão **presentes** no “**Tronco Encefálico**”, no **qual,** seus “**axônios**” **constituem,** em seu trajeto **descendente,** as “**Vias Motoras Descendentes**”. Estas “**Vias,**” são responsáveis pela **estimulação** dos “**Neurônios Motores Inferiores**” ou “**Laterais**”, diretamente em suas **origens,** ou seja, na “**estrutura do tronco encefálico,**” ( em **centros segmentares** e determinados **núcleos próprios** desta **região** do **encéfalo** ) ou na “**coluna somatomotora medular**” ou, então, através de, “**Interneurônios excitatórios**” ou **inibitórios espinhais**” ( **figs. 1, 2, 3 e 4** ).

“**Cinco áreas corticais,**” são da maior importância, no “**Planejamento** de uma “**ação Motora**” ( ou “**Movimento**” : “**Área motora primária ( CMP )**” ou “**M-I**” ( **área 4** ), “**Área motora suplementar ( área 6 )**” ( **AMS** ), “**Área pré-motora**” ( **APM** ), “**Área motora parietal posterior**” ( **AMPP** ) e “**Campo ocular frontal**” ( **COF** ) ( **figs: 4 e 5** ). Destas **áreas corticais motoras,** as **quatro ( 04 )** primeiras citadas,

encontram-se no lobo frontal, enquanto a última delas ( A quinta, localiza-se na parte pósterio-superior do lobo parietal ( figs.: 04, 33, 38 e 39 ).

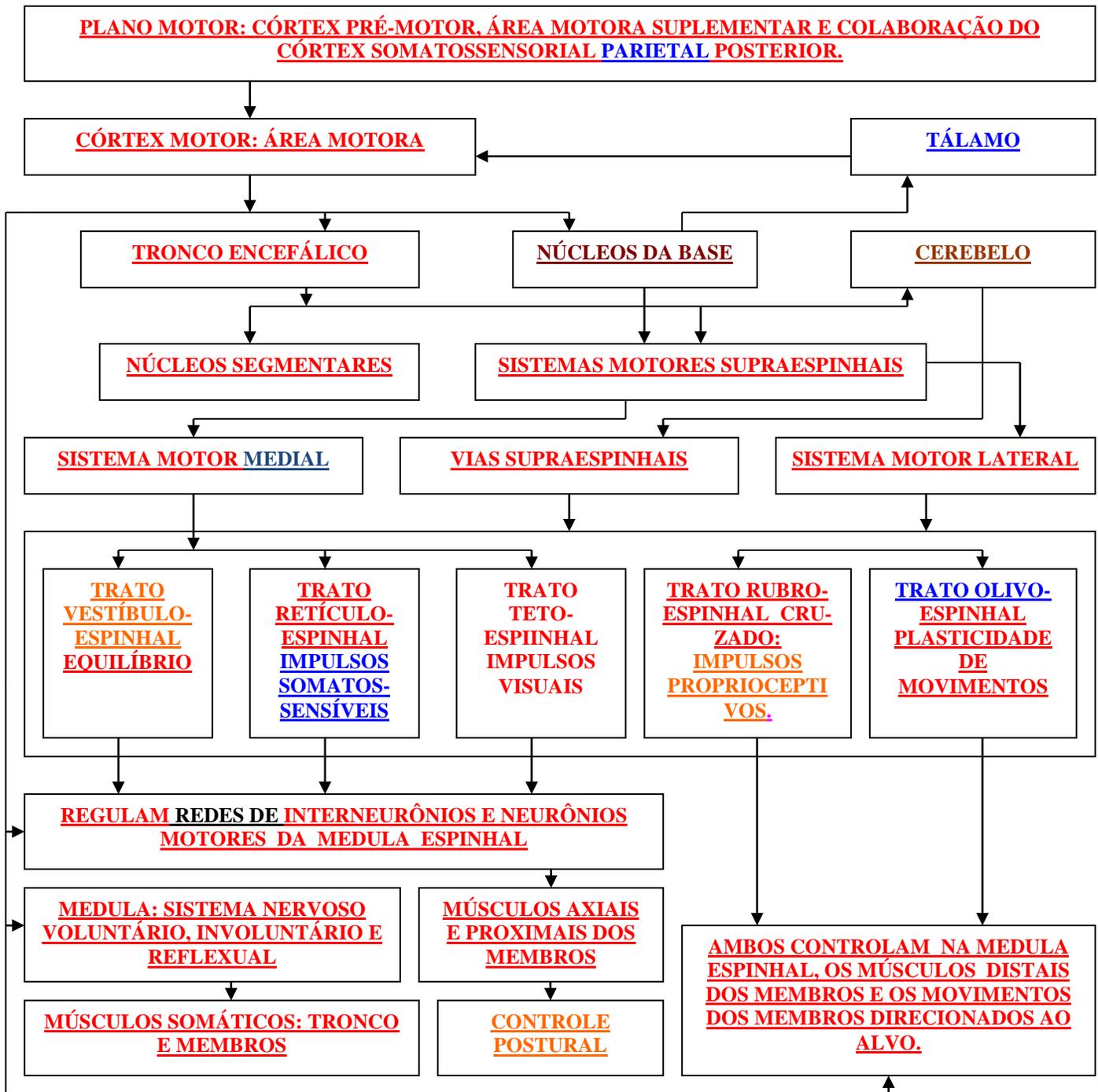
O córtex somatossensorial primário ( S-I : áreas corticais: 3a e 3b ) no giro pós-central ( figs.: 6 e 6.1 ), também, encaminha significativo número de seus axônios, em direção ao “trato corticoespinal” ( fig.: 08 ), exercendo, tais axônios, funções informativas aferenciais modulatórias descendentes, sobre a função retransmissora motora, da medula espinal. ( figs.: 38 e 39 ).

“Neurônios corticais motores primários” ( M-I ), quando estimulados ( microestimulação elétrica ), apresentam descargas motoras de potenciais de ação, determinando o aparecimento de “movimentos”, seja através, de contrações ou de relaxamentos musculares simples, nos guais, nestes casos, com microestimulação ( movimentos ), nosso sistema voluntário consciente, não exerce qualquer tipo de ação.

Todavia, os neurônios das áreas corticais secundárias, cujo limiar de ação é mais significativo, relacionam-se, funcionalmente, aos movimentos mais complexos e específicos. Portanto, as áreas motoras secundárias planejam os movimentos mais complexos, encaminhando, posteriormente, seus resultados à área motora primária ( Área 4 ) e, daí, diretamente, para a medula espinal ( fig.: 39 ).

Assim, o “Processamento” do “Plano para a realização de um movimento voluntário ( deliberado )”, é da responsabilidade do Sistema Nervoso Central ( S.N.C. ), sendo, entretanto, os “atos ou passos de sua Execução”, inclusive a determinação do início deste movimento voluntário, da responsabilidade : do Cerebelo, do Sistema Piramidal, dos Núcleos da base ( ou Gânglios da base ), do Tálamo, do Tronco encefálico e da Medula espinal ( fig.: 01 ).

**PLANEJAMENTO DO MOVIMENTO: PRINCIPAIS ÁREAS CORTICAIS, NÚCLEOS DA BASE, NÚCLEOS DO TRONCO ENCEFÁLICO E DO TÁLAMO, CEREBELO E MEDULA ESPINHAL, ENVOLVIDOS.**



**FIG.: 01**

Cada área cortical secundária, no plano geral de “organização do movimento”, é responsável, por uma das partes ou “Passos” do “planejamento do movimento”, enquanto, sua execução, será da responsabilidade das diversas outras funções, citadas pouco acima e envolvendo diversas estruturas do Sistema Nervoso Central.

Embora, as “áreas corticais secundárias” estimulem a “área cortical primária” ( M-I ), ambas mantêm interconexões recíprocas, colaborando, todas elas, para a formação ( ou estruturção ) dos “Sistemas: Corticoespinal, Corticobulbar e Corticopontino” ( fig.: 8 ).

Isto, não significa, entretanto, que, as “áreas motoras corticais,” não façam projeções motoras, para outros centros do tronco encefálico.

Assim, Estas áreas corticais motoras, também, encaminham axônios de áreas primárias e secundárias, para: os “Núcleos da Formação Reticular”, para os “Núcleos do Teto” e para o “Núcleo Vermelho”, inclusive e, principalmente, para o “complexo olivar bulbar inferior” e “núcleos pontinos”, dando origem às “Vias Motoras Descendentes: “Corticoreticulares”, Corticotectais” e “Corticorrúbricas”” ( figs.: 15, 16, 17, 18 e 29 ), as quais, constituem parte de um sistema descendente motor, “Supraespinal”, paralelo ao “Sistema motor somático principal”, dirigindo-se, ambos, para os interneurônios espinhais e para os neurônios motores inferiores que, em última análise, constituem a “Via final comum”, além da origem das “Vias ponto-cerebelares” e “Vias olivo-cerebelares” e o próprio Tálamo ( figs.: 9, 18, 19 e 22 ).

## CÓRTEX MOTOR PRIMÁRIO ( C.M.P ) OU ( M-I ). ( ÁREA 4 DE BRODMANN ).

O “Córtex motor primário” ( C.M.P. ), ( fig.: 04 ), também, conhecido por “M-I” ou “Área 4 de Brodmann”, ocupa a maior parte do giro pré-central ( figs.: 4 e 5 ), sendo mais larga na face dorso-medial do hemisfério cerebral ( fig.: 5 ) e reduzindo-se, progressivamente, em direção descendente, na superfície lateral do hemisfério cerebral ( fig.: 4 ), a uma estreita lâmina cortical, na margem disto-lateral do sulco pré-central ( fig.: 4 ).

Entretanto, neste giro, a maior parte da área cortical, em estudo, não é visível, por se encontrar, profundamente, oculta na invaginação do sulco central ( fig.: 4 ), constituindo ali, a parede posterior do giro pré-central ( figs.: 6 e 6.1 ).

O córtex motor ( ou área 4 ), está subdividido, longitudinalmente, em duas áreas secundárias ( figs.: 04 e 05 ): A primeira delas, corresponde à “Área M-Ia” ( Área motora primária anterior ), que corresponde à metade anterior do córtex primário M-I e que recebe, funcionalmente, informações proprioceptivas, através do “núcleo ventral póstero superior do tálamo ( N.V.P.S.T. ), no qual, chegam as aferências dos fusos musculares e dos neurorreceptores articulares. A segunda área, corresponde à “Área M-Ip” ( Área motora primária posterior ), que corresponde à metade posterior do córtex primário M-I, que recebe informações aferentes cutâneas, através do núcleo ventral póstero-lateral do tálamo ( N. V. P. L. T ) ( figs.: 04 e 05 ).

A representação topográfica desta área cortical motora ( M-1 ou área 4 de Brodmann ), é semelhante à do córtex somatossensorial primário ( S-I ), porém, menos precisa, pois, no córtex motor, a representação não se realiza, considerando “ponto por ponto da pele” e, sim, através de aglomerados de “neurônios”, nos quais, os “axônios”, de cada aglomerado, descem em direção aos neurônios motores inferiores do “tronco encefálico” ou da “medula espinhal”, inervando, o conjunto dos axônios de um mesmo músculo.

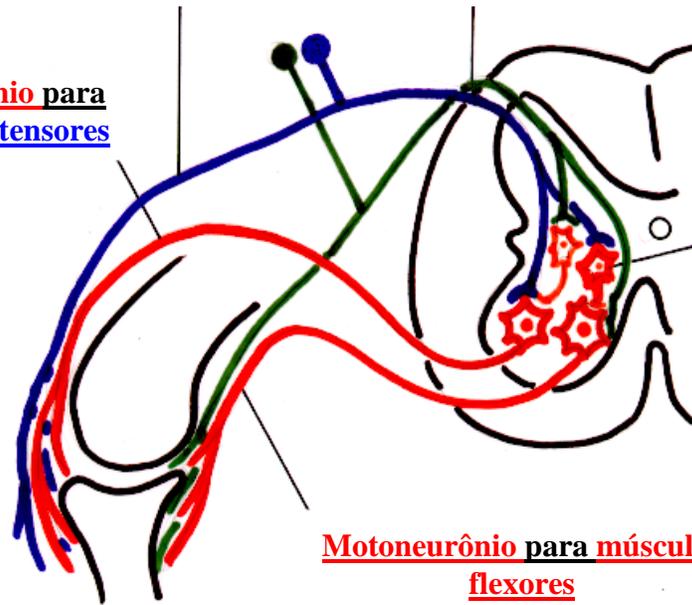
Deste córtex motor primário M-I, os axônios de cada aglomerado cortical motor, dirigem-se aos neurônios motores inferiores do tronco encefálico ou medulares, constituindo, neste trajeto descendente, os Tratos: “Corticonuclear, Corticopontino, cortico-espinhal ( corticoespinhal lateral e corticoespinhal anterior )” ( figs.: 05, 08, 18, e 29 ), cujos corpos celulares piramidais, se concentram, na camada “V” do Neocórtex ( figs.: 10 e 29 ).

## Desenho esquemático do Reflexo Patelar.

Fibra Aferente Sensitiva Extensora

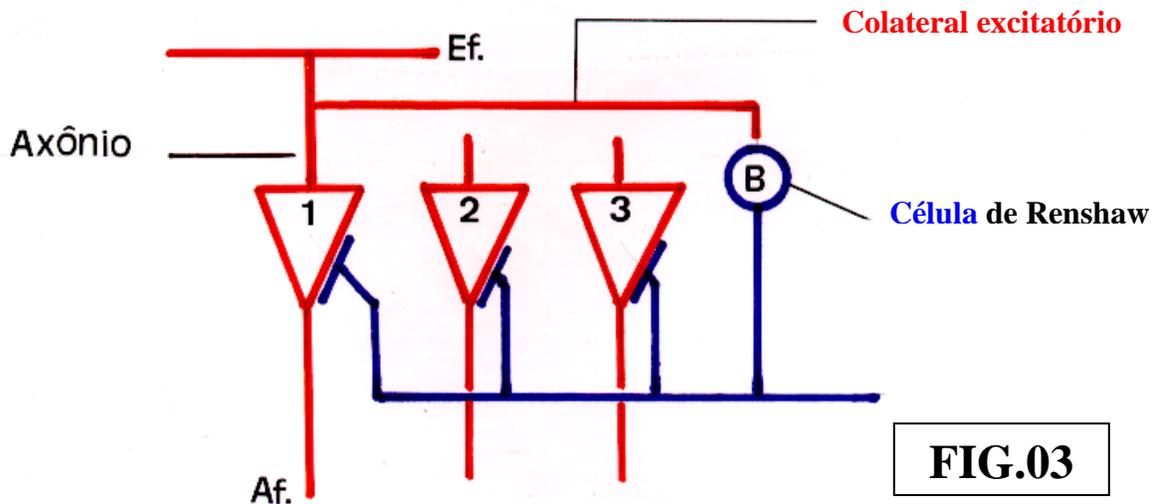
Fibra Aferente Sensitiva Flexora

Motoneurônio para músculos extensores



Interneurônios

**FIG.02**

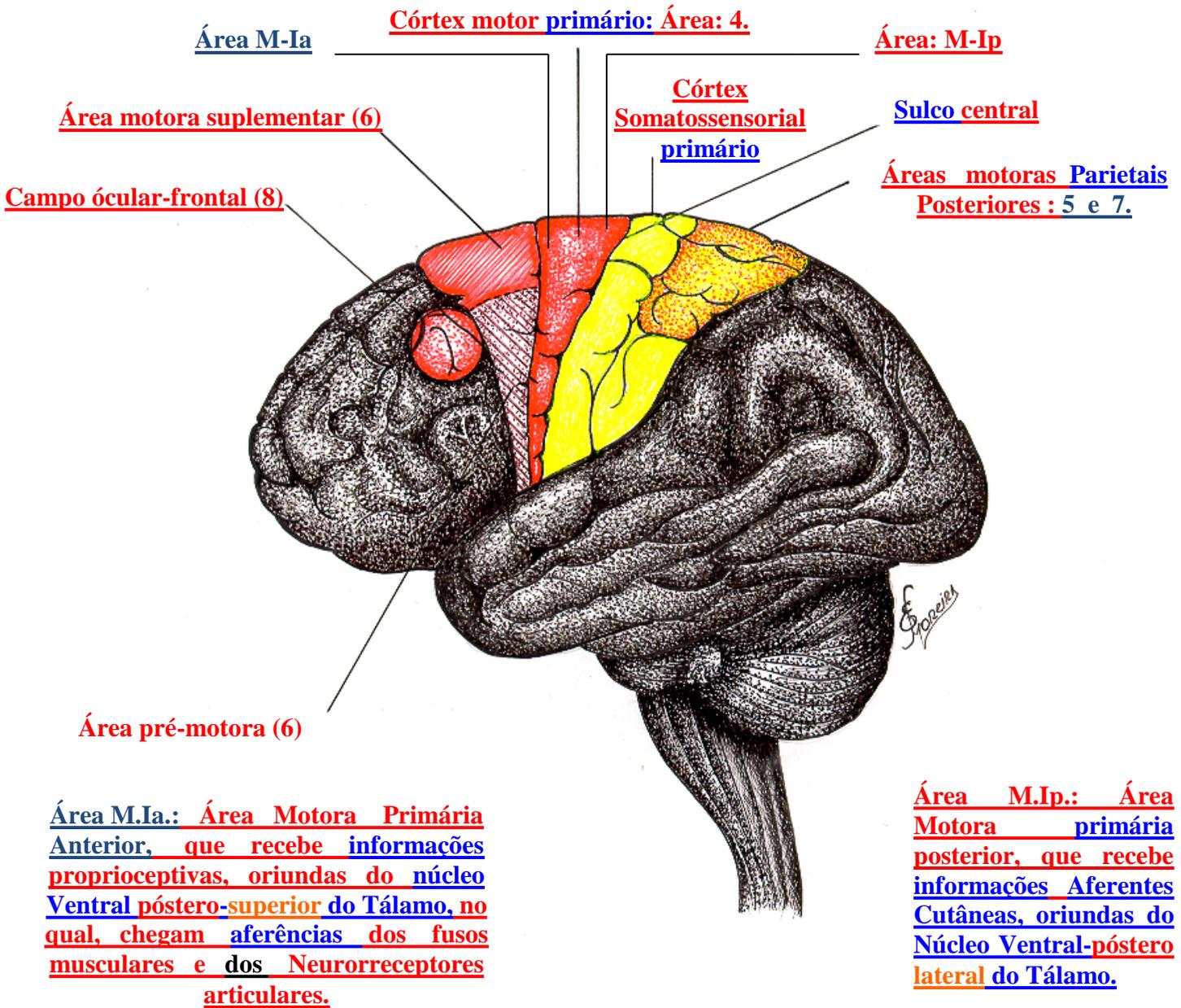


**FIG.03**

## Desenho esquemático de Células do Hipocampo e o Mecanismo de Ações inibitórias das Células de Renshaw.

O “neurotransmissor” mais utilizado, nas estimulações destes aglomerados de neurônios corticais do córtex motor primário, relaciona-se ao ácido glutâmico ( glutamato ), de natureza “excitatória”. Assim, a estimulação deste aglomerado de neurônios corticais piramidais, gerará potenciais pós-sinápticos excitatórios, conhecidos por “P.P.S.E”, ou seja, Potenciais Pós-sinápticos Excitatórios, nas sinapses, realizadas, diretamente, com os “neurônios laterais ou inferiores do tronco encefálico” ou com os “neurônios somatomotores medulares”, na ponta medular anterior, ou através de interneurônios localizados nas proximidades destes neurônios laterais ou inferiores ( figs.: 2 e 3 ). Quando as sinapses mencionadas acima, se estabelecem, entre os axônios de neurônios corticais, diretamente com os neurônios espinhais, apresentam “latência curta”, sendo, em geral, os potenciais pós-sinápticos, para os músculos distais dos membros, maiores do que os potenciais pós-sinápticos relacionados aos músculos proximais dos membros. Neste particular, os tratos constituintes do “Sistema Motor Medial” do Tronco encefálico: ( Trato vestibulo-espinhal, Trato retículo-espinhal e Trato tecto-espinhal ) ( figs.: 11, 12, 13, 14, 15 e 16 ) apresentam, conforme se observa no quadro da ( fig.: 1 ), seus axônios dirigidos para os neurônios motores inferiores, responsáveis pela inervação dos músculos axiais e pela inervação da musculatura proximal dos membros, enquanto, observando a mesma fig.: 1, os “Sistemas”: “Corticoespinhal”, “Rubroespinhal” e “Olivoespinhal” ( figs.: 1, 17 e 18 ) controlam, na medula, os músculos distais dos membros e movimentos dos membros direcionados ao alvo. Neste caso, em particular, mesmo ainda não completamente comprovado, a presença do “Trato olivo-espinhal” ( figs.: 18 e 19 ) colabora no mecanismo de plasticidade dos movimentos, pois, o complexo olivar bulbar inferior, através do feixe central da calota ( trato tegmentar central ) ( fig.: 19 ), recebe sinais não apenas corticais motores como também dos “Núcleos da Base”, dos “Núcleos da Formação Reticular” do “Núcleo Vermelho” ( fig.: 19 ), conduzindo os sinais à “formação Nuclear olivar bulbar inferior”, da qual, através das fibras “Olivocerebelares,” se dirigem à região cerebelar contralateral, através do “Pedúnculo cerebelar inferior” ( figs.: 18 e 19 ). Assim, a maior parte das projeções cortico-espinhais, oriundas do córtex motor primário, é utilizada em sinapses com interneurônios excitatórios ou inibitórios espinhais, que, por sua vez, geram potenciais pós-sinápticos excitatórios ( P.P.S.E. ) ou inibitórios ( P.P.S.I. ) a serem transferidos aos neurônios inferiores espinhais ( figs.: 2, 3 e 17 ). Finalmente, o córtex motor primário apresenta, também, projeções significativas e de natureza recíproca com as “Áreas motoras suplementares” homolaterais, com o córtex pré-motor frontal, com a área motora parietal posterior ( áreas 5 e 7 de Brodmann ) ( figs.: 4, 5 e 6 ) e “Sistema somatossensorial primário ( S-I ) ( áreas: 3a, 3b ) do lobo Parietal ( figs.: 6 e 6.1 ). Todas estas conexões interhemisféricas cerebrais utilizam, principalmente, em sua passagem, para o hemisfério contralateral, a “Comissura do Corpo Caloso” ( fig.: 23 ). As conexões aferenciais dirigidas ao córtex motor primário ( M-I ), com exceção das conexões cortico-corticais, necessitam, obrigatoriamente, passar antes, pelo “Tálamo dorsal”. Tais “conexões tálamo-corticais” conduzem, em realidade, informações: do “Sistema Somatossensorial”, do “Sistema Vestibular”, do “Cerebelo” e dos “Núcleos da Base” ao córtex cerebral ( fig.: 7 ).

# Áreas Corticais Motoras



Superfície Lateral: do Hemisfério Cerebral, do Tronco Encefálico, parte do hemisfério Cerebelar e da Medula espinhal.

FIG.: 04

Assim, a partir do Globo pálido medial, os impulsos são conduzidos ao núcleo ventral anterior do tálamo e à região anterior do Núcleo Ventral Lateral do Tálamo. ( fig.: 07 ).

Destes núcleos talâmicos, os impulsos se dirigem, respectivamente, às áreas: motora suplementar cortical (6) e à área motora primária (M-I) (4), ( fig.: 21 ).

Do neo-cerebelo e do paleo-cerebelo, os impulsos são encaminhados à região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo contralateral, do qual, partem estímulos, direcionados: ao córtex pré-motor (C.P.M.), ao córtex motor primário anterior (C.M.P.) ou (M-Ia.) e ao córtex motor primário posterior (C.M.Pp. ou M-Ip) ( figs.: 4, 5, 7, 22, 25, 27 e 29 ). Do Lemnisco medial ( fig.: 26 ), os impulsos informativos, são conduzidos ao núcleo ventral póstero-lateral do tálamo, do qual, são reconduzidos, após sinapses, neste núcleo, ao córtex motor primário posterior (M-Ip) e área motora suplementar (A.M.S.).

Também, do Lemnisco medial, conjunto significativo de fibras, se dirige ao núcleo ventral póstero-superior do tálamo (N.V.P.S.T). Deste, após novas sinapses, novos axônios se dirigem ao córtex motor primário anterior (M-Ia) ( figs.4 e 5 ) e área motora suplementar (A.M.S.). As áreas sensoriais visuais e somatossensoriais, enviam conexões aferentes ao córtex pré-motor (C.P.M.).

## ÁREAS MOTORAS SECUNDÁRIAS:

### 1º) – CÓRTEX (OU ÁREA MOTORA) SUPLEMENTAR (C.M.S.):

O “Córtex motor suplementar” localiza-se, na área cortical superolateral e porção medial da área 6, correspondendo à representação topográfica do corpo, estando a representação da cabeça, situada em sua parte anterior, enquanto, em sua parte posterior, localizam-se as representações das pernas e pés, já bem próximo à área 4. ( figs.: 4 e 5 ).

Os neurônios piramidais, localizados na camada “V” da área motora suplementar (camada piramidal interna), também, colaboram com o fornecimento de fibras para o trato corticoespinhal ( figs.: 8, 10, 29 e 39 ).

Estímulos, provenientes dos núcleos da base, e nestas condições, qualificados como aferenciais à área motora suplementar, são oriundos do globo pálido medial (interno) e da parte reticulada da substância negra. Tais fibras pálido-talâmicas e nigro-talâmicas ( figs.: 7 e 20 ) se dirigem à região anterior do núcleo ventral anterior do tálamo (N.V.A.T.), do qual, através de neurônios de natureza excitatória, se dirigem à área motora do córtex motor suplementar, que também, recebe aferências proprioceptivas e cutâneas do núcleo ventral póstero-superior do tálamo. Todavia, nenhuma informação do cerebelo é conduzida ao córtex motor suplementar, pois, estas

informações cerebelares se dirigem, do paleo-cerebelo e neo-cerebelo, à parte posterior do núcleo ventral lateral do tálamo contralateral ( ou núcleo ventral intermédio lateral ) e, deste núcleo talâmico, se redirecionam ao córtex motor primário, em suas duas divisões: ( córtex motor primário anterior ( C.M.Pa. ) e córtex motor primário posterior ( C.M.Pp. ). ( figs.: 4, 5, 7 e 29 ).

## 2º) – CÓRTEX ( OU ÁREA ) PRÉ-MOTORA ( C.P.M. ):

Localizado, na superfície lateral do hemisfério cerebral ( fig. 4 ) e constituindo a maior parte da área cortical 6 de Brodmann, o córtex pré-motor ( 6 ), independentemente, do restante da área motora suplementar ( ou secundária ), no cérebro humano, é, seis vezes maior, do que a área motora primária ( M-I ou área 4 de Brodmann ) ( figs.: 04, 05, 06, 24, 25 e 39 ).

As contribuições eferentes desta área motora, para a constituição do Trato Corticoespinal ( figs.: 8, 29 e 39 ), são insignificantes, se comparadas às contribuições, bem mais significativas, das áreas: motora suplementar e área motora primária, que figuram, separadamente, com uma contribuição, em torno de trinta por cento ( 30% ) do total de fibras do trato corticoespinal, para cada uma delas.

Para este córtex pré-motor, são dirigidas poucas aferências, com informações talamo-corticais dos núcleos talâmicos: ventral póstero-superior com informações aferentes proprioceptivas, oriundas do lemnisco medial ( figs.: 7 e 26 ) e informações táteis cutâneas, oriundas do núcleo ventral póstero-lateral, principalmente do tato epicrítico, sendo a maior parte das informações, conduzidas ao córtex pré-motor, realizadas através de áreas corticais associativas. Informações do neocerebelo e do paleocerebelo contralaterais, são conduzidas à região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo, ( fig.: 7, 25, 27, 28 e 31 ) e, daí, para o córtex pré-motor. Para este córtex, também, são encaminhadas informações visuais, porém, sem a intervenção do tálamo, utilizando, principalmente, as áreas visuais associativas secundárias ( 18 e 19 ) ( fig.: 6 e 33 ).

Em geral, as informações excitatórias dirigidas ao córtex pré-motor relacionam-se às respostas motoras envolvidas, freqüentemente, a movimentos coordenados dos membros, sendo, portanto, respostas motoras complexas. Trata-se de um córtex, cuja principal função, se relaciona ao preparo das conexões morfo-funcionais, necessárias à ação motora consistente e definitiva, realizada por outras áreas corticais motoras.

### 3º) – CÓRTEX MOTOR PARIETAL POSTERIOR ( C.M.P.P. ):

O “Córtex ( ou Área ) motora parietal posterior” corresponde, na classificação de Brodmann, às áreas 5 e 7 do lobo parietal ( figs.: 4, 6, 38 ), estando localizada, na parte posterior deste lobo parietal, entre o córtex somatossensorial primário ( S-I ) ( áreas: 3a , 3b ) e a área cortical associativa visual 19 de Brodmann, incluindo a área parietal visual posterior, uma das áreas corticais, com significado visual especial, situada na parte posterior da área 7 do referido lobo parietal posterior ( figs.: 4, 6 e 38 ).

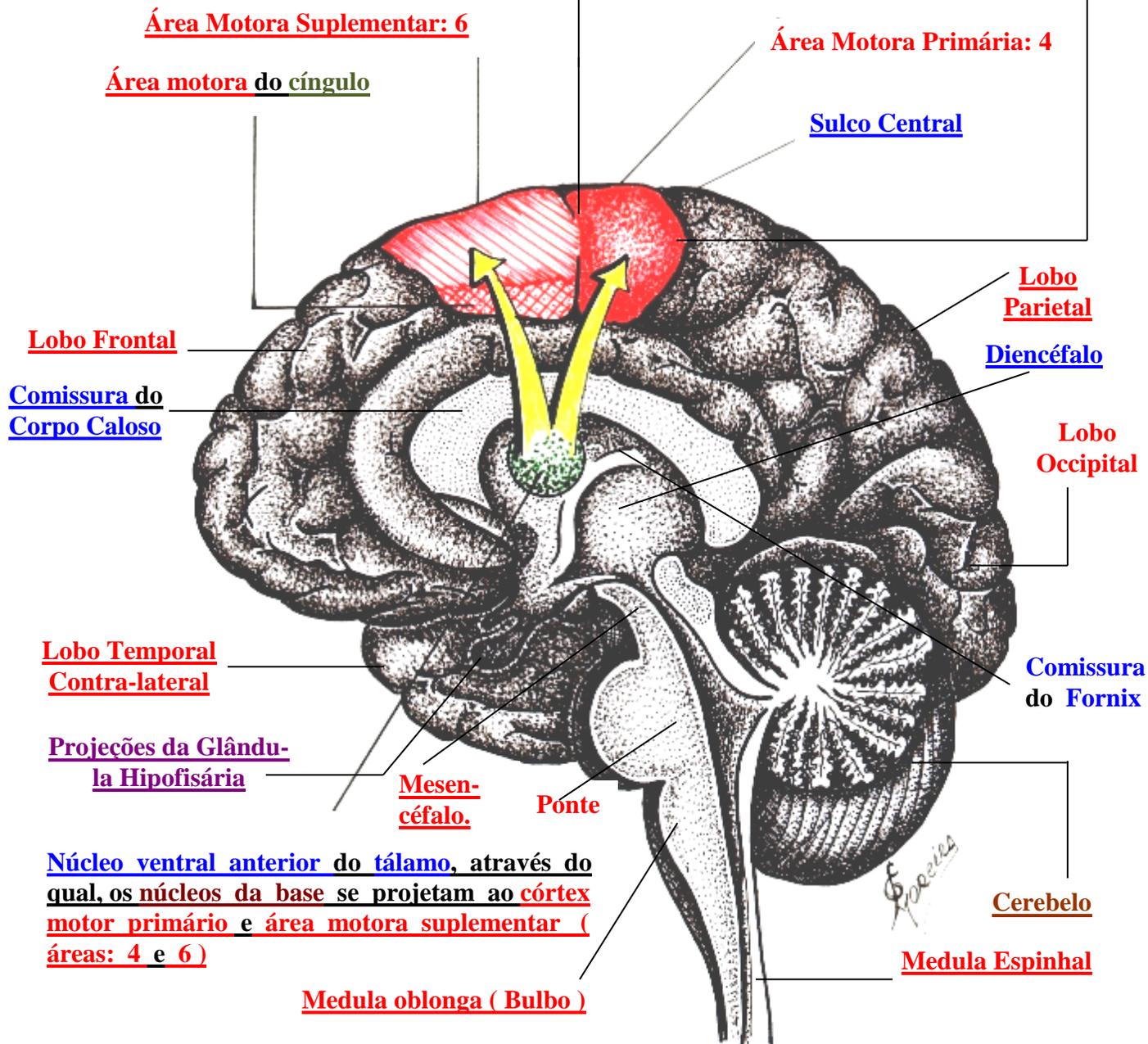
Dentre as projeções eferentes desta área motora parietal posterior, evidencia-se uma contribuição para a formação do trato corticoespinal ( figs.: 8, 9 e 39 ), em torno de “quarenta por cento” ( 40% ) das fibras totais do trato, além de outras fibras encaminhadas ao córtex motor primário e fibras para o córtex pré-motor.

A maior parte das projeções aferentes, para a área motora parietal posterior é representada por fibras associativas dos córtices das áreas: visual e somatossensorial adjacentes ( figs.: 35, 36, 38 e 39 ). Das duas áreas deste lobo parietal ( 5 e 7 ), localizadas em sua região posterior ( fig.: 6 ), a área “5” relaciona-se aos aspectos de natureza tátil dos movimentos ( quando, por exemplo, em ambientes sem luz, tentamos andar, tateando os corpos e objetos, pelos quais, passamos, à procura do nosso rumo ), enquanto, a área “7” se relaciona a movimentos visualmente, dirigidos, ou seja, indica o lugar, no qual, se encontra um objeto que procuramos, ou seja: “Via Dorsal Visual” e “Via Ventral Visual”. Esta última, dirigida ao giro intermédio anterior do lobo temporal, ( figs.: 6, 33, 38 e 39 ). Ambas originam-se na área 17 occipital, passam pelas áreas 18 e 19, em direção aos lobos citados: Parietal e Temporal ( visão do movimento, cores e formas dos objetos ).

# Áreas Corticais Motoras

Área: M.Ia.: Área Motora Primária anterior, que recebe informações proprioceptivas, oriundas do núcleo ventral pósterio-superior do Tálamo, no qual, chegam aferências de fusos musculares e dos neurorreceptores articulares.

Área: M.Ip.: Área Motora Primária posterior que recebe informações aferentes cutâneas, oriundas do núcleo ventral pósterio-lateral do Tálamo.



Superfície Medial do Hemisfério Cerebral, com visão da: Divisão de Seus Lobos: Frontal, Parietal, Occipital e Temporal ( este último do lado oposto ), parte do Tronco Encefálico com: Mesencéfalo, Ponte, Medula Oblonga ( ou Bulbo ) e Parte da Medula espinhal, superfície de secção medial do Cerebelo, Comissura do Fornix, comissura do Corpo Caloso e projeção da glândula Hipofisária.

**FIG.: 05**

## CAMPO OCULAR FRONTAL ( C.O.F. )

A área do “Campo ocular frontal” ( C.O. F ), localiza-se na parte pósteroinferior da área 8 de Brodmann, na superfície lateral do hemisfério cerebral ( lobo frontal ), junto ao córtex pré-motor ( área 6 ). ( figs.: 4 e 6 ). Esta área coordena os movimentos oculares, principalmente, quando se trata de acompanhar, visualmente, um movimento. Relaciona-se, portanto, estreitamente, às “Alças anatômicas” “Oculomotoras” e aos movimentos conjugados de lateralidade e de verticalidade dos globos oculares. ( figs.: 4, 6, 33 e 38 ).

Em eventuais lesões unilaterais destas áreas, ambos os globos oculares se desviam homolateralmente à lesão, sendo impossível, movimentá-los, em direção oposta. Todavia, tal impossibilidade é transitória, o que nos permite concluir estar, cada área ( à direita e à esquerda ), apta para controlar ambos os lados, isoladamente, se necessário.

Até este momento, estudamos o “primeiro componente” do “Sistema Nervoso Central,” representado pelas “cinco ( 05 ) áreas corticais,” interessadas nos mecanismos morfo-funcionais dos eventos motores.

O “Segundo componente”, importante, nos mecanismos morfo-funcionais de transformação de nossos “pensamentos e vontade,” em “movimentos,” relaciona-se às “Vias de Projeções Descendentes”, tanto do “Córtex motor,” como das “regiões do Tronco Encefálico”, nas quais, encontramos as estruturas neuronais descendentes, conhecidas por : “Neurônios Motores Superiores”.

“Os “Neurônios motores superiores,” apresentam seus corpos, localizados no “Córtex motor” ou no “Tronco Encefálico”, cujos axônios, em direção descendente, constituem as referidas “Vias de Projeções Descendentes, que transmitem aos “neurônios motores inferiores ou laterais”, localizados no “Tronco Encefálico” ou na “Medula Espinhal”, diretamente, através de, sinapses com os neurônios motores laterais do tronco encefálico ou da ponta motora da medula espinhal ou, indiretamente, através de interneurônios, localizados, próximos aos centros segmentares do tronco encefálico ou da medula espinhal.

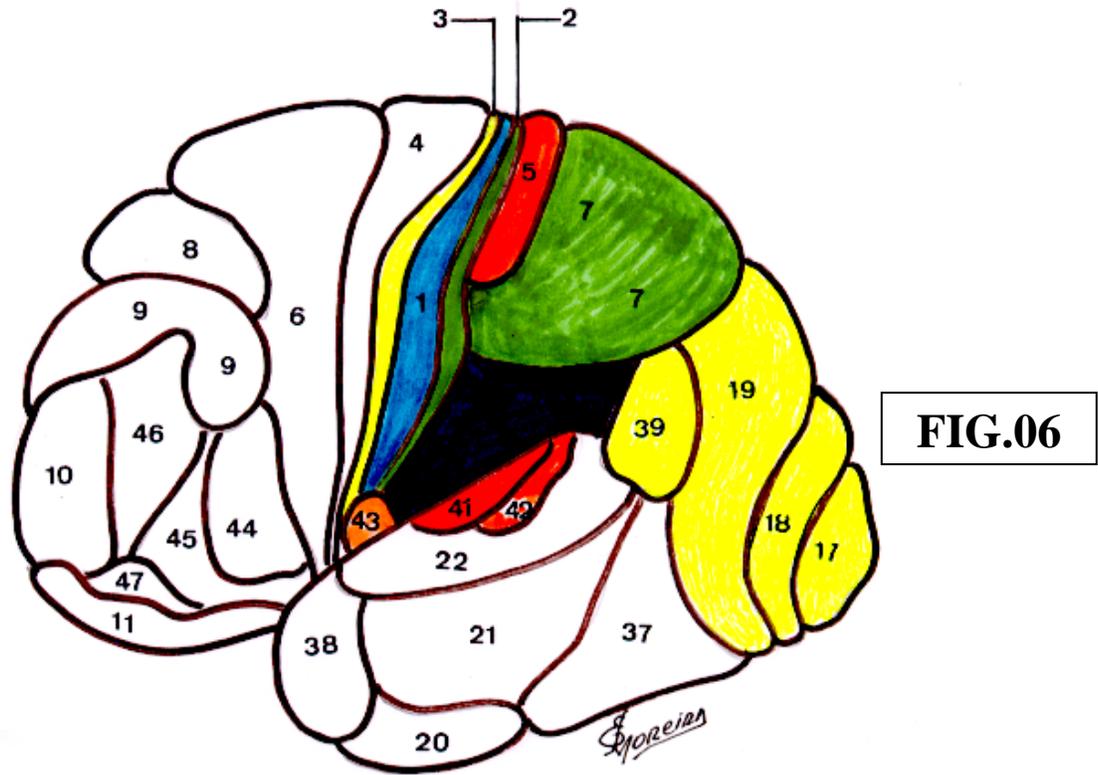
Portanto, enquanto o “neurônio superior,” é encontrado no nível do “córtex motor” ou no “tronco encefálico”, o “neurônio motor inferior ou lateral,” é um neurônio, cujo axônio sai do “sistema nervoso central” e se dirige aos efetores musculares, localizados fora do “sistema nervoso central”, constituindo, assim, a “Via final comum”, ou seja: o último elo de união, entre o “Sistema Nervoso Central” e o “Efetor” ( junção neuromuscular ), no qual o principal “componente funcional,” é a “Fibra eferente somática geral” ( F.E.S.G. ).

Um dos principais participantes das “Vias de Projeções Descendentes” do “Córtex motor,” é o “Trato Corticoespinhal” ( figs.: 8, 9, 29 e 39 ).

Estudos mais distantes, realizados na estrutura deste “Trato corticoespinal”, com o objetivo de conhecer a quantidade de axônios, que participam de sua estrutura anatômica, levaram os pesquisadores, àquela época, à conclusão de que, este trato seria constituído apenas, por axônios de células piramidais de Betz, encontradas no córtex motor primário ( M-I ) e que o trato, assim constituído, projetar-se-ia, nos terminais dos axônios e nos neurônios motores inferiores ou através das redes de interneurônios.

Todavia, em estudos ulteriores sobre a citoarquitetura do córtex motor primário, ficou estabelecido que, na espessa camada piramidal interna do neocórtex ( camada “V” ), foram encontradas, apenas trinta e quatro mil células de Betz ( 34.000 ) em cada giro pré-central. ( fig.: 10 ).

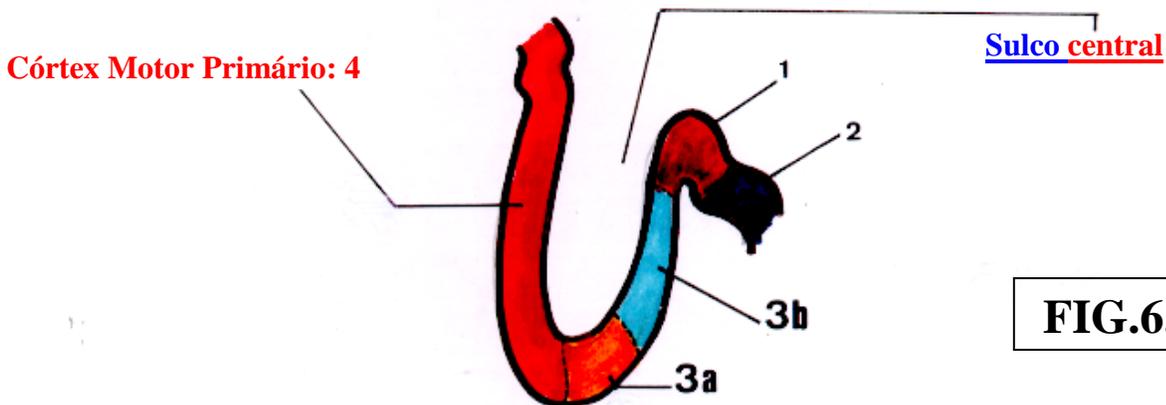
**Citoarquitetura de Brodmann na Superfície Lateral do Hemisfério Cerebral.**



**FIG.06**

Desenho adaptado de Barth and Campbell, A.W. – Histological Studies on the Localization of Cerebral Function. N. Y. Cambridge University Press. – 1905.

1 – As áreas: 1, 2, 3a e 3b do lobo parietal, giro pós-central, nas quais o córtex somatossensorial S-I, com as áreas: 3a e 3b é encontrado no detalhe da fig.: 6.1, na qual observa-se, também, o córtex secundário somatossensorial (S-II) com as áreas 1 e 2. – 2. Áreas occipitais visuais primária (17) e Secundárias (18 e 19). – 3- Área 39 no giro angular relacionada à percepção da leitura escrita. 4 Areas auditvas (41 e 42). 5 – Área 43 (gustativa).



**FIG.6.1**

**Detalhe das partes do sulco central do hemisfério cerebral.**

- Área 3a: Na profundidade do sulco.
- Área 3b: Parede posterior do sulco
- Área 1: Na crista do sulco
- Área 2: Já na superfície exterior

- S:I. – Áreas corticais:..... 3a e 3b
- S:II. – Áreas corticais:..... 1 e 2

Posteriormente, em rigoroso estudo sobre o número de axônios deste trato corticoespinal, no nível das pirâmides bulbares, foi constatada a presença de, aproximadamente, um milhão de axônios, no referido trato corticoespinal, de cada lado.

Em virtude desta, tão significante variação quantitativa, quanto ao número de axônios, entre estes dois níveis do Trato corticoespinal, concluíram os pesquisadores que, outros neurônios corticais, também, participam, com seus axônios, da formação do referido trato cortico-espinal.

Entretanto, um novo problema foi levantado: quais seriam estas regiões, que contribuiriam, com tão significativo número de neurônios ?

Baseados nas antigas constatações e nesta contestação, aprofundaram-se os estudos, sobre este tema levantado, chegando, finalmente, à conclusão de que: as áreas corticais somatossensoriais primárias, secundárias e áreas de integração, ao contrário, de outras áreas sensitivas corticais, apresentam acesso privilegiado ao córtex motor primário, sendo tal fato, explicado, em virtude das informações sensitivas somáticas serem extremamente essenciais para a coordenação e orientação ( guia ) dos movimentos.

Assim, na estrutura do trato corticoespinal, encontramos, em torno de: 30% de suas fibras, com origem, no córtex motor suplementar, 30% no córtex motor primário e 40% das fibras com origem nas áreas corticais somatossensoriais primárias, sendo, estas últimas, orientadoras do movimento ( figs.: 29, 38 e 39 ).

Para estabelecerem estas conclusões, os pesquisadores basearam-se em experiências com a utilização de “Traçadores retrógrados”, à base de corantes como, por exemplo, na presente experiência, a utilização de “peroxidase de rabanete” que, injetada na substância cinzenta da medula espinal, em cobaias, é absorvida pelos terminais dos axônios, oriundos de neurônios piramidais corticais que transitam no local da injeção.

Posteriormente, a substância, injetada e absorvida pelos terminais axônicos, num processo de fluxo axoplasmático ascendente ou “retrógrado”, é transportada de volta aos corpos celulares dos referidos axônios ( que são os corpos das células de Betz ) do córtex motor primário, sendo, também, curiosamente, encontrados os “traçadores retrógrados,” nas regiões corticais pré-motoras e áreas somatossensoriais corticais do lobo parietal.

Comprovando-se, assim, que estas regiões somatossensoriais corticais do lobo parietal e regiões pré-motoras, também, projetam axônios para o trato corticoespinal de cada lado, o que nos permite, confirmar, aqueles percentuais, acima citados, onde 40% das fibras do trato corticoespinal, de cada lado, originam-se, no córtex somatossensorial ( figs.: 4, 6 e 39 ).

Normalmente, os neurônios motores inferiores, mantêm uma freqüência de descargas basais, responsáveis pela manutenção do “Tônus muscular”. Todavia, a

freqüência destas descargas, obedece a sinais moduladores, que podem ser: excitatórios ou inibitórios, sendo, suas origens, relacionadas às aferências espinhais, aos interneurônios espinhais ou às vias motoras descendentes, a partir do tronco encefálico ( vias motoras supraespinhais ), tratos corticonucleares ou, então, do córtex cerebral: Tratos corticoespinhais: direto ( ou ventral ) e lateral ( fig.: 2, 8, 9 e 44 ).

As “Vias motoras supraespinhais”, conhecidas também, por “Vias extrapiramidais”, (denominação inadequada e em desuso) ( fig.: 44 ), constituem, no tronco encefálico, o conjunto dos dois sistemas motores, dos quais, o Tronco Encefálico se serve, para o controle motor do movimento, em seu nível, ou seja: O “Sistema motor medial”, formado pelos “Tratos” “Vestíbulo-espinhal” ( postura e equilíbrio do movimento ) Retículoespinal medial e lateral ( impulsos somatossensoriais ) e Teto-espinhal ( impulsos visuais ) ( figs.: 1, 11, 12, 14, 15, e 16 ) e o “Sistema motor lateral”, formado pelos “Tratos” “Rubro-espinhal” e “Olivo-espinhal” ( figs.: 1, 17 e 18 ), supra-espinhais.

# Tálamo: Desenho muito esquemático de seus Núcleos e respectivas Conexões

## Funções

- Motricidade
- Comportamento
- Emocional
- Funções viscerais
- Ativação cortical
- Sensibilidade geral
- Sensibilidade especial

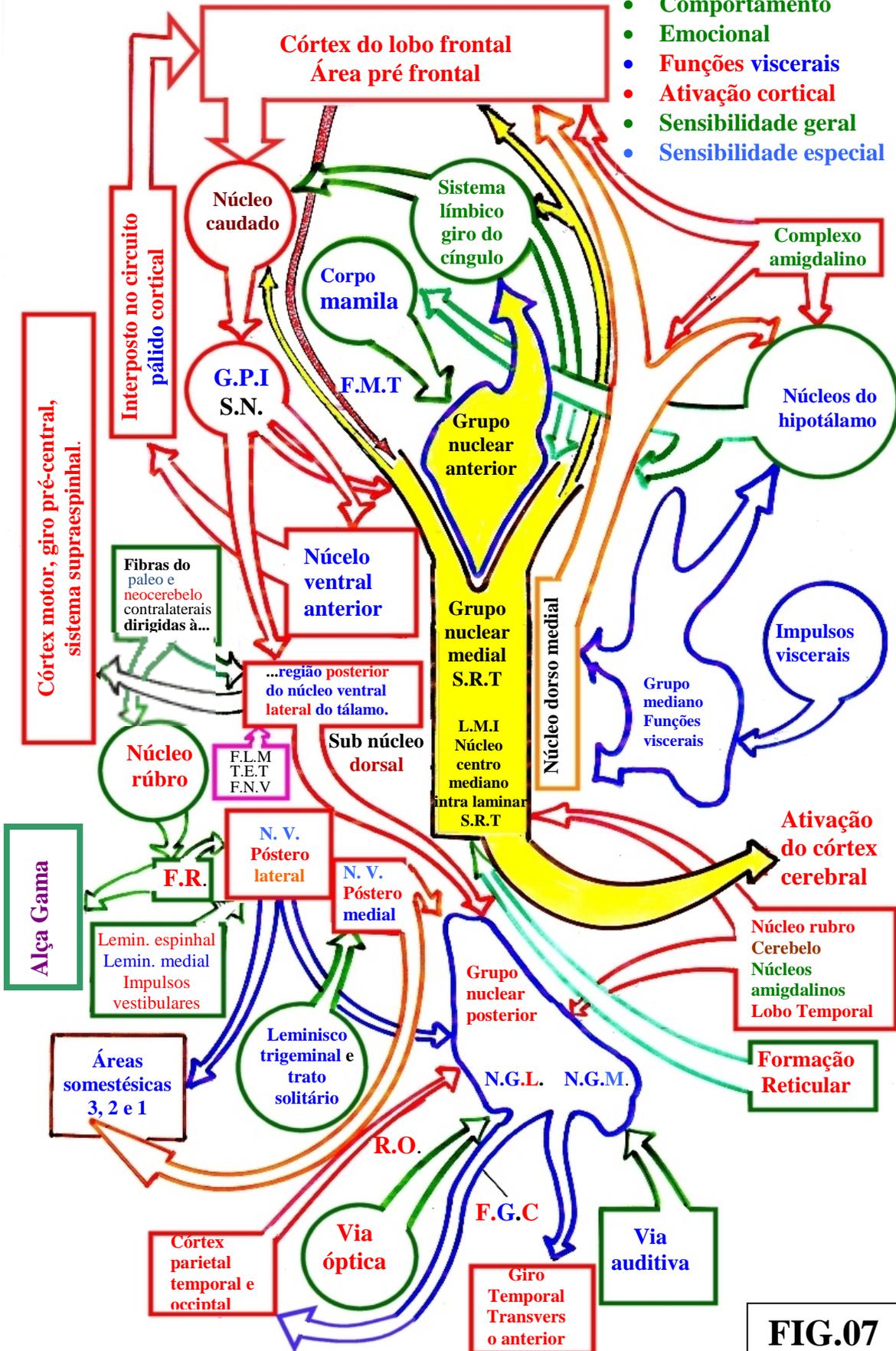
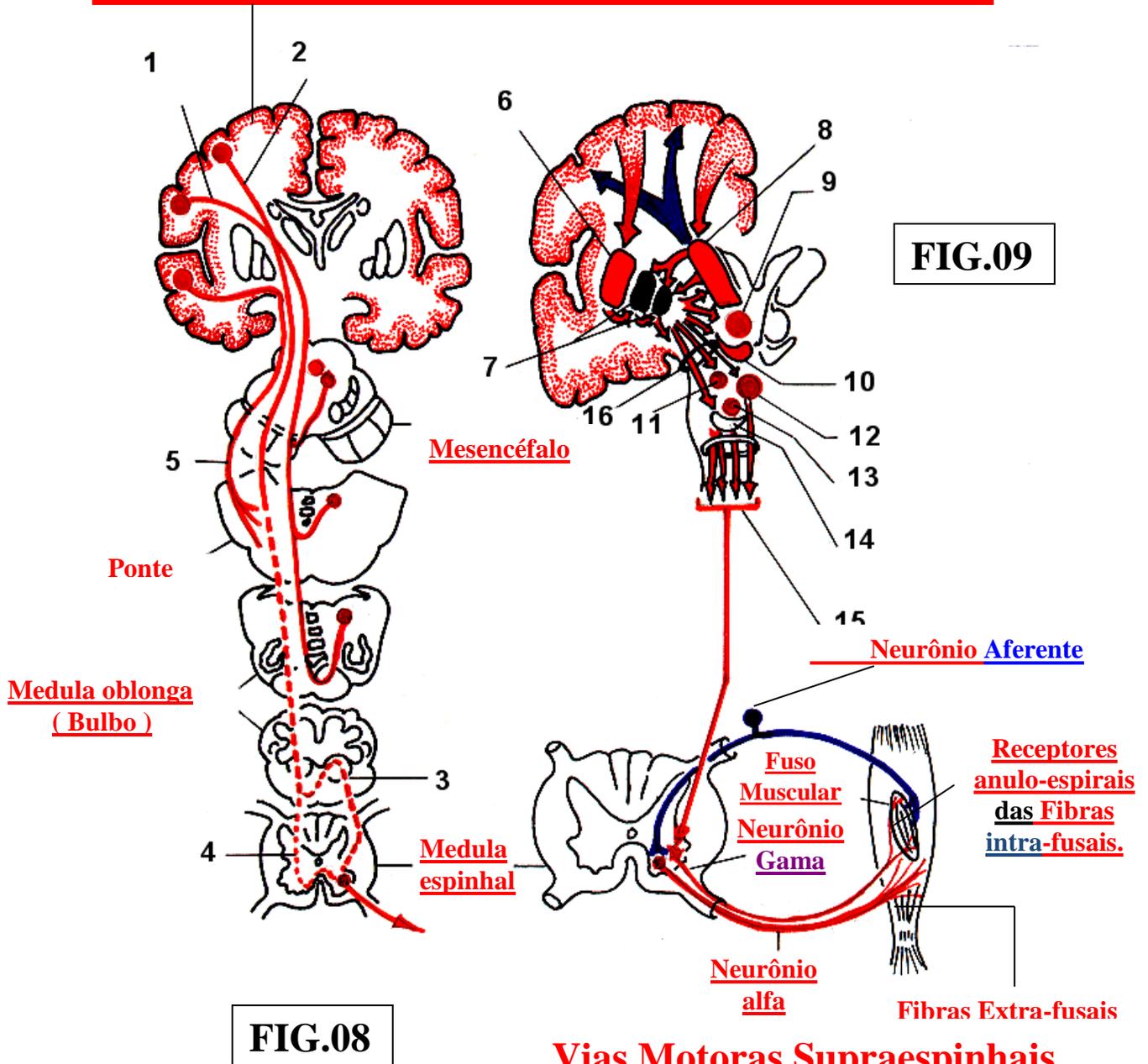


FIG.07

## Vias Eferentes Somáticas Voluntárias Corticais



### LEGENDA:

- |                          |                                      |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 1- Tálamo                | 9- Trato Córtico-nuclear             |
| 2- Hipotálamo            | 10- Trato Córtico-espinhal           |
| 3- Núcleo Rubro          | 11- Trato Cortico-espinhal lateral   |
| 4- Núcleo Sub-talâmico   | 12- Trato Córtico-espinhal anterior  |
| 5- Formação Reticular.   | 13- Trato Córtico-pontino            |
| 6- Substância Negra.     | 14- Nucleo Putamen                   |
| 7- Vias Subra-espinhais. | 15- Globos pálidos: lateral e medial |
| 8- Campos de Forel.      | 16- Núcleo Caudado.                  |

**Os oito Sistemas Motores Supraespinhais, com origens no Tronco encefálico, podem ser encontrados na Figura: 22.1.**

O “terceiro componente”, importante, neste processo de “transformação de nosso desejo,” em um movimento ou uma ação de movimento concreto, relaciona-se aos “Interneurônios” ( figs.: 2 e 3 ).

Os tratos, formadores do “Sistema Motor supraespinal medial”, utilizando as redes de interneurônios ( excitatórios ou inibitórios ) e neurônios motores da medula espinal, agem regulando os músculos proximais dos membros e músculos axiais, enquanto o “Sistema motor supraespinal lateral” controla, na medula espinal, os músculos distais dos membros e respectivos movimentos destes membros, direcionados ao alvo. ( fig.: 1 ). O “Trato corticoespinal”, com impulsos diretamente do córtex motor primário ( figs.: 1, 8, 9, 29 e 39 ), desce diretamente à medula espinal, na qual, agirá sobre os sistemas nervosos: voluntário, involuntário e reflexual, controlando, portanto, os músculos somáticos no nível do “tronco encefálico”, bem como no nível da medula espinal, os músculos somáticos dos membros e do tronco, inclusive, modulando o controle postural.

Em geral, sempre que concluímos, um ou diversos movimentos ou iniciamos novos movimentos, provocamos mudanças do centro de gravidade do corpo ( ver “Cerebelo”, Vol. XV ).

Nestas ocasiões, inúmeras mudanças do centro de gravidade exigem, igualmente, inúmeras mudanças de nossos tônus musculares para diversos e inúmeros grupos musculares somáticos, com o objetivo de readquirir o equilíbrio perdido. Assim, somos cenário de um contínuo e infinito sistema de reajustes dos tônus musculares, interessando diversos grupos musculares, incluindo, aí, os músculos posturais e os dos membros superiores e inferiores, necessários aos contínuos reajustes dos tônus musculares, objetivando recuperar, numa perseguição infinita, o equilíbrio, a todo instante modificado.

Tudo isto se torna possível graças à presença dos: grandes tratos motores descendentes do córtex motor encefálico, de inúmeros núcleos próprios do tronco encefálico, núcleos vestibulares, núcleos da formação reticular do tronco encefálico, núcleos tectais, núcleos pontinos, núcleos do complexo olivar bulbar inferior, sendo, este último, de significativa importância nestes mecanismos, pois, este complexo olivar bulbar inferior, encaminha ao cerebelo, através de seu núcleo principal, informações, através das fibras trepadeiras, influenciando a ação do cerebelo, na manutenção do movimento ( início, desenvolvimento e fim do movimento ), bem como agindo, também, sobre os neurônios motores da parte motora medular, com ações motoras associadas, além da insubstituível colaboração dos “núcleos pontinos” na estruturação dos grandes circuitos: “Córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical” e Cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinal” ( figs.: 22, 28 e 31 ).

O córtex motor, no qual, encontramos, em torno de 34.000 grossas fibras ( ou axônios ), oriundos das “células gigantes de Betz”, em cada “trato corticoespinal”, os quais, correspondem a apenas “3%” do número total de fibras de cada um destes tratos corticoespinais, da origem, em realidade, a todas estas fibras, que ultrapassam mais de dois milhões de fibras e, cada uma destas fibras, por sua vez, fornece colaterais, para diversas regiões anatômicas sub-corticais, tais como: as regiões profundas do cérebro, os núcleos ou gânglios da base, ( núcleos: caudado e putamen ), o núcleo vermelho, os núcleos da formação reticular do tronco encefálico, os núcleos vestibulares do tronco encefálico, os núcleos pontinos basais e o complexo olivar bulbar inferior.

Assim, as “Vias de fibras nervosas,” oriundas do córtex motor ou fibras do feixe “Piramidal” ( feixe corticoespinal ), que se dirigem às regiões profundas do cérebro ou em direção ao tronco encefálico e à medula espinhal, podem ser distribuídas, em sete ( 07 ) regiões, ou seja:

1º) – Fibras colaterais do feixe corticoespinal ( piramidal ), que se dirigem às regiões profundas do cérebro.

2º) – Fibras do feixe corticoespinal, que se dirigem aos núcleos: caudado e putâme, dos quais, novos neurônios, encaminham seus axônios, em direção a diversos núcleos do tronco encefálico ( Vol. XX, figs.: 6, 18, 25, 26 e 35 ).

3º) – Fibras do feixe corticoespinal ( trato piramidal ), que se dirigem ao núcleo vermelho e, deste núcleo, novos axônios se dirigem à medula espinhal, através do “feixe rubroespinal” ( figs.: 17 e 29 ).

4º) – Fibras do feixe corticoespinal, que se dirigem aos núcleos da Formação Reticular do tronco encefálico. Destes núcleos reticulares do tronco encefálico, novos axônios, através do feixe reticuloespinal, se dirigem à medula espinhal ( figs.: 11, 12 ).

5º) – Fibras do feixe corticoespinal, que se dirigem aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, e destes núcleos ao cerebelo ( feixes vestibulo-cerebelares ).

6º) – Fibras do feixe corticoespinal ( feixe piramidal ), que se dirigem aos núcleos pontinos basais. Destes núcleos pontinos, novos axônios emergem, constituindo as “fibras ponto-cerebelares”, conduzindo os impulsos em direção aos hemisférios cerebelares. ( fig.: 31 ).

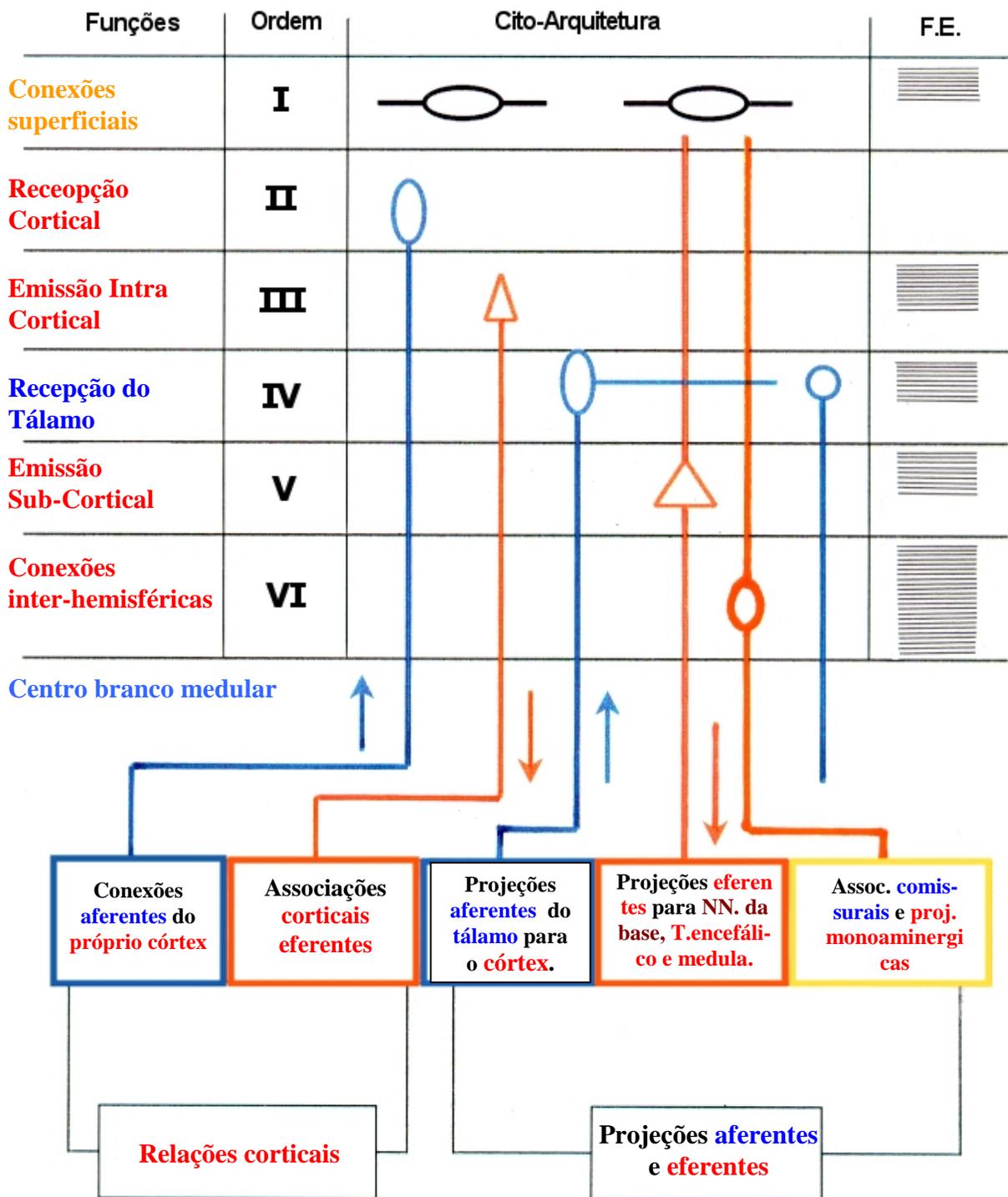
7º) – Outras fibras do referido feixe corticoespinal, de cada lado, dirigem-se aos núcleos do “complexo olivar bulbar inferior” contralateral. Destes núcleos, novos axônios emergem, em direção ao cerebelo contralateral, através das “fibras olivo-cerebelares cruzadas” ( figs.: 18, 19 e 29 ), encaminhando sinais para várias áreas cerebelares. Portanto, o “Sistema ou Feixe corticoespinal” ( piramidal ), ao conduzir seus estímulos à medula espinhal, simultaneamente, através de ramos colaterais, também, encaminha fortes sinais, para as seguintes regiões:

- Regiões profundas do cérebro
- Núcleos ou gânglios da base ( caudado e putamen )
- Núcleo vermelho ( rubro )
- Núcleos da formação reticular do tronco encefálico
- Núcleos vestibulares do tronco encefálico.
- Núcleos pontinos basais.
- Complexo Olivar Bulbar inferior.

Da mesma forma, o “córtex somatossensorial parietal” ( S-I ), através de suas áreas: 5, 7a e 7b, fornece, de maneira constante, informações ao sistema nervoso central, indicando a localização dos músculos e fusos musculares, que deverão receber os sinais motores, além de controlar a velocidade necessária de condução dos impulsos nervosos motores para estes músculos, conscientizando-se das alterações da posição do corpo e de suas regiões, no momento exato, em que acontecem estas mudanças nos eventos musculares ( figs.: 4, 33, 38 e 39 ).

Complementando estes mecanismos básicos, a “medula espinhal”, os “sistemas motores do tronco encefálico” e o “colículo superior”, utilizam todas as informações disponíveis, objetivando manter : o constante e perfeito reajuste dos tônus musculares e...

## Diagrama das Camadas do Córtex Cerebral e de Suas Relações e Projeções



os sinais excitatórios do “núcleo vermelho”, em direção à medula espinhal, através do “feixe ou trato rubro-espinhal” ( figs.: 17 e 29 ). O núcleo vermelho ( ou rubro ), de localização mesencefálica tegmentar, recebe significativo número de axônios de neurônios, localizados no córtex motor primário ( área 4 ), ( figs.: 17 e 29 ), os quais, em seu trajeto descendente do córtex motor primário, até alcançar o núcleo vermelho, constituirão o “feixe ou fascículo córtico-rubro” que, por sua íntima relação anatômica, no nível do mesencéfalo, com os “feixes corticoespinhais”, destes, também recebe algumas fibras colaterais ( fig.: 29 ). Assim, constituído, este conjunto de fibras toma orientação descendente, até alcançar a parte do “núcleo vermelho”.

Filogeneticamente, a parte mais antiga do “núcleo vermelho”, conhecida por “paleorrubro” ( figs.: 17, 18, 27 e 29 ), apresenta neurônios de grandes dimensões e de natureza primitiva e, por este motivo, também conhecido por “parte magnocelular do núcleo vermelho”. Destes neurônios, localizados no núcleo magnocelular ( ou paleorrubro ), os impulsos serão re-encaminhados em direção descendente e cruzada, constituindo, assim, o “feixe rubro-espinhal cruzado” que, em seu trajeto, assumirá posição anatômica lateral no funículo lateral da medula espinhal, à frente e pouco lateralmente, ao “trato corticoespinhal cruzado” da medula espinhal ( fig. 17, 27 e 29 )

Por ocupar esta posição lateral, no funículo lateral da medula espinhal, ( fig.: 17, 27 e 29 ), ambos ( trato corticoespinhal e feixe rubro-espinhal cruzado ), fazem parte do chamado “sistema motor lateral do tronco encefálico e da medula espinhal ( fig.: 01 ), ao qual, se associa, também, por sua posição medular, o “fascículo olivo-espinhal”, ( fig.: 01 ). As fibras do “feixe rubro-espinhal”, ao se voltarem para a parte intermediária da substância cinzenta da medula espinhal, quando se aproximam do alvo ( neurônio medular motor ), preliminarmente, em sua maior parte, estabelecem conexões com os “interneurônios”, no que, são seguidos pelas fibras do trato corticoespinhal, enquanto, outras fibras, de ambos os tratos, se dirigem, diretamente, aos “motoneurônios alvo”, localizados na coluna somatomotora da medula espinhal ( fig.: 08 e 09 ). Considerando a posição do núcleo vermelho ( rubro ), em sua parte paleo-rúbrica e as importantes conexões do mesmo, principalmente aquelas estabelecidas com o cerebelo, através dos núcleos do paleo-cerebelo ( núcleos emboliforme e globoso ou interpósito, fig.: 27 ), para os quais, são conduzidos os estímulos proprioceptivos inconscientes oriundos dos fusos neuromusculares e, sendo o núcleo magnocelular ( paleo-rúbro ) possuidor da somatotopia de todos os músculos do corpo, semelhante, ao que ocorre no córtex motor primário, quando estimulamos qualquer ponto deste núcleo paleo-rúbrico, desencadeamos o aparecimento de contrações, em um músculo ou “grupo de músculos”, semelhantes, funcionalmente, ao que ocorre, em relação ao trato corticoespinhal. Todavia, por se tratar de uma estrutura ( paleo-rúbrica ), ainda em evolução filogenética, suas estruturas celulares, também, são imperfeitas e primitivas, sendo, portanto, deficientes as representações somatotópicas de todos os músculos, se comparadas, às representações somatotópicas do neocórtex, muito mais evoluído. Nestas condições, a “Via cortico-rúbro-espinhal” transmite, funcionalmente, sinais deficientes, do córtex motor, em direção à medula espinhal. Assim, na vigência de lesão do “trato corticoespinhal”, ainda, poderá ser possível observar, discretos movimentos, mais grosseiros. Entretanto, para a realização daqueles movimentos, mais complexos e elaborados, como o que acontece com os movimentos das mãos e dos dedos, em geral, não há, substituição suficiente, do “trato robroespinhal”.

Áreas e Vias Vestibulares, suas Conexões, envolvendo o Fascículo Longitudinal Medial, os Núcleos Vestibulares, o Tálamo, Gânglio Vestibular e alguns Nervos Cranianos.

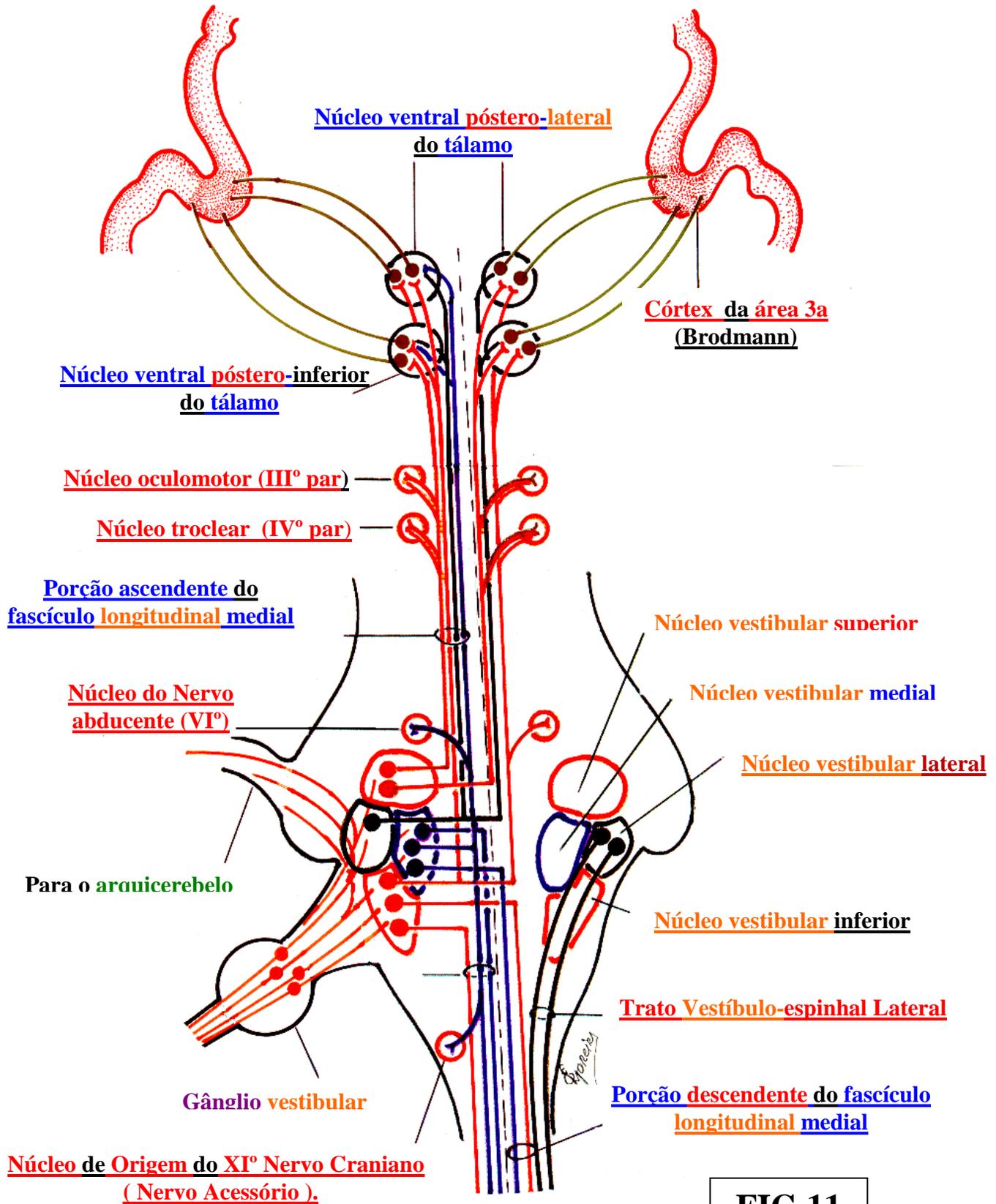


FIG.11

Conclui-se, pelo que foi comentado que, a medula espinhal pode ser excitada, tanto pelo córtex motor primário, como pelo núcleo vermelho ( rubro ), para movimentos mais grosseiros e menos complexos ( figs.: 08, 15, 17, 27 e 29 ).

Sabemos que, a excitação cortical, para o desenvolvimento de “qualquer movimento”, é realizada, segundo uma disposição colunar vertical dos neurônios do neocórtex motor, e que, cada coluna, funciona, em seis ( 06 ) camadas, ou seja: “isocórtex”, conhecidas, da periferia do córtex, em direção à sua profundidade, como: Camadas: molecular, granular externa, piramidal externa, granular interna, piramidal interna e, finalmente, a sexta camada ( camada fusiforme ), a camada mais profunda ( fig.: 10 ).

Assim, as múltiplas fontes de “fibras aferenciais sensoriais” são conduzidas ao neocórtex, terminando, seja na camada II ou na camada IV.

A partir da influência destas aferências ascendentes ao “córtex”, as respostas são estruturadas para emissões, a partir da “camada V”, fornecendo os devidos “sinais motores”, que se dividem em: 1º ) - “sinais motores dinâmicos” ( fortes sinais motores iniciais para o desejado movimento ) e 2º ) - “sinais motores estáticos” ( sinais mais fracos e necessários para a manutenção do estado de contração de um ou de diversos ( músculos envolvidos no movimento ).

No neocórtex ( área motora primária ), os neurônios motores apresentam características, que os habilitam iniciar um movimento, com significativa força ( sinais dinâmicos ). Por outro lado, outros neurônios, conforme já foi explicitado, anteriormente, são menos excitados, porém, mantêm a contração muscular, durante mais tempo ( sinais estáticos ).

Tal situação, também, é encontrada no “núcleo vermelho” ( rubro ), porém, com a diferença que, no “núcleo vermelho”, encontramos maior quantidade de “sinais dinâmicos”, enquanto, no “córtex motor primário”, encontramos maior número de “neurônios” com “sinais motores estáticos”.

Todavia, grande parte, de nossas atividades motoras somáticas, são de natureza reflexa, como, por exemplo,: o “ato de respirarmos”, o “reflexo masseterino”, o “reflexo patelar”, etc...etc...etc... Nestes casos, as fibras aferentes primárias excitam, diretamente, os neurônios motores, que desencadearão a “contração muscular”. Esta estimulação primária motora e reflexa, poderá ser atenuada, por nossa vontade ( Sistema Nervoso Voluntário ), porém, jamais eliminada, totalmente.

Outros dois grandes componentes insubstituíveis, no “controle dos movimentos”, relacionam-se aos “Núcleos da Base” e ao “Cerebelo”.

Os “Núcleos da Base” participam dos mecanismos morfo-funcionais de realização dos movimentos, através de suas ações, nas diversas alças anatômicas, estabelecendo, não apenas, o “modelo morfo-funcional” das “Alças diretas” e “Alças indiretas”, como também, participam de todas as “Alças Anatômicas” presentes em um movimento. ( figs.: 20, 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 e 43 ).

Todas estas ações motoras voluntárias, são estruturadas e planejadas corticalmente, através de “alças anatômicas iniciais”, originadas, em nosso “Sistema Límbico” ( Alças Límbicas ), relacionadas ao “desejo ou vontade” de realizar o referido movimento.

A partir deste momento, através do “Sistema Límbico”, surgirão diversos tipos de “Alças anatômicas”, sempre obedecendo a um mesmo “modelo morfo-funcional”,

que as colocação nas condições das chamadas “Alças Diretas”, a serem comentadas mais adiante, as quais, em virtude de seu “modelo morfo-funcional” de uma “Alça direta”, estão capacitadas para participar dos mecanismos morfo-funcionais do movimento a ser realizado, aumentando, funcionalmente, a ativação cortical.

Das diversas “alças anatômicas” conhecidas, os melhores estudos e comprovações funcionais, relacionam-se às chamadas: “alças límbicas”, “oculomotoras”, “motoresqueléticas” e de “associações 1” e de “associações 2.” ( figs.: 20, 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 e 43 ).

Todas estas alças Anatômicas experimentam, conforme foi mostrado, em todos os desenhos esquemáticos apresentados, a “ação moduladora”, em sua estrutura morfo-funcional, dos “Núcleos da Base”, nos quais, dependendo do “circuito morfo-funcional utilizado”, poderemos ter as: “Alças Diretas” ou as “Alças Indiretas” ( figs.: 20 e 21 ). ( para maiores detalhes, ver capítulo de “Núcleos da Base” ( Vol. 20 ).

Entretanto, para que os “movimentos sejam realizados com perfeição”, torna-se necessário, um “conjunto, extremamente complexo, de ações”, envolvendo todas as estruturas anatômicas, comentadas neste texto, bem como, perfeitamente interestruturadas, em todos os níveis anatômicos, de forma harmônica e regular.

Finalmente, nas considerações de todos os “sistemas anatômicos, que participam direta ou indiretamente dos complexos mecanismos morfo-funcionais, de um ou de inúmeros movimentos”, às vezes, até simultâneos, citamos o “Cerebelo” que, nos referidos mecanismos, exerce funções da maior importância ( Ver Vol. XV, ). A localização anatômica privilegiada do “cerebelo,” no encéfalo, ocupando a fossa craniana posterior, dorsalmente ao tronco encefálico e sub-tentorialmente, permite-lhe, por um lado, perfeito monitoramento dos sinais motores corticais descendentes, bem como, por outro lado, recepções de informações sensoriais aferenciais proprioceptivas periféricas, oriundas da medula espinhal, além de sinais motores, conduzidos aos centros motores ventrais medulares pelos tratos corticoespinhais, bem como, em relação ao tronco encefálico, sinais oriundos do sistema vestibular ( Ver “Cerebelo”, Vol. XV { fig.: 40 } ).

Para a realização destas importantes conexões, o cerebelo conta com a colaboração de “três pares de conjuntos de fibras”, cujos trajetos aferenciais e eferenciais, em relação ao cerebelo, se realizam, através destes três grandes troncos de fibras. São eles: O pedúnculo cerebelar superior, o pedúnculo cerebelar médio e o pedúnculo cerebelar inferior ( figs.: 17, 27, 28 e 29 ).

Através destas conexões, o cerebelo recebe informações aferenciais descendentes motoras, de origem cortical ( portanto, centrais ), como também, recebe informações sensoriais aferentes periféricas proprioceptivas inconscientes ascendentes do tronco encefálico e da medula espinhal, participando, de forma insubstituível, dos mecanismos morfo-funcionais de “planejamento dos eventos motores”, desde seu início, sua total execução e término ( figs.: 16, 17, 22 e 27 ).

## Desenho esquemático da constituição dos tratos:

### 1º) Reticulo-espinal mediano

### 2º) Reticulo-espinal lateral

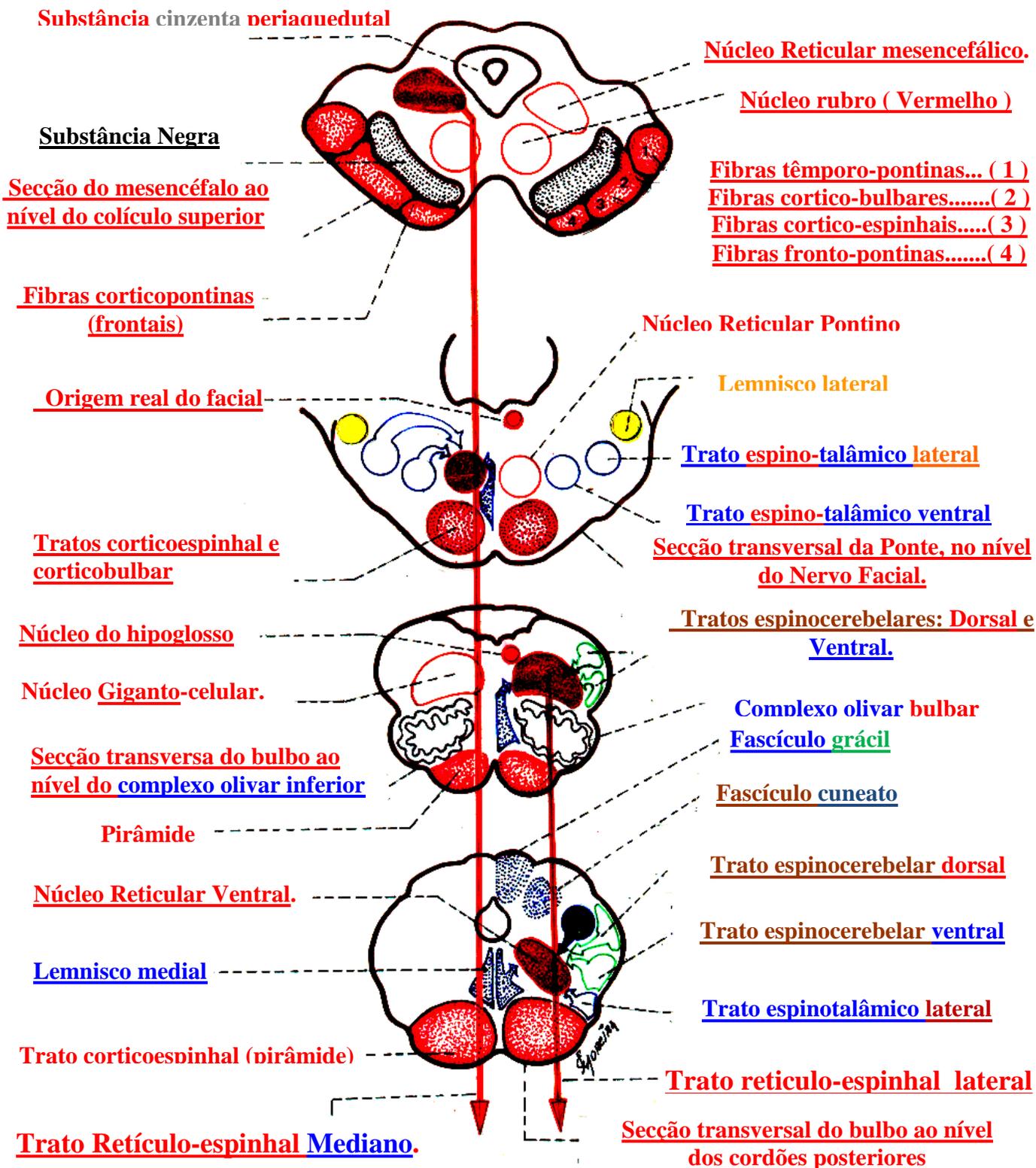


FIG.12

Assim, o “Cerebelo” é capaz de, associado às áreas motoras, participar do “Planejamento motor,” através do “Sistema neo-cerebelar” ( cérebro-cerebelo ), de executar, coordenar e modular os movimentos ( paleo-cerebelo ou espino-cerebelo ) e de cuidar da postura e equilíbrio do corpo, durante a realização do referido movimento ( arquicerebelo ) ou vestíbulo-cerebelo ( ajuste postural ) ( figs.: 16, 17, 18, 22, 27, 28, 29, 30 e 31 ).

Além disso, em virtude de sua capacitação, para “geração de padrões comportamentais motores” participa, também, do aprendizado motor, sendo-lhe possível, realizar correções motoras para movimentos inadequados, quando comparados aos planos originais corticais dos referidos movimentos ( figs.: 22, 29 e 31 ). ( Ver. Vol. XV, quadro: 26 )

No início do movimento, em obediência a um comando cortical central, o cerebelo responde, com uma alteração da freqüência de descargas dos neurônios de seu “núcleo denteado” ( neo-cerebelo ou cérebro-cerebelo ) ( figs.: 22, 28, 29 e 31 ). Após esta alteração da freqüência de descargas de seu núcleo denteado, surgem, também, alterações dos padrões de descarga dos neurônios corticais ( áreas corticais pré-motora e motora principal ) ( figs.: 4 e 5 ), todavia, neste momento, ainda não há, qualquer evento motor em andamento e, sim, “ações corticais de planejamento”.

A seguir, os núcleos emboliforme e globoso do paleo-cerebelo ( espino-cerebelo ) ( fig.: 27 ), manifestam-se com descargas de seus padrões que, ao atingirem grandes alterações, com grandes descargas dos referidos núcleos paleo-cerebelares, iniciam as “contrações” e, portanto, o “início do evento motor”. Tais descargas paleo-cerebelares, uma vez iniciadas, continuam até a finalização do evento motor. Portanto, presume-se que, em tais circunstâncias, o “cérebro-cerebelo” é quem, “realmente, inicia o movimento,” ou melhor, é o “iniciador da resposta motora” ( figs.: 28, 29 e 31 ).

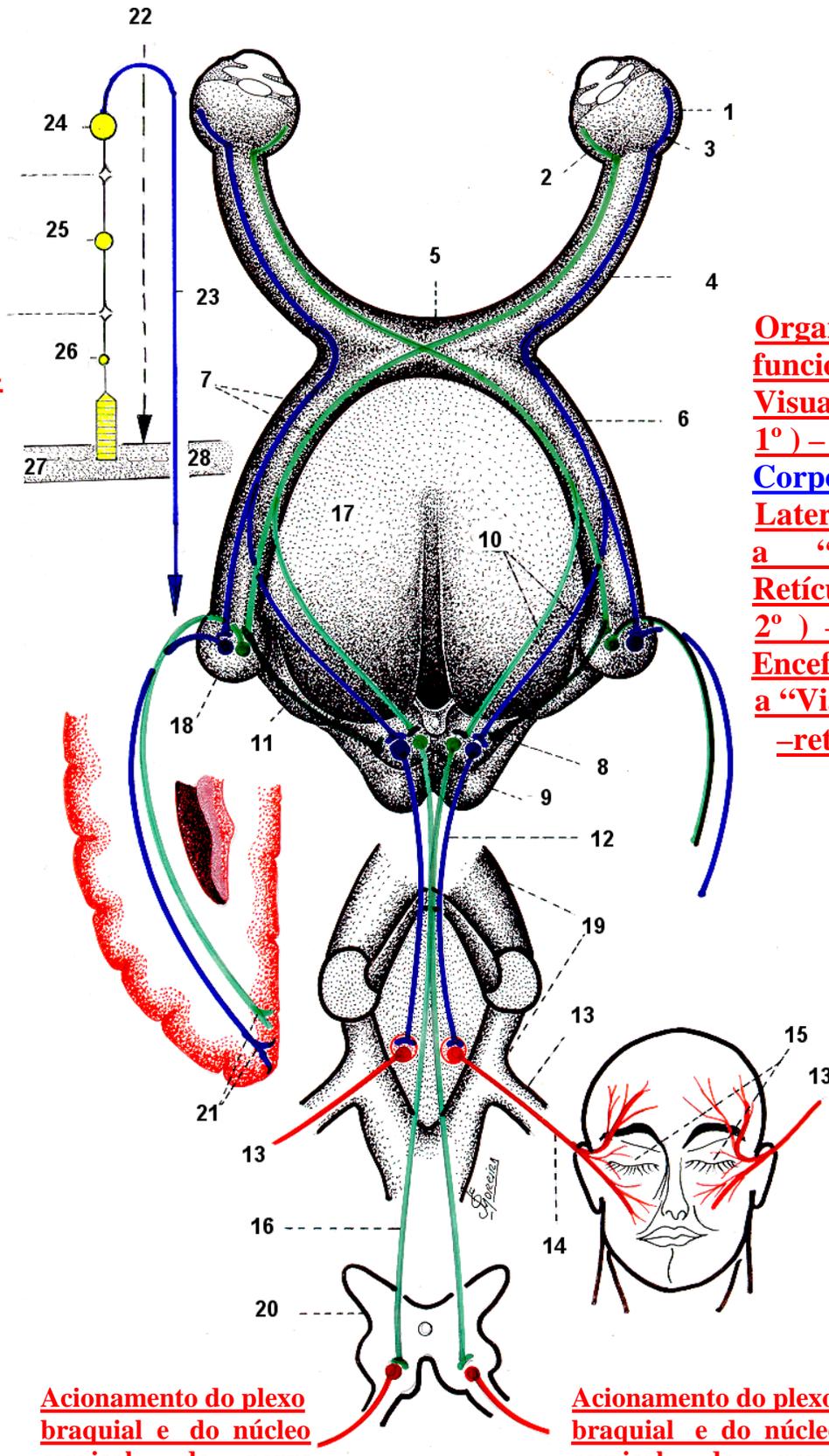
Assim, os sinais motores das áreas corticais motoras cerebrais dirigem-se, também, e simultaneamente, ao cerebelo, via núcleos pontinos ( figs.: 22, 28, 29 e 31 ( cérebro-cerebelo ou neo-cerebelo ), no qual, são processados. Emergem, posteriormente, do cerebelo, através do núcleo denteado e seguem, em direção à região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo contralateral ( fig.: 7 ). Deste núcleo, seguem em direção às áreas corticais motoras homolaterais, as quais, desencadearão o evento motor, propriamente dito, através do “Trato corticoespinal” ( figs.: 8, 9, 33, 38 e 39 ). O “Paleo-cerebelo” e seus núcleos profundos ( emboliforme e globoso ), através das grandes vias ascendentes sensoriais aferenciais periféricas proprioceptivas inconscientes da medula, conhecidas por “Trato espinocerebelar dorsal ( direto )”, e “Trato espinocerebelar Cruzado ( ventral, ( fig.: 27 ), “Trato espinocerebelar rostral” e “Trato cuneocerebelar” ( para melhores detalhes, ver Cerebelo”, Vol.: XV ) recebem os estímulos proprioceptivos inconscientes, oriundos do tronco e dos membros superiores e inferiores, que chegam à medula espinhal e, através das fibras interpósito-paleo-rúbricas, na espessura do pedúnculo cerebelar superior, são retransmitidos, simultaneamente, ao núcleo ventral lateral do tálamo contralateral ( fig.: 27 ) e ao núcleo “paleo-rúbro”, também, contralateral.

# Reflexo de Piscar, Vias ópticas e Área Visual : 17.

Neurônios : III  
Células  
Gânglionares.

Neurônios : II:  
Células  
Bipolares.

Neurônios: I:  
Células Fotosen-  
síveis: Cones e  
Bastonetes.



Organização Morfo-  
funcional das Vias  
Visuais, direcionadas  
1º) – Ao Tálamo (  
Corpo Genuculado  
Lateral), formando  
a “Via Retino-  
Retículo- Calcarina”.  
2º) – Ao Tronco  
Encefálico, formando  
a “Via Mesencefálica  
–retino-Colicular.

Acionamento do plexo  
braquial e do núcleo  
cervical do nervo  
acessório ( XIº par )

Acionamento do plexo  
braquial e do núcleo  
cervical do nervo  
acessório ( XIº par )

**FIG.13**

# **REFLEXO DE PISCAR**

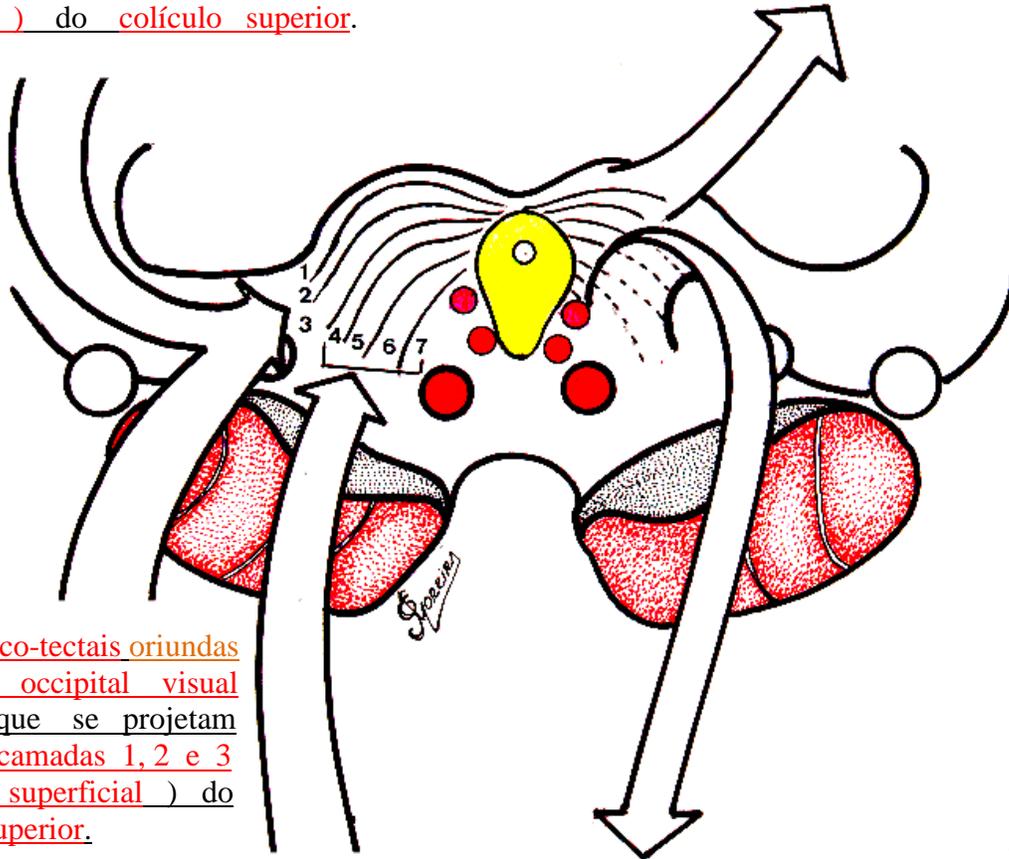
## **LEGENDA DA FIGURA: 13**

- 01 – Globo ocular
- 02 – Retina nasal
- 03 – Retina temporal
- 04 – Nervo óptico
- 05 – Quiasma óptico
- 06 – Radiação óptica
- 07 – Fibras retinianas e temporais do núcleo geniculado lateral
- 08 – Colículo superior
- 09 – Colículo inferior
- 10 – Colaterais das fibras retinianas nasais e temporais dirigidas ao colículo superior.
- 11 – Braço do colículo superior
- 12 – Trato tectonuclear
- 13 – Raiz do nervo facial
- 14 – Nervo facial
- 15 – Pálpebra superior cerrada, bilateralmente.
- 16 – Trato tecto-espinhal cruzado
- 17 – Mesencéfalo
- 18 – Núcleo geniculado lateral
- 19 – Tronco encefálico
- 20 – Lâmina da medula espinhal
- 21 – Fibras genículo-calcarinas.

## Desenho Esquemático das Principais Conexões Aferentes e Eferentes do Colículo Superior

Fibras retino-tectais homolaterais e heterolaterais que se projetam em sua maior parte sobre o núcleo geniculado lateral e pequeno contingente se projeta sobre as camadas visuais superficiais (1, 2 e 3) do colículo superior.

Fibras eferentes oriundas das camadas superficiais (1, 2 e 3) do colículo superior, com destino ao núcleo lateral posterior do tálamo homolateral.



Fibras córtico-tectais oriundas do córtex occipital visual primário, que se projetam sobre as camadas 1, 2 e 3 (camada superficial) do colículo superior.

Fibras aferentes às camadas profundas do colículo superior (4, 5, 6 e 7), com estímulos auditivos, trigeminais da medula espinhal (sistema cordão dorsal – lemnisco medial e sistema ântero-lateral), com estímulos somatossensoriais

Fibras eferentes das camadas profundas (4, 5, 6 e 7) do colículo superior que, em direção descendente, constituirão os tratos:

- 1º) Teto-espinhal cruzado
- 2º) Teto-ponto-cerebelar cruzado
- 3º) Teto-nuclear
- 4º) Teto - reticular

**Comparar esta fig. com a fig.: 16.**

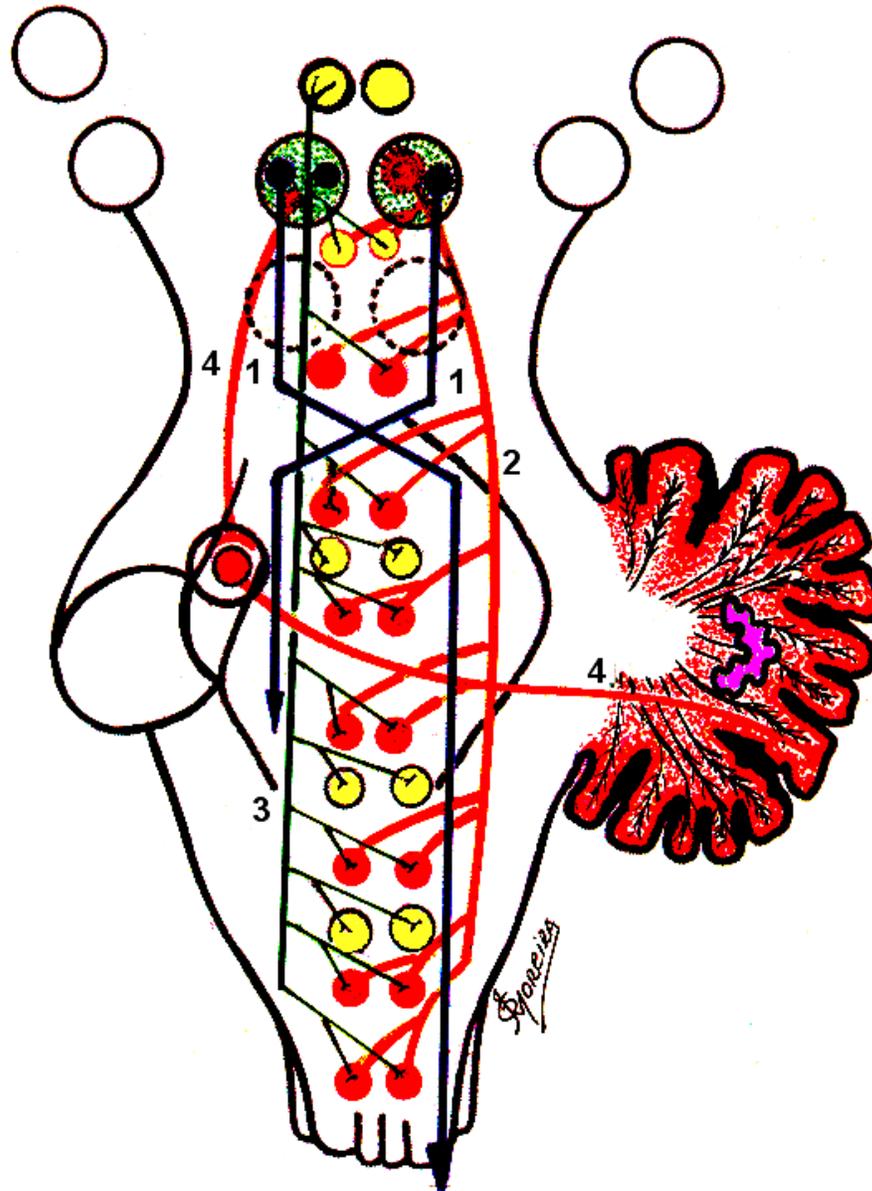
**FIG.14**

Da região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo, os impulsos proprioceptivos inconscientes cerebelares são conduzidos ao córtex cerebral motor primário ( M-I ) e córtex pré-motor ( C.P.M. ) homolaterais ( fig. 27 ), ocasião em que, os estímulos proprioceptivos inconscientes, serão conscientizados, enquanto, os estímulos proprioceptivos inconscientes, operacionalizados no cerebelo, porém, orientados ao núcleo paleo-rúbro contralateral, através das fibras interpósitopaleorrúbricas, retornam, modificados, à medula espinhal, através do Trato rubroespinal cruzado ( fig.: 27 e 29 ), constituindo-se, assim, dois grandes circuitos paleocerebelares, ou seja: “paleocerebelo-tálamo-cortical” e “paleo-cerebelo-paleo-rúbrio-espinal-cruzado”( figs.: 7, 27 e 29 ). Por outro lado, o “Neocerebelo”, através do “Circuito cortico-ponto-neocerebelo-tálamo-cortical” ( figs.: 22, 28 e 31 ), exerce seu controle, sobre os neurônios corticais piramidais superiores, através, dos núcleos pontinos, exercendo, também, seu controle, sobre os neurônios motores medulares inferiores, localizados nas pontas motoras da medula espinhal, através do “Circuito descendente: “ cortico-ponto-neocerebelo-neorrúbrio-retículo-espinal cruzado”. ( figs.: 22, 28 e 31 ). O “Arquicerebelo” utiliza, na coordenação e manutenção do equilíbrio, os “Núcleos Vestibulares” do tronco encefálico, além dos sinais encaminhados, diretamente do aparelho vestibular, reunindo os epitélios ciliares do sáculo, utrículo e canais semicirculares e enviados, diretamente, ao arquicerebelo ( núcleo fastigial, ( figs.: 11 e 30 ). Dos núcleos vestibulares, localizados no tronco encefálico, sobressai-se o núcleo lateral ( fig.: 11 ). Neste mecanismo morfo-funcional, relacionado ao arquicerebelo, os estímulos aferentes, conduzidos pelo “fascículo vestibulocerebelar” ( fig.:30 ) informam às células de Purkinje no arquicerebelo ( córtex do lobo flóculo-nodular ) sobre a posição da cabeça no espaço. Os axônios das células de Purkinje se dirigem, então, ao núcleo fastigial do arquicerebelo que, por sua vez, reconduz os impulsos até ali encaminhados, em duas direções: Na primeira, os axônios deste núcleo, se dirigem aos núcleos vestibulares ( principalmente ao núcleo vestibular lateral ), de onde, novos axônios constituirão, em direção à medula espinhal, o “Fascículo vestibuloespinal cruzado”( fig.:30 ). Na segunda direção, os neurônios do núcleo fastigial, encaminham seus axônios em direção aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico, constituindo o “fascículo fastigio-reticular” e, destes núcleos reticulares do tronco encefálico, constituir-se-á o “fascículo reticuloespinal”( fig. 30 ). Nestas circunstâncias, os neurônios que abandonam a medula espinhal ( neurônios medulófugos ), dirigir-se- ão às respectivas “alças gama”, fig.: 44 ). Portanto, a excepcional localização anatômica do cerebelo, na fossa craniana posterior, permite-lhe receber e enviar conexões, em diversas direções, principalmente, em relação às recepções dos “tratos sensoriais ascendentes” oriundos da medula espinhal, como já comentado ( figs.: 26, 27 e 29 ). Dentre estas conexões aferenciais, destacam-se as seguintes: com o núcleo cuneiforme lateral, com os núcleos pontinos, com o complexo olivar bulbar inferior, com o núcleo vermelho, com os núcleos da formação reticular do tronco encefálico e com os núcleos vestibulares ( figs.: 26, 27 e 29 ). Nossas áreas cerebelares interferem, decisivamente, em todas as fases de início, desenvolvimento e término de um movimento ( ação motora ). Antes mesmo de iniciármos uma ação motora, voluntária específica, surgem diversos mecanismos morfo-funcionais reflexos e complexos, que antecedem o aparecimento do ato motor, ou seja, A área neocerebelar ( cérebro-cerebelo ) é responsável pelo desencadeamento da ação motora, como já foi comentado ( figs.: 22, 28, 31 e 29 ).



# Conexões Eferentes do Colículo Superior

Núcleos da formação reticular..... ■  
 Núcleos motores segmentares do tronco encefálico.... ■  
 Colículos superiores ..... ■



1º) Trato tecto-espinhal cruzado..... —  
 2º) Trato tecto-nuclear..... —  
 3º) Trato tecto-reticular..... —  
 4º) Trato tecto-ponto-cerebelar..... —

**FIG.16**

O “Espino-cerebelo” ( paleocerebelo ), supervisiona a execução e coordenação do evento motor ( figs.: 27 e 29 ), enquanto, o arquicerebelo ( vestíbulo-cerebelo ), é responsável pela manutenção postural e pelo equilíbrio do evento motor ( fig.: 30 ).

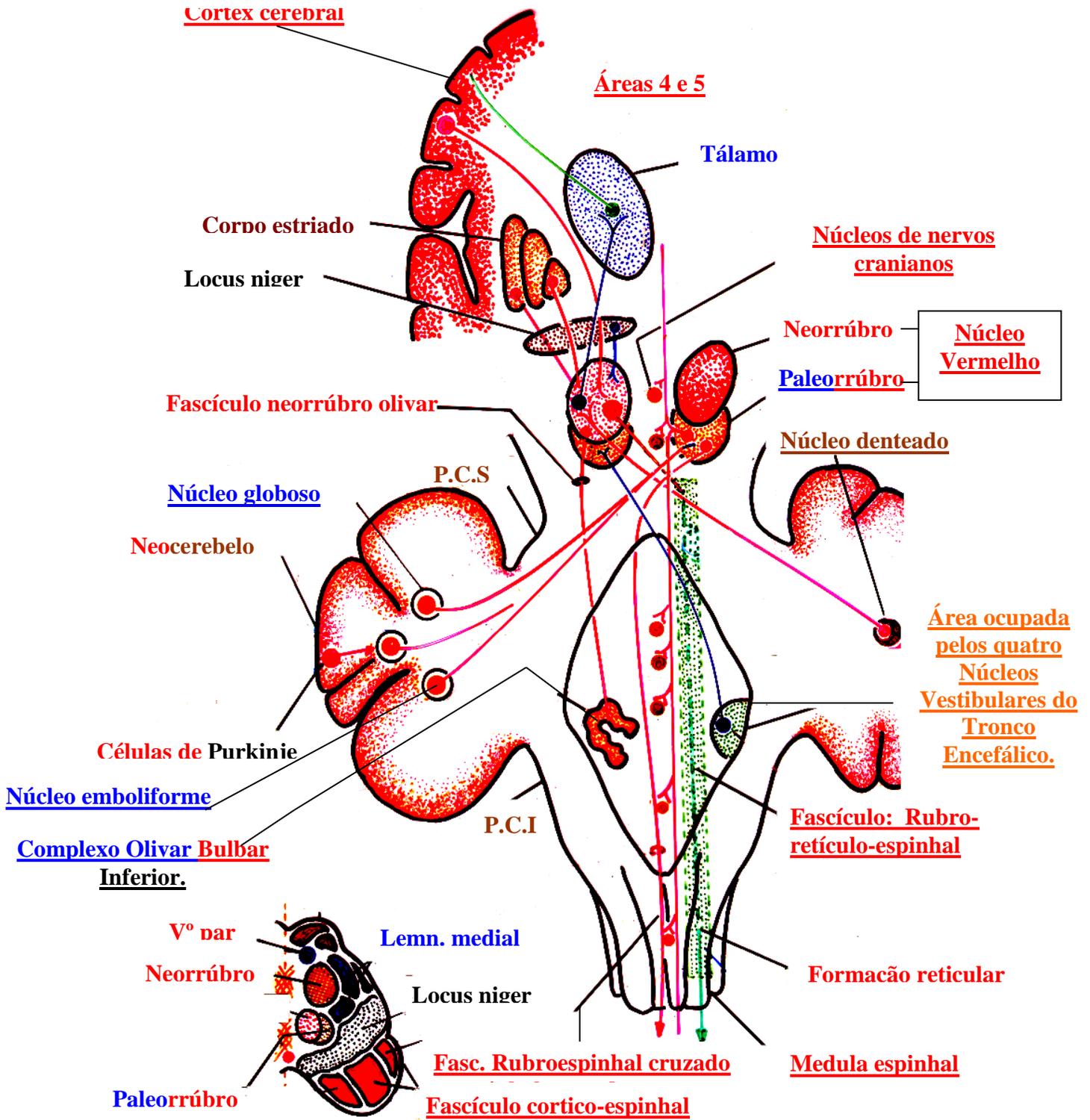
Assim, ao se desejar, ou ao se planejar e se iniciar, um evento motor ( movimento ), estímulos das áreas corticais motoras do lobo frontal ( descargas de potenciais de ação ), no caso do “cerebelo”, são encaminhados aos núcleos pontinos homolaterais, do tronco encefálico, a partir dos quais, novos neurônios conduzirão os impulsos ao córtex cerebelar heterolateral do neocerebelo ( figs.: 22, 28, 29 e 31 ).

As células de Purkinje desta área neocerebelar recebem os impulsos cortico-ponto-cerebelares musgosos e, com estímulos inibitórios, dirigem-se através de seus axônios, para o núcleo denteado correspondente. Deste núcleo, os estímulos de planejamento e de início do futuro movimento, dirigem-se, simultaneamente, ao núcleo ventral lateral do tálamo contralateral e ao núcleo neorrúbrio contralateral. Do núcleo talâmico, os impulsos são dirigidos ao córtex motor frontal ( figs.: 22, 28 e 31 ). Assim, a excitação da área cortical cerebral, através das conexões tálamo-corticais, inicia e desencadeia o evento motor, que se consubstancia, através do “Trato corticoespinal” e “Corticonuclear” ( figs.: 8 e 39 ), de orientação descendente e responsável pela transmissão, ( agora modulada ), das ordens motoras corticais cerebrais aos neurônios motores da coluna anterior da medula espinal e núcleos segmentares do tronco encefálico. A este mecanismo acrescenta-se os estímulos do núcleo neorrúbrio, através do “Trato neorrúbrio-retículo-espinal” ( figs.: 31 e 39 ).

A partir do momento, em que os neurônios motores iniciam o complexo de atividades musculares, como em nosso exemplo, “Dar um passo...”, surgem os sinais ou estímulos aferentes sensoriais periféricos proprioceptivos inconscientes, que serão conduzidos ao “cerebelo” ( paleo-cerebelo ou espino-cerebelo ), como já comentado, através dos tratos: espinocerebelar direto, espinocerebelar cruzado, espinocerebelar rostral e cuneocerebelar ( figs.: 27, 29 e 45 ), cujos axônios, ocupando os pedúnculos cerebelares superior e inferior, constituirão as “Fibras Musgosas”, que entrarão em sinapses, com as células granulares, no córtex cerebelar e, estas, estabelecerão conexões, com as “células de Purkinje”. Os axônios das células de Purkinje, por sua vez, em direção aos núcleos emboliforme e globoso, estabelecerão sinapses, também, nos mesmos, com neurônios, encarregados pela condução dos impulsos proprioceptivos inconscientes, oriundos do núcleo cuneiforme lateral ( propriocepção inconsciente da região cervical ( figs.:27 e 29 ). Naturalmente, durante os momentos de execução dos primeiros movimentos musculares, necessários ao início da ação motora, haverá, é claro, infinitas variações do centro da gravidade do corpo, do segmento ou regiões, envolvidas no referido movimento que, em verdade, não é apenas de, um único músculo.

Estas novas e inúmeras modificações, do centro de gravidade, gerarão novas e infinitas aferências, que se dirigirão aos núcleos vestibulares e, destes, através de novos neurônios, ao córtex do arquicerebelo ( vestíbulo-cerebelo ) Alií, após sinapses com as células granulares em suas fibras paralelas, estabelecem sinapses com as células de purkinje, cujos axônios, se dirigem ao núcleo fastigial. Deste núcleo, emergirão fibras com destino aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico e núcleos vestibulares. Através dos tratos vestibulo-espinal e retículo-espinal, haverá uma modulação para a manutenção do novo equilíbrio e, nova postura corporal, com as modificações necessárias do centro da gravidade do corpo ou do segmento interessado no evento motor, em desenvolvimento ( figs.: 11, 12, 13, 26, 27, 28, 29 e 30 ).

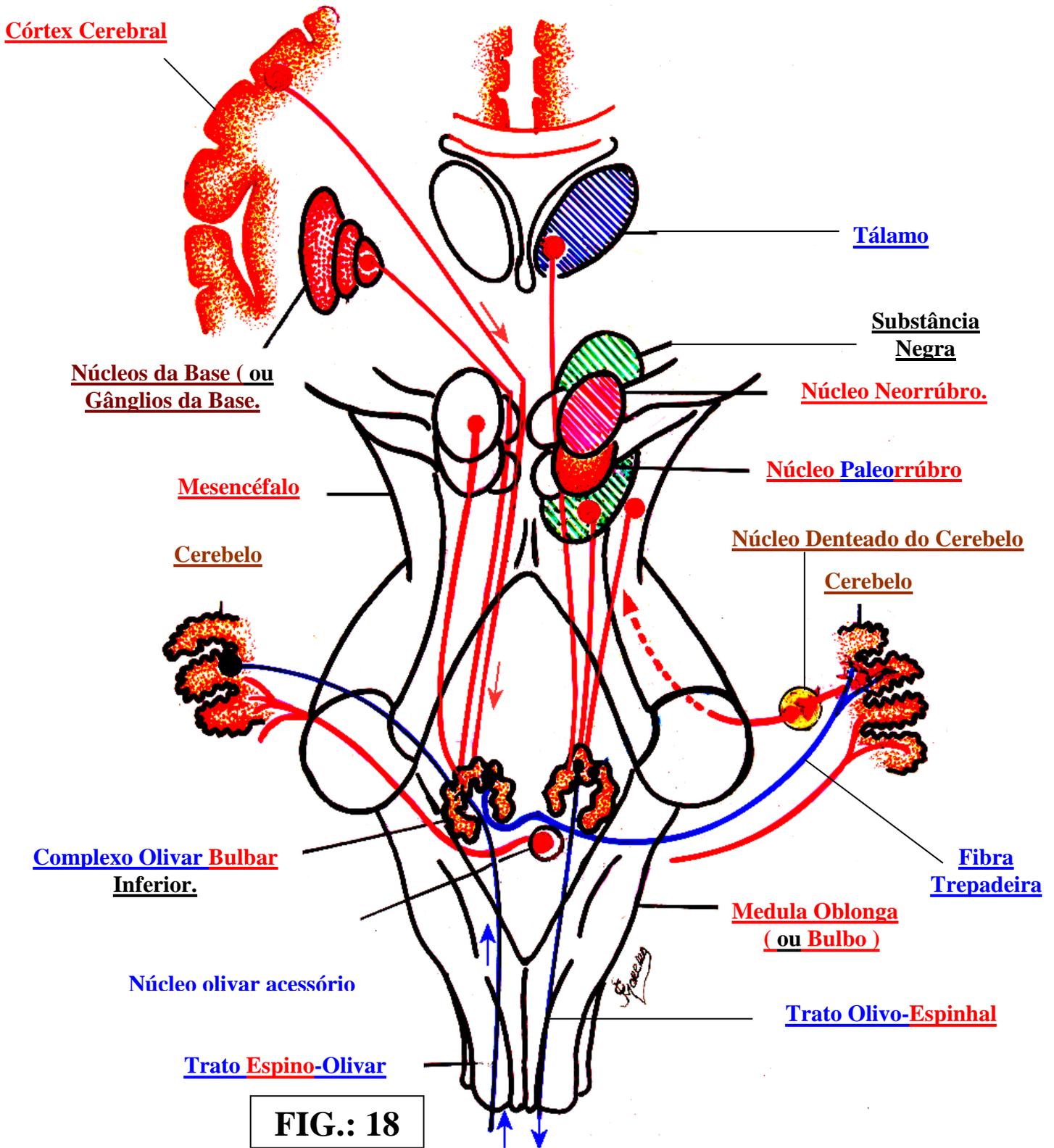
# Núcleo Vermelho e suas Conexões



**FIG.: 17**

Desenho esquemático com o Núcleo Vermelho e suas conexões com: 1. Córtex cerebral. 2. Núcleos da base 3. Tálamo. 4. Substância Negra. 5. Cerebelo. 6. Complexo Olivar Bulbar inferior. 7. Núcleos da Formação Reticular do T. Encefálico. 8. Medula espinhal.

# Complexo Olivar Bulbar Inferior e Suas Conexões.



Desenho esquemático do Tronco encefálico, mostrando o Complexo Olivar Bulbar Inferior e suas Conexões com: 1. Córtex cerebral. – 2. Núcleos da base. – 3. Tálamo. – 4. Substância Negra. – 5. Núcleo Vermelho. – 6. Cerebelo. – 7. Medula espinal.

Assim, observamos que, em qualquer ato ou ação motora, nosso “cerebelo” participa, integralmente, de todas as fases do evento motor.

Conclui-se, pelo que foi explicitado, que o “cerebelo” e seu contingente de “fibras trepadeiras” ( ou fibras olivocerebelares cruzadas, fig.: 18 e 19 ) desempenham funções, altamente significativas no processo de desenvolvimento do “aprendizado motor”, em relação à seqüência de movimentos dos grupos musculares, na realização de tarefas submetidas a constantes modificações, quanto à forma de movimento no espaço, o tempo de duração, de cada movimento e suas inúmeras tonicidades, a serem aplicadas, através, finalmente, da “Via final comum” aos mecanismos das conhecidas “alças gama” ( fig.: 44 ) ou “reflexo de estiramento”.

Em realidade, é um mecanismo extremamente desenvolvido de “plasticidade motora, associada à referida seqüência de funções motoras de alta complexidade”, utilizada no “aprendizado dos movimentos submetidos, constantemente, a inúmeras variáveis funcionais” e, por estes motivos, solicitadores de constantes variações de respostas mecânicas. Junte-se a este raciocínio, o fato comprovado, que confirma ser, a maior parte, de nossos movimentos somáticos, de natureza semi-automática.

Assim, ao iniciarmos uma ação motora consciente, nosso cortex cerebral, apenas emite o “sinal de ordem” primitivo, consciente e voluntário, para o “início do movimento”. Todo o complexo associado restante, de movimentos, tais como: flexões, extensões, circunduções, contrações ou relaxamentos musculares, hipotonias ou hipertonias musculares, condições posturais e de equilíbrio e forças motoras, fica por conta das “respostas reflexas”, das quais, a maior parte, já fora programada nos geradores centrais de padrões, nos quais, toma parte, o processo de aprendizado motor do cerebelo, tornando-se possuidor de fantástico poder de plasticidade motora.

É esta extraordinária plasticidade, que nos permite mudar, constante e rapidamente, o comportamento de nossos movimentos, inclusive, para os movimentos extremamente rápidos, em resposta às novas e súbitas exigências, apresentadas, como por exemplo nos esportes em geral ou espetáculos circenses acrobáticos, quando os atletas, se transformam em um mundo fantástico de plasticidade de movimentos semi-automáticos, adquiridos, através de, anos seguidos de aprendizado motor cerebelar.

No desenvolvimento desta plasticidade, como já comentado, são da maior importância, não apenas o cerebelo, como também, o complexo olivar bulbar inferior e suas fibras trepadeiras. Dirigidas ao cerebelo ( figs.: 18 e 19 ).

Em lesões laboratoriais provocadas, seletivamente, nestas estruturas anatómicas, foi possível observar a perda da capacidade de mudar uma resposta motora, além da perda da capacidade de fixar o aprendizado motor a uma resposta motora, modificada, subitamente.

Observando-se os mecanismos morfo-funcionais de ações dos “Núcleos da Base” e do “Cerebelo”, verificamos que, ambas as estruturas ( Núcleos da base e Cerebelo ), utilizam o mesmo núcleo talâmico ( núcleo talâmico ventral lateral ), também conhecido por “Núcleo ventral intermédio lateral”, como “relé”, em direção ao córtex cerebral ( fig.: 7 ).

Enquanto, através do “Cerebelo”, informações são encaminhadas ao córtex motor primário ( M-I ), através da parte posterior do “Núcleo ventral lateral do tálamo”, outros neurônios, oriundos dos “Núcleos da Base” ( Núcleo Globo Pálido do onde, novos neurônios se dirigem ao córtex motor primário e córtex motor suplementar ( fig.: 7 e 48 ).

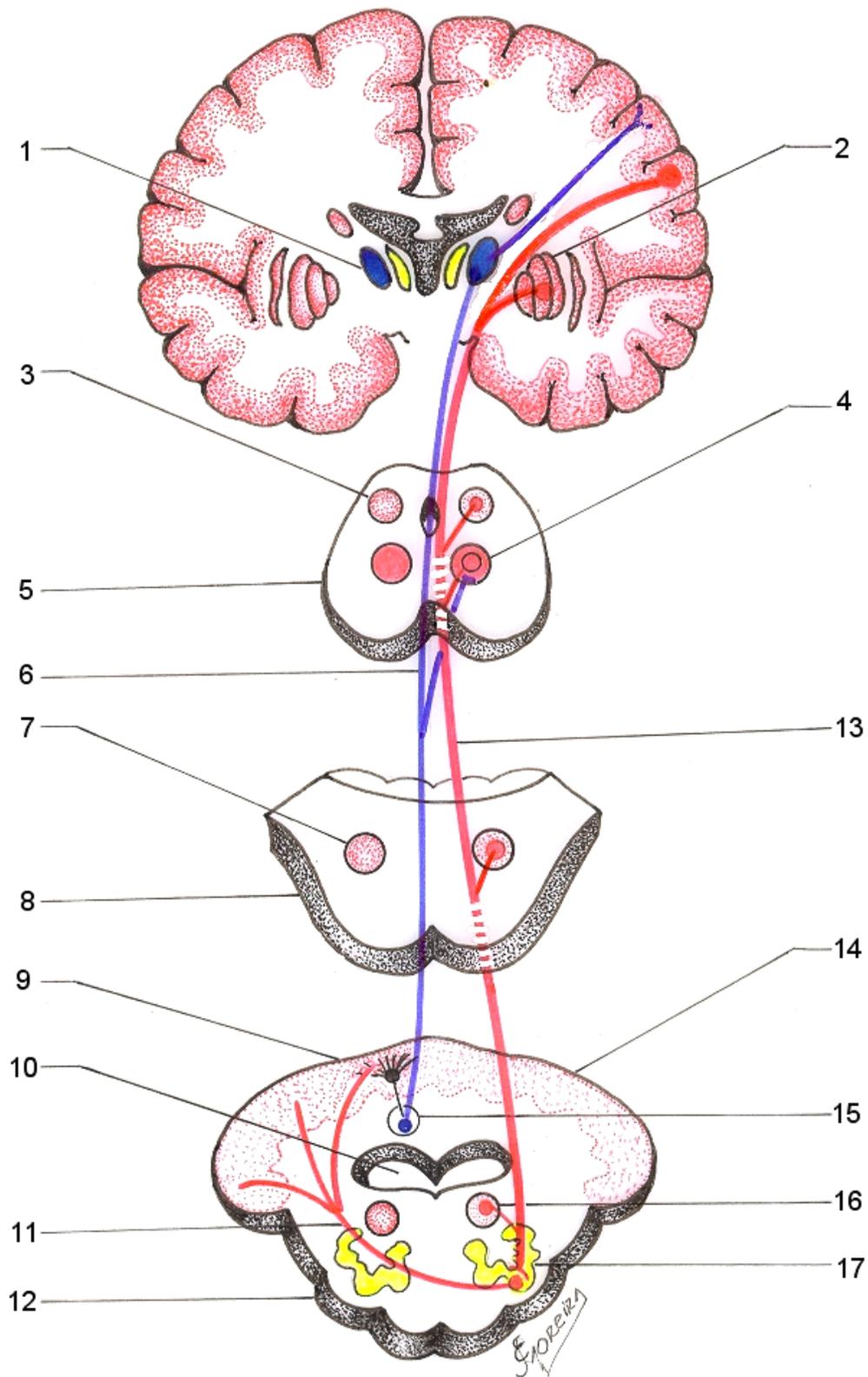
Assim, o “Cerebelo” e os “Núcleos da Base”, encontram-se somatotopicamente, estruturados, conservando a mesma organização somatotópica, mantida inclusive, no momento de se encaminharem as  fibras destas regiões talâmicas, em direção ao córtex cerebral.

Como é possível percebermos, pelo que foi explicitado, todas estas estruturas anatômicas agem, simultaneamente, em seus diversos níveis, apresentando condições morfo-funcionais para o surgimento de respostas reflexas e ações moduladoras de forma coordenada e regular, com o objetivo de manter os tônus musculares adequados aos diversos movimentos desejados, voluntariamente.

Finalmente, além dos neurônios somatomotores, temos também, os neurônios oriundos dos núcleos branquiomotores e, no caso, os núcleos branquiomotores anexos às origens dos nervos cranianos: ( trigêmeo, facial, glossofaríngeo, vago e acessório espinal).

Todos estes nervos se distribuem, no tronco encefálico, com os respectivos componentes funcionais ( fibras eferentes viscerais especiais ) que, entretanto, inervam músculos estriados, porém, de origem branquial ( arcos branquiais ). Por este motivo, conhecidos pela denominação de “músculos branquioméricos”, já devidamente, estudados em seus respectivos volumes, ou seja: ( Volume VI: Coluna Branquiomotora do Tronco Encefálico ).

# Trato Tegmentar Central ( ou Feixe Central da calota)



**FIG. 19**

## **FEIXE CENTRAL DA CALOTA ( TRATO TEGMENTAR CENTRAL ).**

### **LEGENDA DA FIGURA: 19**

- 01 – Tálamo
- 02 – Núcleos da Base
- 03 – Núcleo da formação reticular mesencefálica
- 04 – Núcleo neorrúbro
- 05 – Mesencéfalo
- 06 – Via Cerebello-tálamo-cortical
- 07 – Núcleo da formação reticular pontina
- 08 – Ponte
- 09 – Célula de Purkinje
- 10 – Cavidade do IVº ventrículo
- 11 – Fibra trepadeira ( trepadora ) do cerebello
- 12 – Parte do Bulbo, vendo-se posteriormente o cerebello
- 13 – Feixe central da calota ( Trato tegmentar central )
- 14 – Cerebello
- 15 – Núcleo denteado ( neocerebello)
- 16 – Núcleo da formação reticular bulbar
- 17 – Núcleo olivar bulbar principal.

### **3º) - PROCESSO MORFO-FUNCIONAL DE TRANSFORMAÇÃO DE UM “PLANO DE AÇÃO,” EM UM “MOVIMENTO” ( EXECUÇÃO ).**

O “Processo morfo-funcional” de transformação de nossa vontade ( “pensamentos” ou “planos de ação” ), em “movimentos ou eventos motores reais”, ( Execução ), inicia-se com o nosso “desejo” ou “decisão voluntária” de realizar determinado movimento ou movimentos, que, em realidade, é um conjunto complexo, de diversos “movimentos necessários à caracterização de uma “ação motora definida”, como por exemplo “dar um passo...”

Para que este “desejo” ou “decisão voluntária” ocorra, todas as “Alças Anatômicas”, sobre as quais já tivemos oportunidade de comentar, iniciam sua ação, preliminarmente, em nível cortical, a começar pelas “Alças Anatômicas, Límbicas ( figs.: 32 e 33 )”, acompanhadas dos modelos morfo-funcionais das demais “Alças Anatômicas Diretas ( fig.: 20 )”: Oculomotoras, ( figs.: 33 e 34 ), Motorsqueléticas ( figs.: 37 e 39 ), de Associações: 1 e 2 . ( figs.: 35, 36, 38 e 39 ).

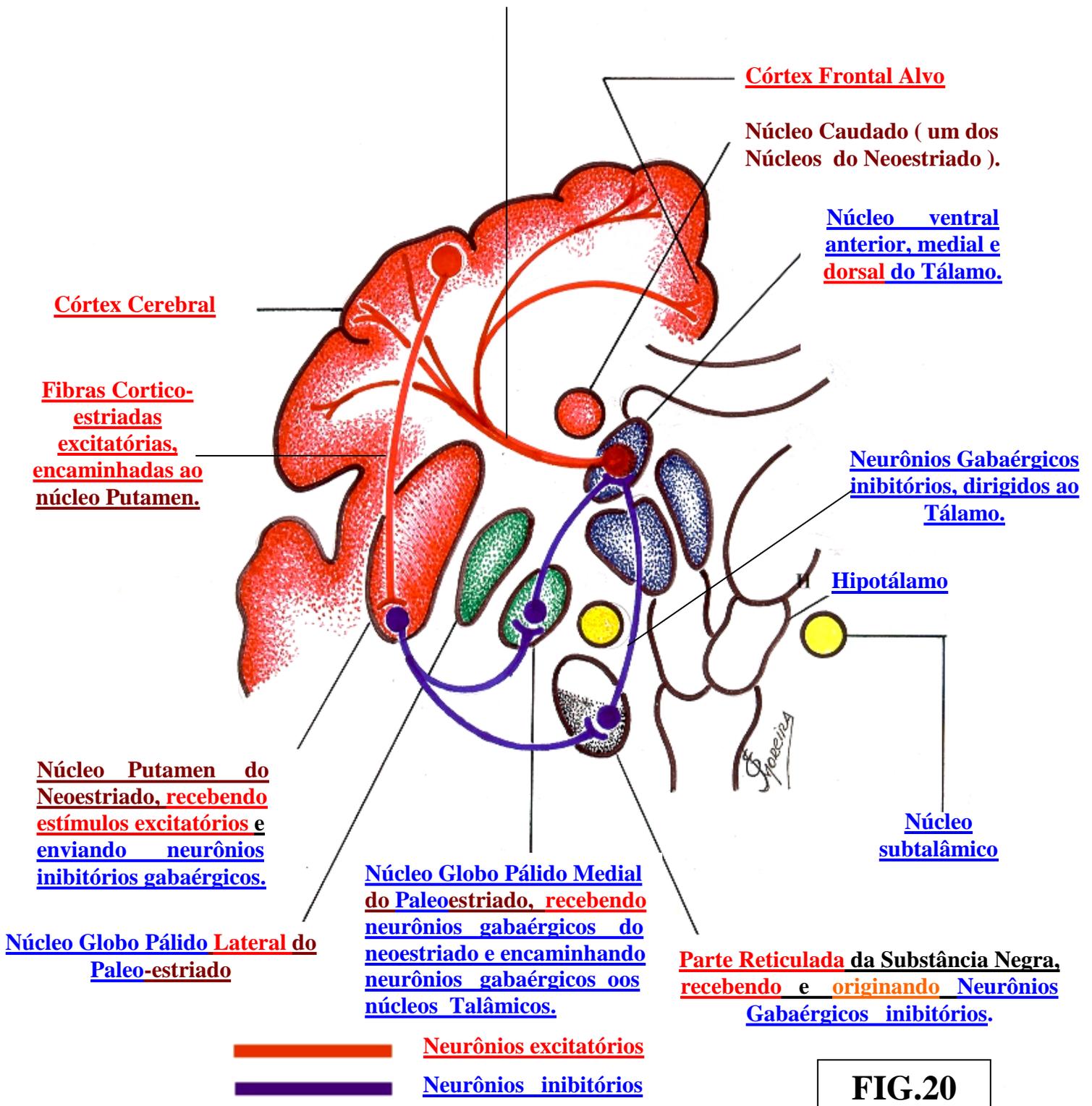
A seguir, em curtíssimo espaço de tempo ( milhonésimos de segundo ), estes mecanismos morfo-funcionais, de “multiativação” cortical”, disseminam-se, em direção aos “Núcleos da Base,” de forma simultânea e praticamente, instantânea.

Concomitantemente, “Fibras Corticoestriadas”, oriundas dos “Circuitos Corticais Límbicos” ( berço das emoções ), inclusive desta vontade de dar um passo..., se dirigem para a parte ventral do “Núcleo neostriatal”, sendo todas estas  fibras  de natureza “glutaminérgica”, nas quais, o “neurotransmissor excitatório” é o “ácido glutâmico”, portanto, transformando-as em “Fibras corticoestriadas excitatórias”. As áreas do referido sistema límbico, são conhecidas como: áreas hipocâmpais, córtex entorrinal, giros temporais: superior, médio e inferior do lobo temporal medial e lateral ( figs.: 32 e 33 ).

As “Fibras corticoestriadas excitatórias” encaminham-se para as regiões ventrais do “núcleo da base do neostriatum ( Putâmen )”, estabelecendo sinapses com neurônios de natureza ( gabaérgica ) ( ácido gama amino butírico: GABA ), ( que confere, às fibras que surgem a partir destas sinapses, características inibitórias, que se dirigem, simultaneamente,

**DESENHO ESQUEMÁTICO DE UM DOS CIRCUITOS BÁSICOS ENTRE OS GÂNGLIOS DA BASE E O CÓRTEX CEREBRAL (ALCA DIRETA). OBSERVAR A INTENSIDADE SIGNIFICATIVA (EM VERMELHO) DA ATIVAÇÃO CORTICAL.**

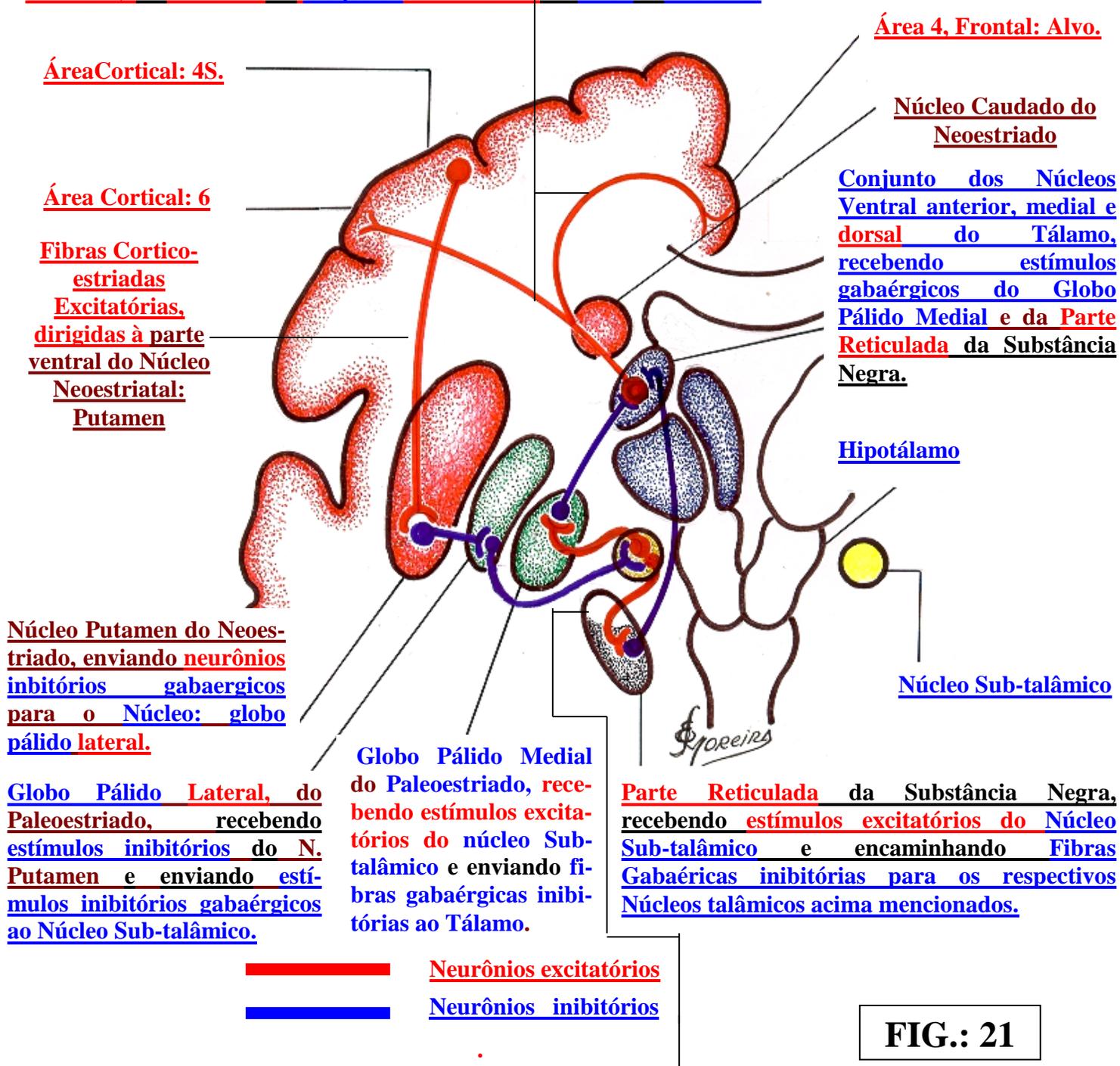
**Fibras com acentuada carga de ativação cortical, dirigidas ao Córtex cerebral, oriundas dos núcleos talâmicos: Ventral anterior: medial e dorsal.**



**FIG.20**

**DESENHO ESQUEMÁTICO DE UM DOS CIRCÚITOS BÁSICOS, ENTRE OS GÂNGLIOS ( OU NÚCLEOS ) DA BASE E O CÓRTEX CEREBRAL ( ALÇA INDIRETA ). OBSERVAR NO DESENHO, A REDUÇÃO SIGNIFICATIVA DO NÍVEL DE ATIVAÇÃO CORTICAL, REPRESENTADO EM PONTILHADO VERMELHO MAIS TÊNUE.**

Grande Redução dos Estímulos Excitatórios encaminhados ao Córtex Cerebral, em virtude do bloqueio estabelecido no nível do Tálamo.



Parte Compacta da Substância negra, na qual, encontramos, Neurônios Dopaminérgicos ( Nigro-estriatais ), cujos Axônios, se dirigem, aos Núcleos: Putamen ( a maior parte ) e Núcleo Caudado ( reduzidíssima parte ).

para dois **outros núcleos**: **parte ventral** do **núcleo pálido medial** ( **interno** ) e **região reticulada** da **substância negra mesencefálica** ( **figs.: 20 e 32** ). De ambos os **núcleos citados** em **epígrafe**, **novos neurônios**, também de **natureza inibitória**, se dirigem, como parte de um **circuito** de “**dupla inibição**”, aos **núcleos talâmicos** ( **núcleos: ventral anterior medial** e **dorsal**, ( **figs.: 20 e 32** ) que, com esta **dupla inibição**, conhecida por “**Desinibição**”, **ficam livres** do **processo inibitório**, facilitando, assim, os “**mecanismos de ativação cortical**”, a partir de **impulsos** de diversas **origens**, conduzidos aos diversos **núcleos talâmicos** ( **através** do **lemnisco espinhal**, **lemnisco medial**, **sistema sensorial ascendente medular**, **cordão dorsal lemnisco medial**, **sistema ântero-lateral**, **propriocepções inconscientes** e **conscientes**, **impulsos visuais**, **auditivos**, **gustativos**, **respiratórios**, **tensionais**, de **concentrações relativas**, entre os **teores** de: **C02** e **O2**, no **sangue**, etc...etc...etc..., sendo todos eles **reconduzidos** ao **córtex cerebral**, em suas “**Áreas Alvo**”, aqui representadas pelo **giro** do **cíngulo**, em sua **parte mais anterior** e **órbito-frontal medial** ( **fig.: 32** ), completando, assim, o **circuito morfo-funcional** de uma “**Alça Direta**”. Neste caso, esta “**Alça Direta**” recebe a denominação de “**Alça Límbica**” ( **figs.: 32 e 33** ), na **qual**, o “principal **mecanismo** de “**dupla inibição**” ( **desinibição** ), **permite maior ativação cortical** e, assim, o “**início real** do **movimento**” que, de “**simples pensamento**”, **passa** a ser **real**, **concreto**, em sua “**fase** ou **passo inicial**” ( **figs.: 32 e 33** ).

Equacionada essa “**Alça Límbica**”, **surge** a **necessidade sequencial**, de **aparecimento**, de dois outros “**modelos** de **alças anatômicas**”, ou seja: as “**Alças Oculomotoras**” e as “**Alças** de **Associações: I**”, ( **figs.: 34 e 35** ).

Neste “**passo**” seguinte, de “**realização morfo-funcional** do **movimento já planejado** em **nível cortical**” e **desejado** ( **limbicamente** ), torna-se **necessário** o auxílio ou **associação** da “**memória visual**” à necessidade do **conhecimento visual**, da **posição** do **indivíduo** no **campo** de **ação**, **relacionado** aos demais “**marcos materiais referenciais**” e ligados à **execução** do **desejado movimento**. **Surgem**, assim, **simultaneamente**, os **dois modelos morfo-funcionais** de **alças** já **ventilados** ( **figs.: 34 e 35** ), ou seja: **alças anatômicas: Oculomotoras** e de **Associações: 1**.

Nesse **mecanismo morfo-funcional**, surgem dois **modelos** de “**Vias Visuais**” com suas **origens**, **localizadas**, primariamente, na “**área occipital 17** de **Brodmann**” e, secundariamente, nas “**áreas: 18 e 19 occipitais**”, também, de **Brodmann** e que se **dirigem** para as **regiões** dos “**lobos: parietal posterior** e **temporal média** e **inferior**”, ( **figs.: 33, 38 e 39** ).

Em **relação** ao **lobo temporal**, a “**área visual temporal medial** ( **TM** )” **localiza-se** na **superfície lateral** do **hemisfério cerebral**, em **região cortical anterior** à **área visual secundária 19** de **Brodmann**” e, entre os limites dos **lobos: Occipital** e **Temporal**. Nessa “**área cortical temporal visual média** ( **TM** )”, encontramos, também, partes da “**área cortical 39** de **Brodmann**”. A “**área visual temporal média** ( **TM** )” torna-se importante para a **localização** dos “**movimentos** dos **objetos**” em “**relação** à sua **forma** e **cores**” ( **áreas occipitais secundárias** ).

Por outro lado, a “**área cortical visual temporal inferior** ( **TI** )”, também, **localizada**, na **superfície lateral** do **hemisfério cerebral**, é importante, sob o ponto de **vista visual**, pois, está **relacionada** às **áreas** de **Brodmann 20 e 21**, bem como, também, **relacionada**, posteriormente, à **área cortical 7** de **Brodmann** ( **figs.: 33, 38 e 39** ).( **Via Visual Primária ventral** ).

Em relação ao “lobo parietal”, a “área do córtex parietal posterior,” corresponde às “áreas corticais 5 e 7” de Brodmann, em seu limite posterior com a área 19 de Brodmann ( córtex occipital visual secundário ). Dessas duas áreas ( 5 e 7 ), a área cortical 5 ( motora parietal posterior ), localizada, logo após a “área cortical somatossensorial primária S-I”, é a responsável, pelos mecanismos de associação do” tato aos movimentos”, enquanto a “área cortical 7”, participa da “localização dos objetos em movimento, no campo visual”. Em tal situação, a “via visual cortical dorsal,” é da maior importância ( Via Visuo-espacial ). ( fig.:33 e 38 ).

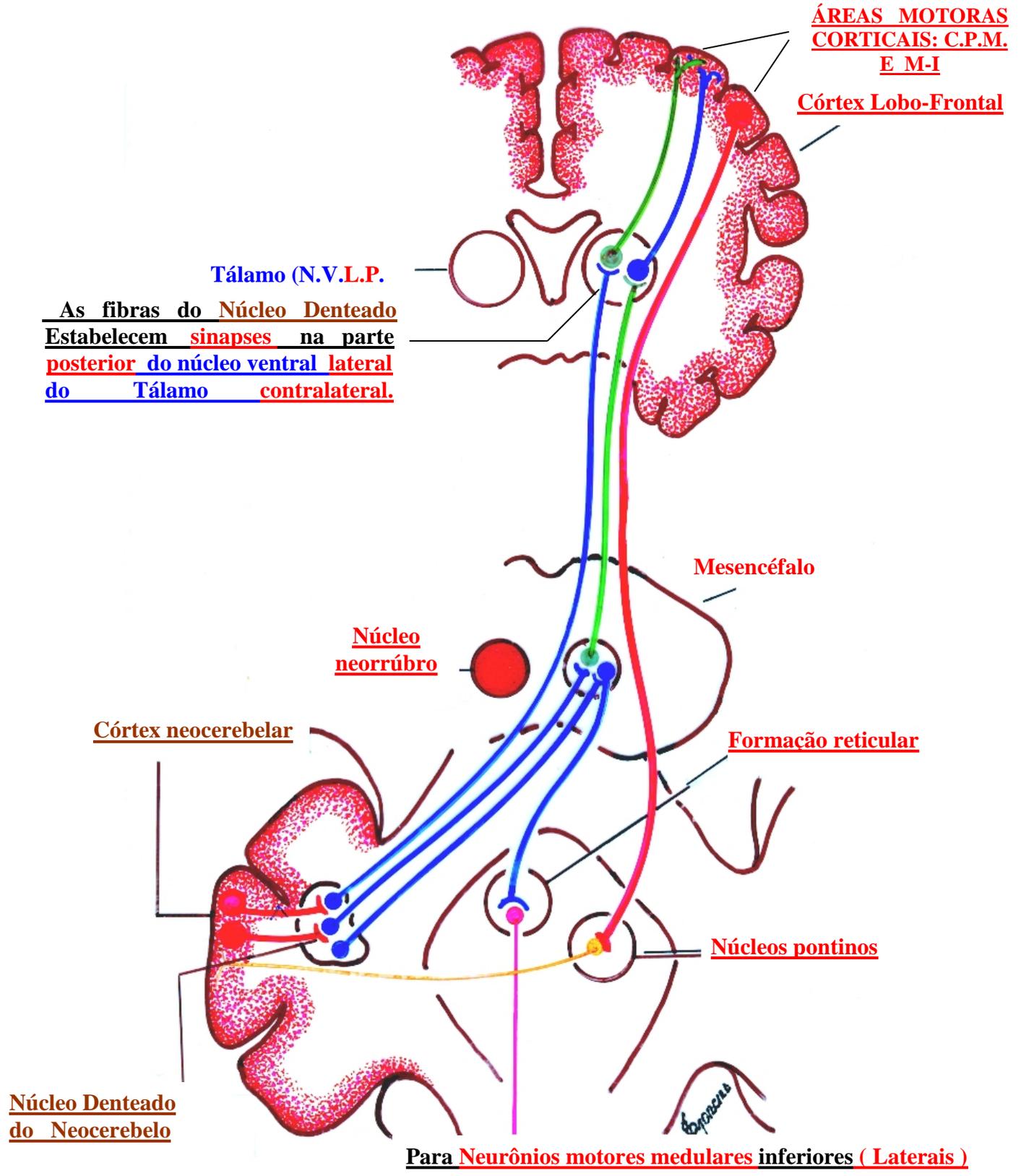
Finalmente, outra “área cortical visual,” relaciona-se à parte da “área cortical 8 de Brodmann do lobo frontal ( Campos oculares frontais )”, localizada ventralmente, à “área motora frontal”. Essa “área” é da maior importância na coordenação e controle dos movimentos conjugados de lateralidade e de verticalidade dos globos oculares e seu acompanhamento, nos movimentos dos objetos e seu respectivo percurso espacial ( figs.: 04 e 06 ).

Como é fácil constatar, no modelo morfo-funcional da “Alça Oculomotora” ( fig.: 34 ), os impulsos corticais ( excitatórios ) desta alça, surgem nos córtex parietal posterior e no córtex pré-frontal, através de fibras excitatórias ( glutamérgicas ), que se dirigem ao corpo do núcleo caudado ( fig.: 34 ), a partir do qual, fibras inibitórias ( GABA ), descem em direção ao núcleo pálido medial e à parte “reticulada da substância negra”, onde novas sinapses, serão realizadas, com novos neurônios, também, de natureza inibitória ( GABA ).

Assim, através de um circuito de dupla inibição, portanto, de uma “desinibição”, teremos a liberação, dos núcleos talâmicos: ventral anterior, medial e dorsal, facilitando, a maior ativação das “áreas corticais alvo”, ou seja, campos ocular frontal e suplementar ocular. Esta é, também, uma “Alça Anatômica Direta”, que recebe a colaboração simultânea, da “Alça de Associação I” ( fig.: 35 ), onde as origens e destinos das respectivas fibras, são as mesmas assinaladas para a “Alça Oculomotora” ( fig.: 34 ).

Na posição em que, nos encontramos, observamos que, grandes circuitos se estabelecem nas regiões: frontais, parietais e cingulares, de ambos os lados, circuitos ópticos, relacionados ao lobo occipital posterior, parte dorsal do lobo temporal e áreas auditivas. Tais circunstâncias, criam a necessidade de novos circuitos associativos, objetivando associar as referidas áreas corticais citadas, ou seja, necessitamos de um segundo “modelo de alça de associação, ou seja: de “Alças de Associações 2, capazes de estabelecer as necessárias associações das áreas de fibras excitatórias cingulares anteriores, orbito-frontais laterais. ( 10, 11, 44, 45, 46 e 47 de Brodmann ) ( fig.: 6 ), giros temporais: superior, médio e inferior e áreas associativas visuais ( 17, 18 e 19 ) ( fig.: 6 ) e áreas auditivas ( 41 e 42 ) ( fig.: 6 ).

**Circuitos: Cortico-Ponto-Cerebelo-Tálamo-Cortical e, Córdico-Ponto-Cerebelo-Neorrúbrio-Reticulo-Espinal.**



**FIG.22**

Nessas “Alças anatômicas de Associações 2”, as fibras excitatórias corticais, apresentam suas origens no: córtex cingular anterior, no córtex orbito frontal lateral ( áreas 10 e 11 ), nos giros temporais: superior, médio e inferior, nas áreas associativas: visual e auditiva. Todas estas Fibras excitatórias corticais, se dirigem à “cabeça do núcleo caudado”, a partir do qual e, em ordem sucessiva, dois conjuntos de fibras inibitórias surgem e se encaminham, simultaneamente, aos núcleos: globo pálido medial e à parte reticulada da substância negra ( figs.: 36 e 37 ), de onde, através de novas sinapses inibitórias, novos neurônios inibitórios, encaminharão seus axônios, aos núcleos talâmicos: ventro-lateral, medial e dorsal, os quais, agora, livres , por força da desinibição, determinada pela dupla inibição anterior, facilitarão a maior ativação cortical, das áreas corticais alvo: área órbito-frontal lateral e pré-frontal ( figs.36 e 37 ).

Estabelecidos, morfo-funcionalmente, estes modelos de “Alças Anatômicas diretas Límbicas ( fig.: 32 ), Oculomotoras ( fig.: 33 ), Motoresqueléticas ( fig.: 37 ), de Associações 1 e 2 ( figs.: 35 e 36 ), surgem os conjuntos de fibras excitatórias da camada cortical piramidal interna ( camada V ), relacionadas às áreas corticais motoras suplementar, pré-motora, motora primária, parietal posterior e cingular que, em sua associação descendente, constituirão as “Grandes Vias Descendentes Motoras Corticais”, responsáveis pela condução dos sinais de controle motor dos movimentos, tanto para os neurônios motores, localizados na área operacional somatomotora da medula espinhal ou à rede de interneurônios da mesma, que podem ser: excitatórios ou inibitórios ( figs.: 8 e 29 ). Destas Grandes Vias descendentes motoras, são conhecidas as: Vias Corticoespinhal direta ( ventral ), Corticoespinhal Cruzada ou Lateral, Córticopontina, Corticonuclear, necessitando-se, finalmente, para envolver as funções destas grandes vias motoras descendentes, de uma nova alça anatômica direta, ou seja, a “Alça motoresquelética”( figs.: 37 e 38 ), também, excitatória, cujas áreas corticais de origem são: os córtex motores Primário ( M-I), Pré-motor ( P.M.), e Córtex Somatossensorial Parietal Posterior, nos quais, no caso do “Trato corticoespinhal”, 30% das fibras são de origem cortical motora primária, 30% de origem cortical pré-motora e 40% de origem somatossensorial parietal posterior. A principal função deste último contingente de “fibras parietais posteriores” é de “orientar, para onde devem ser conduzidos, os impulsos motores, necessários a esta fase do evento motor ou movimento, em andamento, para que, os respectivos músculos, entrem em contração ou “última fase ou passo do passo executado”.

Assim, as áreas motoras de aferências corticais, dirigidas aos Núcleos da Base, nesta eventualidade, são: Córtex motor primário, Córtex pré-motor e Córtex somatossensorial parietal posterior ( figs.: 4, 5 e 7 ).

As áreas alvos, nestas “Alças anatômicas Motoresqueléticas” ( figs.: 37 e 38 ), onde terminam os axônios dos neurônios, localizados nos núcleos ( ventral anterior e ventral lateral ) do tálamo dorsal, são: Área motora suplementar ( 6 ), área pré-motora ( 6 ), córtex motor primário ( 4 ), área somatossensorial ( 2, 1 e 2 ) ( figs.: 4, 5 e 7 ) e área motora parietal posterior: ( 5 e 7 ).

Observando os desenhos esquemáticos de cada uma das eventualidades de “alças anatômicas citadas” ( cinco ), constatamos, entre as mesmas, grandes semelhanças morfológicas, que se apresentam, todas, paralelas entre si e diretas, capazes de desencadear, portanto, maior ativação cortical ( ver esquemas corticais, onde a cor

vermelha foi, propositadamente, acentuada no córtex ). ( figs.: 20, 32, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42 e 43 ). Entre elas, observamos, também, que apresentam um processo morfo-funcional comum a todas, no qual há inibição de neurônios inibitórios que, partindo do globo pálido medial e da parte reticulada da substância negra mesencefálica, se dirigem ao tálamo, criando um processo final de “desinibição dos núcleos talâmicos: núcleo ventral anterior e medial dorsal”. Com o desaparecimento da inibição, em nível dos núcleos talâmicos citados acima, todas as projeções do tálamo, em direção ao córtex motor, se efetua, livres da ação inibitória dos neurônios gabaérgicos inibitórios, permitindo, assim, maior ativação cortical. Portanto, constatamos, que se estabelece um notável enfraquecimento, do poder inibitório, dos neurônios oriundos do Globo pálido medial e parte reticulada da substância negra, com maior facilitação da ação cortical motora ( fig. 20 ).

Finalizando este texto, sobre o “planejamento do movimento e as principais áreas anatómicas, envolvidas com a execução do evento motor”, faremos algumas considerações, sobre os “fusos musculares, sua anatomia e importância morfo-funcional, na realização dos movimentos” ( figs.: 09 e 44 ).

Os receptores anulo-espirais das fibras intra-fusais, que fazem parte da estrutura dos fusos musculares ( figs.: 9 e 44 ), recebem, também, além dos impulsos eferentes musculares, impulsos aferentes de mecanorreceptores específicos somatossensoriais. Portanto, os fusos musculares, com suas fibras intra e extra-fusais e seus receptores anulo-espirais, recebem, também, continuamente, informações sobre o estado da contração muscular a todo instante, envolvendo informações, relacionadas ao estado de contração dos músculos ( tensões exercidas em seus respectivos tendões, variações de comprimento dos mesmos ( contrações ou relaxamentos ), velocidade com que suas fibras desenvolvem os movimentos e condições morfo-funcionais de seus tônus musculares, servindo-se, também, para desempenhar todas estas funções, dos receptores exteroceptivos gigantes e principalmente, dos órgãos tendíneos de Golgi, localizados nos tendões musculares ( figs.: 09 e 44 ).

Quando, um músculo ou um conjunto de músculos, em um movimento, se distendem, determinam, concomitantemente, a distensão dos seus fusos musculares, precipitando, um aumento da descarga aferente. Por outro lado, se os músculos sofrem uma redução de seu comprimento, determinam uma redução simultânea da distensão de seus fusos musculares, provocando a redução da freqüência das descargas aferentes. Ora, as fibras intra-fusais, estimuladas pelos neurônios periféricos inferiores “gama”, entram em contração, provocando redução da extensão das fibras intra-fusais. Com isto, a parte central ( região equatorial dos fusos ) torna-se maior, com maior distensão ( figs.: 9 e 44 ) da parte central das fibras, onde se encontram as fibras anuloespirais. Estas variações determinam modificações nos pólos dos fusos musculares, de onde emergem fibras aferentes, que se dirigem aos neurônios “alfa” das pontas motoras anteriores da medula espinhal, umentando, assim, a freqüência de descargas aferentes dos fusos. Os “neurônios periféricos “alfa”, uma vez estimulados pelas fibras emergentes dos pólos dos fusos musculares, encaminham seus axônios em direção às fibras extra-fusais dos referidos fusos musculares, que, assim, recebem novos impulsos, determinando a contração, também, das fibras extrafusais, ou seja, a contração total de todas as fibras ( intra e extra fusais ) dos fusos musculares e, com isto, encurtando o músculo e levando a uma redução concomitante da distensão dos

fusos. Assim, menos distendidos os fusos, seus pólos oferecem menor quantidade de estímulos aferentes, ocorrendo, uma redução das descargas nervosas aferentes.

Estes mecanismos morfo-funcionais, estruturam as condições, para que, constantemente, haja um mecanismo de reajuste dinâmico, das tensões sobre os fusos musculares, tornando-os sensíveis para o controle dos tônus musculares, mesmo em estado de repouso ( que é seu estado de semi-contracção permanente ).

Neurônios motores inferiores “alfa” e “gama”, que fazem parte da conhecida “via final comum,” localizada, entre os inúmeros circuitos de alta complexidade do sistema nervoso central e o músculo ou músculos efetores, ao receberem um “potencial de ação,” o transmitem, para todas as fibras de sua unidade motora, determinando a contracção das mesmas, sem meios termos ( lei do tudo ou nada ).

Entretanto, para transmitirem este “potencial de ação”, os neurônios motores inferiores, necessitam receber e integrar, um número fantástico de sinais excitatórios e inibitórios, que os alcançam, através dos interneurônios excitatórios ou inibitórios.

Em torno de 10.000 sinais, oriundos de mais de 1.000 neurônios, se dirigem a cada “neurônio motor inferior alfa”, que os recebe e os integra, de forma somatória e temporal, criando um potencial de membrana, junto aos cones axônicos dos mesmos, gerando, então, um potencial de ação, que é transmitido para todas as fibras musculares da respectiva unidade motora contraíndo-a.

Como já foi explicitado, em uma das partes, deste tema, os “Sistemas motores supraespinhais”, com suas origens no Tronco encefálico, onde eram estudados, sob a denominação de “Vias extrapiramidais”, denominação esta, atualmente, em desuso, também, participam, ativamente, dos mecanismos morfo-funcionais de realização de um evento motor ( fig.: 09 e 44 ), através dos referidos tratos, quando nos ocupamos dos “Sistemas motores supraespinhais descendentes do tronco encefálico”, ou seja:

- Trato vestibuloespinal homolateral...( fig.: 11 )
- Trato vestibuloespinal cruzado.....( fig.: 16 )
- Trato reticuloespinal lateral.....( fig.: 12 )
- Trato reticuloespinal medial.....( fig.: 12 )
- Trato tetoespinal.....( figs.: 13 e 16 )
- Trato rubroespinal cruzado.....( fig.: 17 )
- Trato olivo-espinal cruzado.....( fig.: 18 )

Os neurônios motores inferiores recebem, direta ou indiretamente, ininterrupto bombardeio de sinais excitatórios ou inibitórios dos centros citados ( córtex cerebral, grandes vias descendentes corticais, tronco encefálico com seus sete tratos descendentes acima citados, núcleos da base, cerebelo ) e os descarrega, também, ininterruptamente, da mesma forma, nas junções neuromusculares, mantendo, desta forma, os “tônus musculares” que, como já comentado, é o estado de semi-contracção permanente de um músculo, mesmo em repouso ( fig.: 44 ). As ações neuromusculares, desenvolvidas pelos diversos tratos, oriundos do tronco encefálico ( Sistemas motores supraespinhais ) encontram-se resumidas no quadro a seguir e se referem aos seguintes músculos:

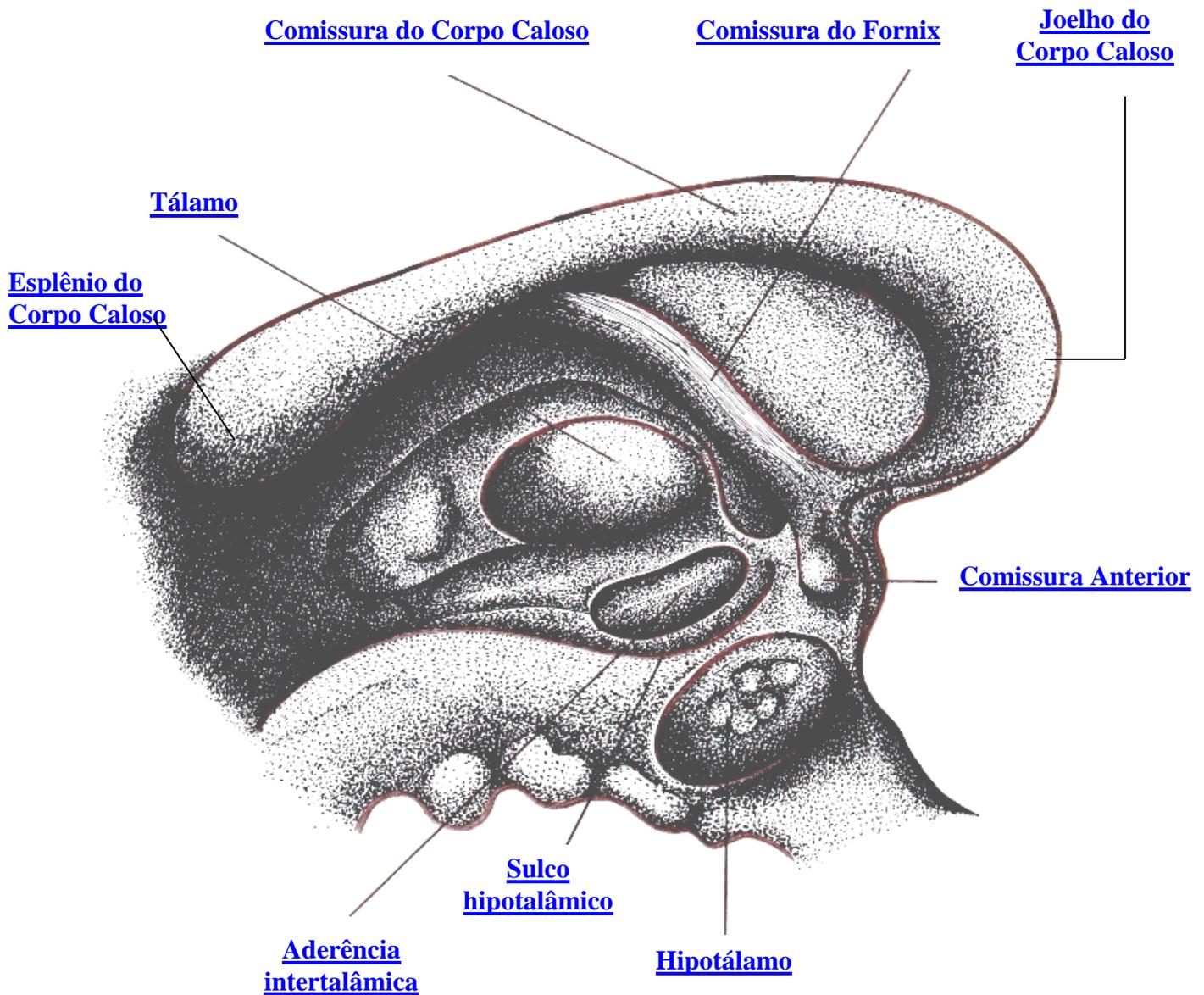
- Músculos flexores dos membros superiores
- Músculos extensores axiais
- Músculos extensores dos membros superiores
- Músculos flexores axiais
- Músculos flexores dos membros inferiores
- Músculos extensores dos membros inferiores
- Músculos distais dos membros ( direta e indiretamente )
- Músculos proximais dos membros: direta e indiretamente
- Músculos axiais e movimentos reflexos da cabeça, em respostas a estímulos sensoriais visuais e auditivos.

**SISTEMAS MOTORES SUPRAESPINHAIS COM ORIGENS  
NO TRONCO ENCEFÁLICO.**

<b>ESTRUTURA ANATÔMICA</b>	<b>FUNÇÕES</b>
<b>TRATO VESTÍBULO-ESPINHAL LATERAL</b>	<b>EXTENSÃO DOS MÚSCULOS DOS MEMBROS INFERIORES, FLEXÃO DOS MÚSCULOS DOS MEMBROS SUPERIORES. MÚSCULOS EXTENSORES AXIAIS</b>
<b>TRATO RETICULOESPINHAL LATERAL</b>	<b>FLEXORES DOS MÚSCULOS DOS MEMBROS INFERIORES, EXTENSORES DOS MÚSCULOS DOS MEMBROS SUPERIORES, FLEXORES DOS MÚSCULOS AXIAIS.</b>
<b>TRATO VESTIBULOESPINHAL MEDIAL</b>	<b>REGULA REFLEXAMENTE A POSIÇÃO DA CABEÇA E DO CORPO, EM RESPOSTAS A ESTÍMULOS DOS CANAIS SEMICIRCULARES.</b>
<b>TRATOS: VESTIBULOESPINHAL E RETICULOESPINHAL</b>	<b>SÃO EXCITATÓRIOS DIRETOS PARA NEURÔNIOS ESPINHAIS OU ATRAVÉS DE INTERNEURÔNIOS EXCITATÓRIOS.</b>
<b>TRATO VESTIBULOESPINHAL ASSOCIADO AOS TRATOS:</b>	<b>EXERCEM IMPORTANTE FUNÇÃO NO AJUSTE POSTURAL E MANUTENÇÃO DO EQUILÍBRIO.</b>
<b>TRATO RUBROESPINHAL</b>	<b>MÚSCULOS DISTAIS DOS MEMBROS DIRETAMENTE E INDIRETAMENTE ATRAVÉS DE INTERNEURÔNIOS.</b>
<b>TRATO TETOESPINHAL</b>	<b>CONTROLA A MUSCULATURA AXIAL E DOS MEMBROS SUPERIORES, ALÉM DO CONTROLE DOS MOVIMENTOS REFLEXOS DA CABEÇA E DO PESCOÇO EM RESPOSTA A ESTÍMULOS SENSORIAIS, VISUAIS E AUDITIVOS.</b>

**FIG.: 22.1**

**Vista Sagital mediana das Comissuras: do Corpo Caloso, do Fornix e anterior, no Hemisfério Cerebral esquerdo do Tálamo e do Hipotálamo.**



**FIG.23**

# Áreas Corticais Motoras

Área: M.Ia.: Área Motora primária anterior, que recebe informações proprioceptivas, oriundas do núcleo ventral póstero-superior do Tálamo, no qual, chegam aferências de Fusos Musculares e dos Neurorreceptores articulares.

Área: M.Ip.: Área motora primária posterior, que recebe informações aferentes cutâneas, oriundas do núcleo ventral - póstero - lateral do Tálamo.

Córtex Motor Primário ( 4 )

Área Motora Suplementar ( 6 )

Sulco central

Área Motora do Cíngulo

Comissura do Fornix.

Lobo Frontal

Lobo Parietal

Comissura do Corpo Caloso

Diencéfalo

Lobo Temporal,

Lobo Occipital

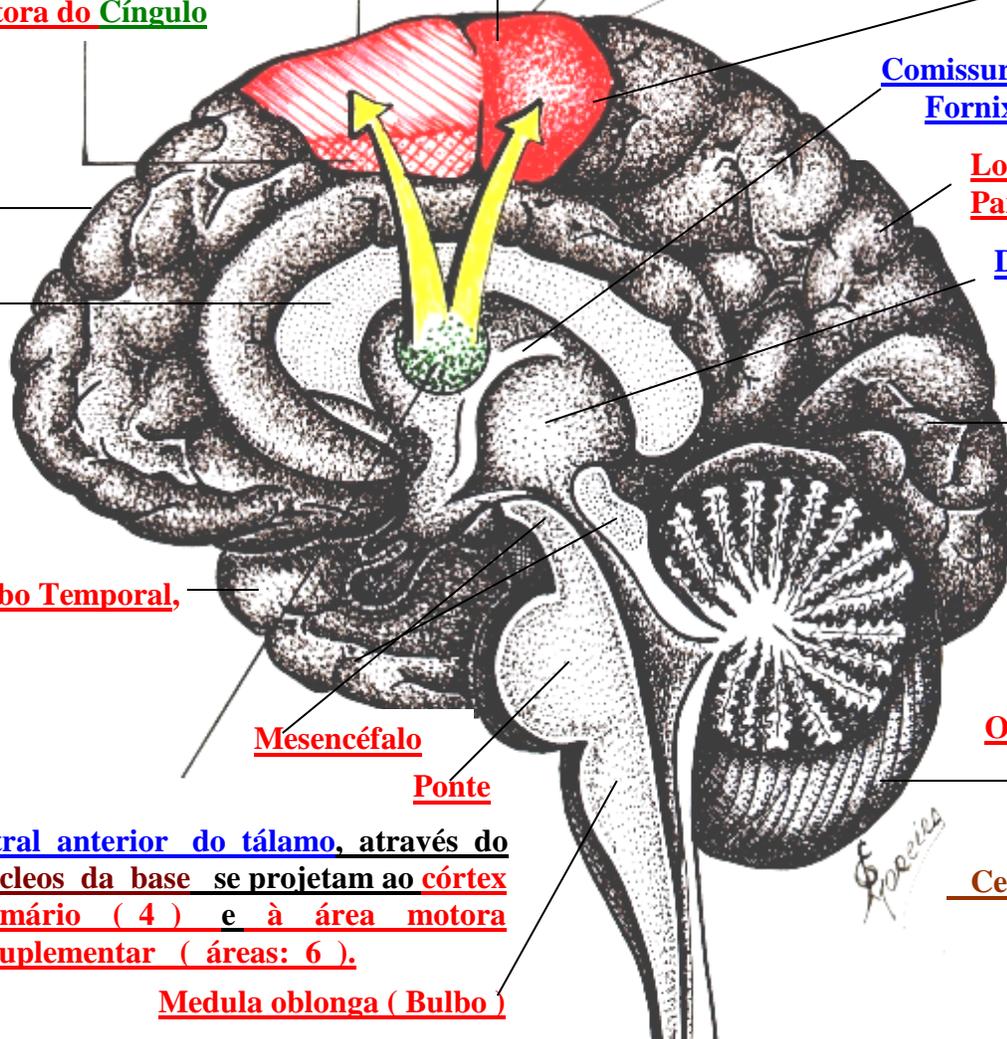
Mesencéfalo

Ponte

Núcleo ventral anterior do tálamo, através do qual, os núcleos da base se projetam ao córtex motor primário ( 4 ) e à área motora suplementar ( áreas: 6 ).

Medula oblonga ( Bulbo )

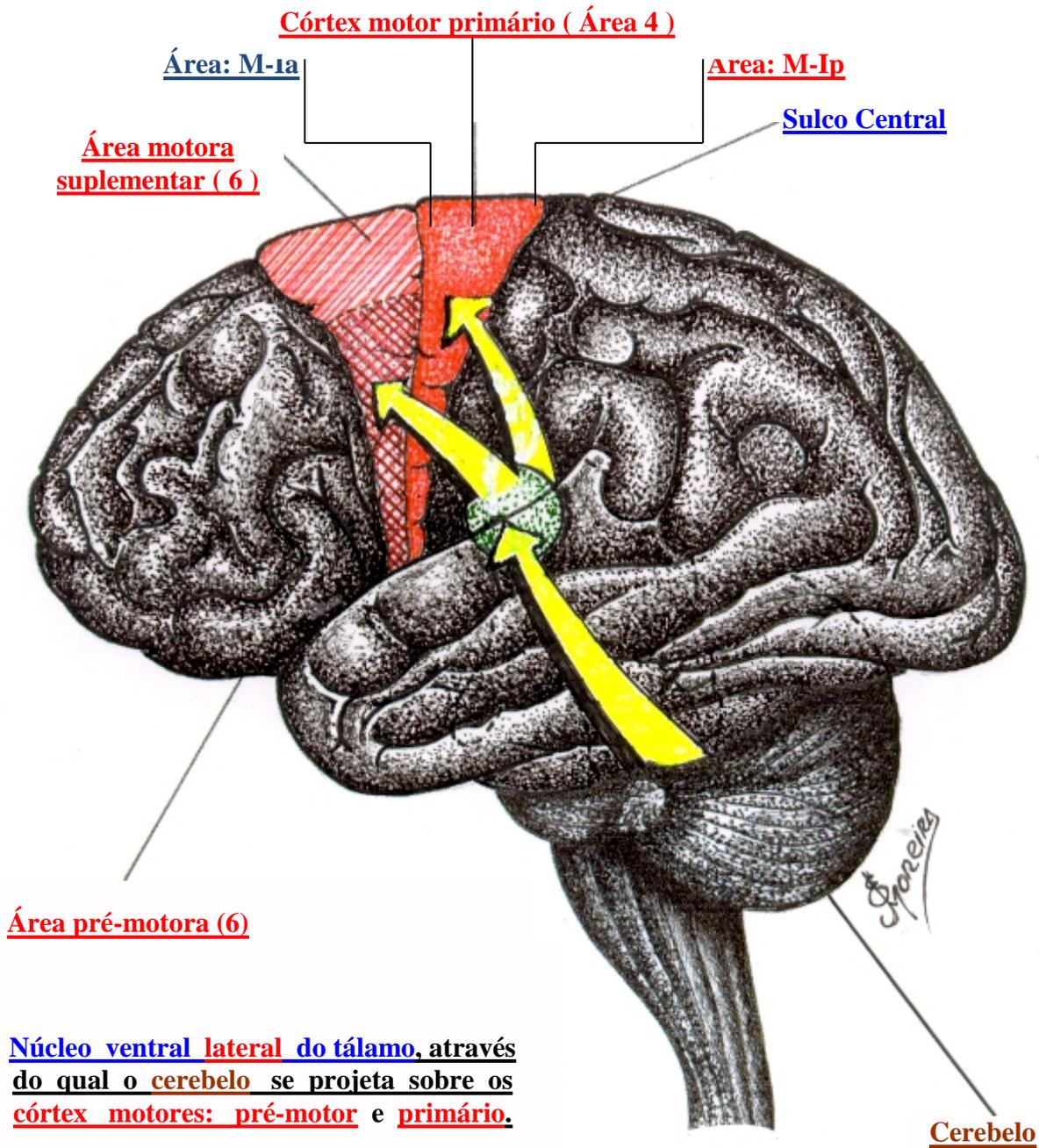
Cerebelo



Superfície Medial do Hemisfério Cerebral, Seus Lobos: Frontal, Parietal, Occipital e Temporal ( este do lado oposto ), Tálamo, parte do Tronco encefálico ( Mesencéfalo, Ponte e Medula Oblonga ), parte da Medula espinhal, parte do Cerebelo, Comissuras: do Corpo Caloso, do Fornix e Glândula Hipofisária.

FIG.: 24

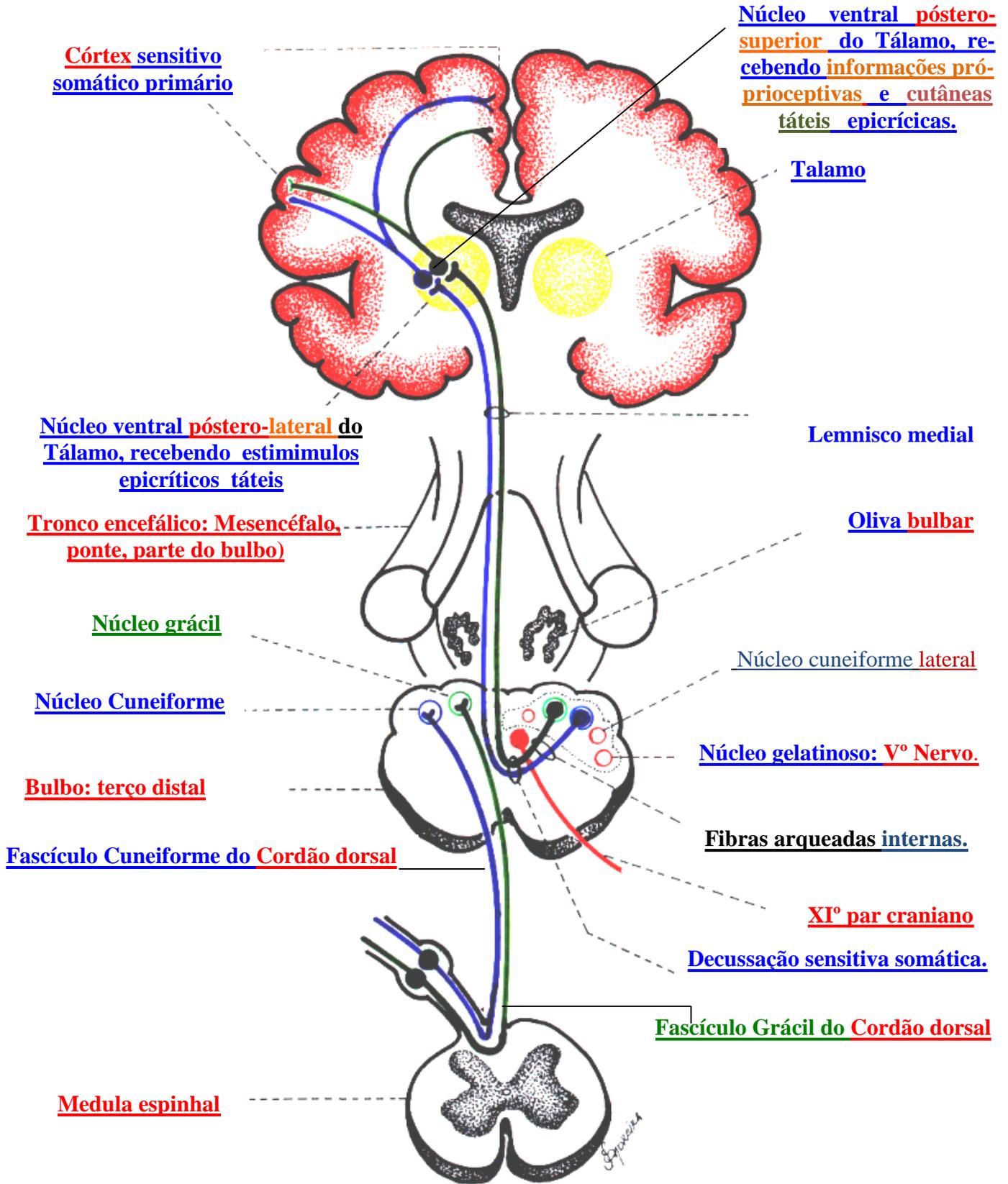
# Áreas Corticais Motoras



Superfície Lateral do Hemisfério Cerebral, vendo-se, também, parte do Tronco Encefálico, Cerebelo, parte da Medula Espinhal e a visão, por transparência, das Circuitárias, entre: o Cerebelo, tálamo e Córtex Cerebral.

FIG.: 25

# Sistema Cordão Dorsal - Lemnisco Medial



**FIG.26**

**Vias Espino-cerebelares ( 1 ): Direta, ( 2 ): Cruzada e ( 3 ): Interpósito-  
Páleo-rúbrica -Tálamo-Cortical.**

**Superfície lateral do Hemisfério esquerdo.**

- A- Área Motora Parietal Posterior
- B- Área Sensorial Primária ( S-I )
- C- Córtex Motor Primário ( M-I )
- D- Área Motora Suplementar
- E- Córtex Pré-Motor ( C. P. M. )
- F- Campo Ocular Frontal ( C.O.F. )

**Paleocerebelo: Lobo anterior**

**FIG.: 27**

**Fibras interpósito Paleorrúbricas(3)**

**Núcleo Globoso**

**Núcleo emboliforme**

**Paleocerebelo: (tonsila, úvula, pirâmide)**

**Trato Rubroespinal Cruzado**

**Neurônios aferenciais proprioceptivos ( 1 e 2 ), com suas origens nos gânglios sensoriais da medula espinal, e que, na substância cinzenta posterior, iniciam os tratos espinocerebelares direto e cruzado**

**Trato Espino-cerebelar dorsal ( Direto ) ( 1 )**

**Neorrúbro.**

**Paleorrúbro**

**Pedúnculo Cerebelar Superior**

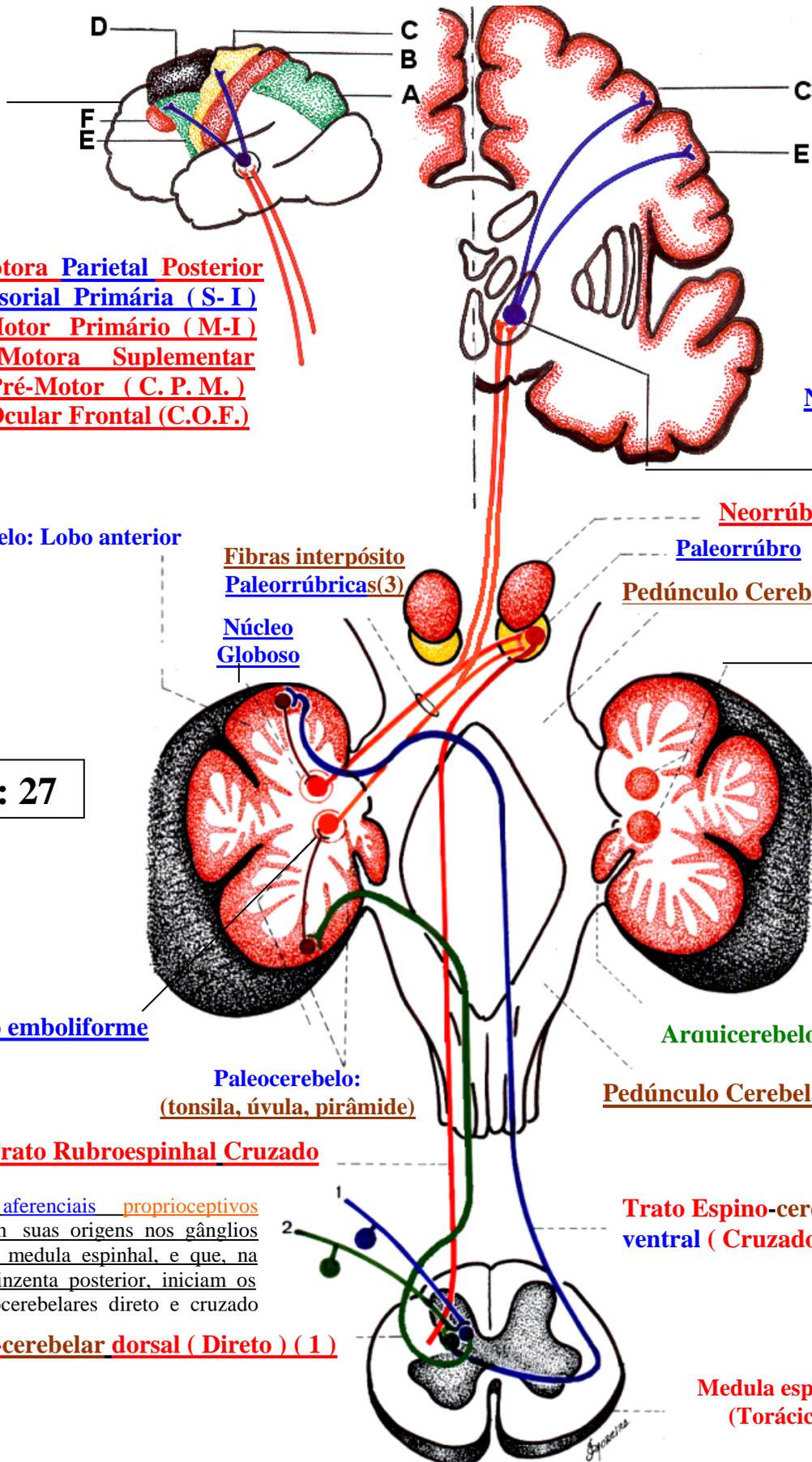
**Núcleo Emboliforme**

**Araucerebelo**

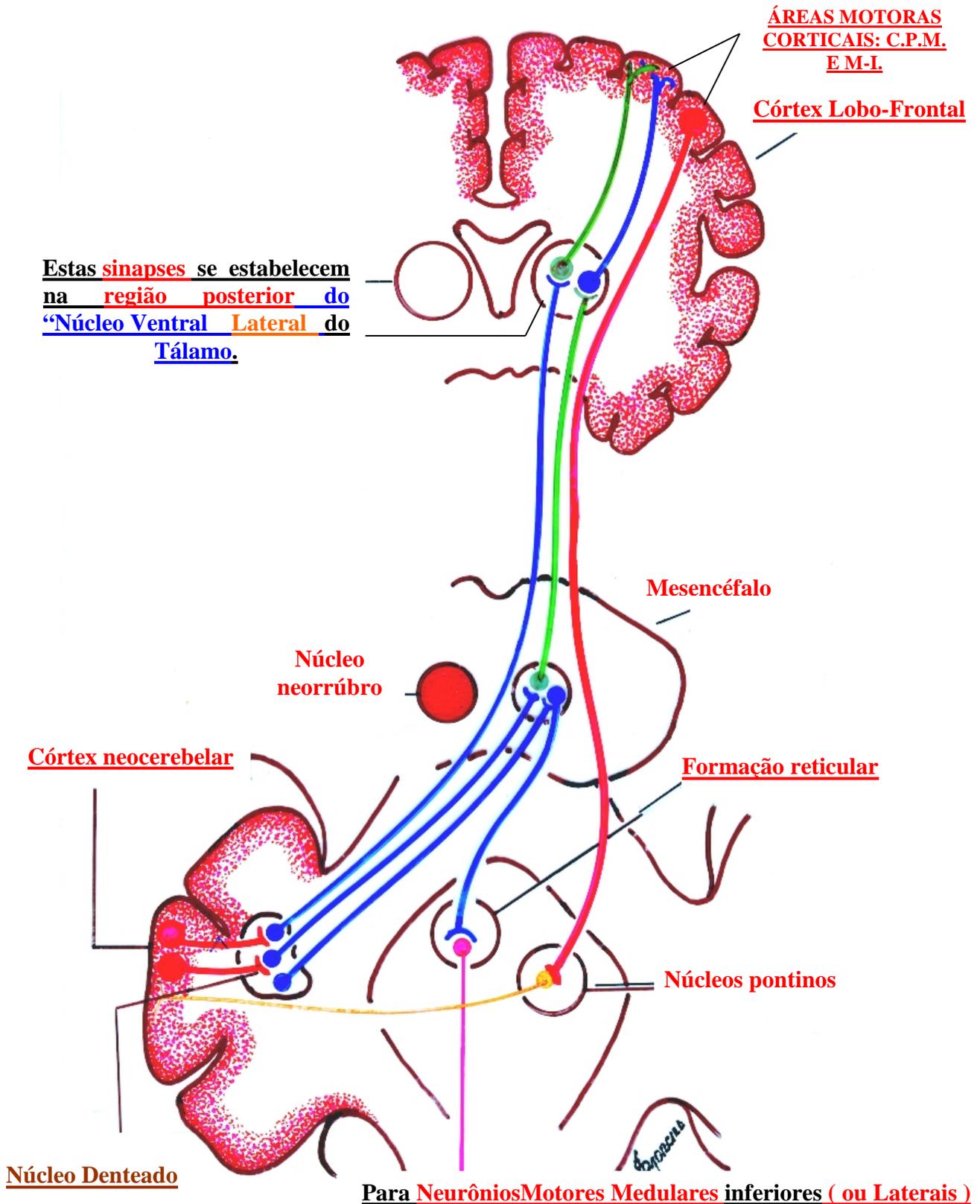
**Pedúnculo Cerebelar Inferior**

**Trato Espino-cerebelar ventral ( Cruzado ) ( 2 ).**

**Medula espinal (Torácica)**



# Circuitos: **Córtico-Ponto-Cerebelo-Tálamo-Cortical** e **Córtico-Ponto-Cerebelo-Neorrúbro-Retículo-Espinal**.



**FIG.28**

Grande Célula Piramidal Cortical.

Córtex do lobo frontal

Pequena célula piramidal

**FIG.29**

Tálamo  
Ventro-lateral

Trato corticoespinal  
(piramidal)

Núcleo rúbro

Mesencéfalo

Célula de Purkinje.

Célula  
granular

Núcleo globoso

Cerebelo

Núcleo emboliforme

Núcleo olivar inferior

F.M.

F.M.

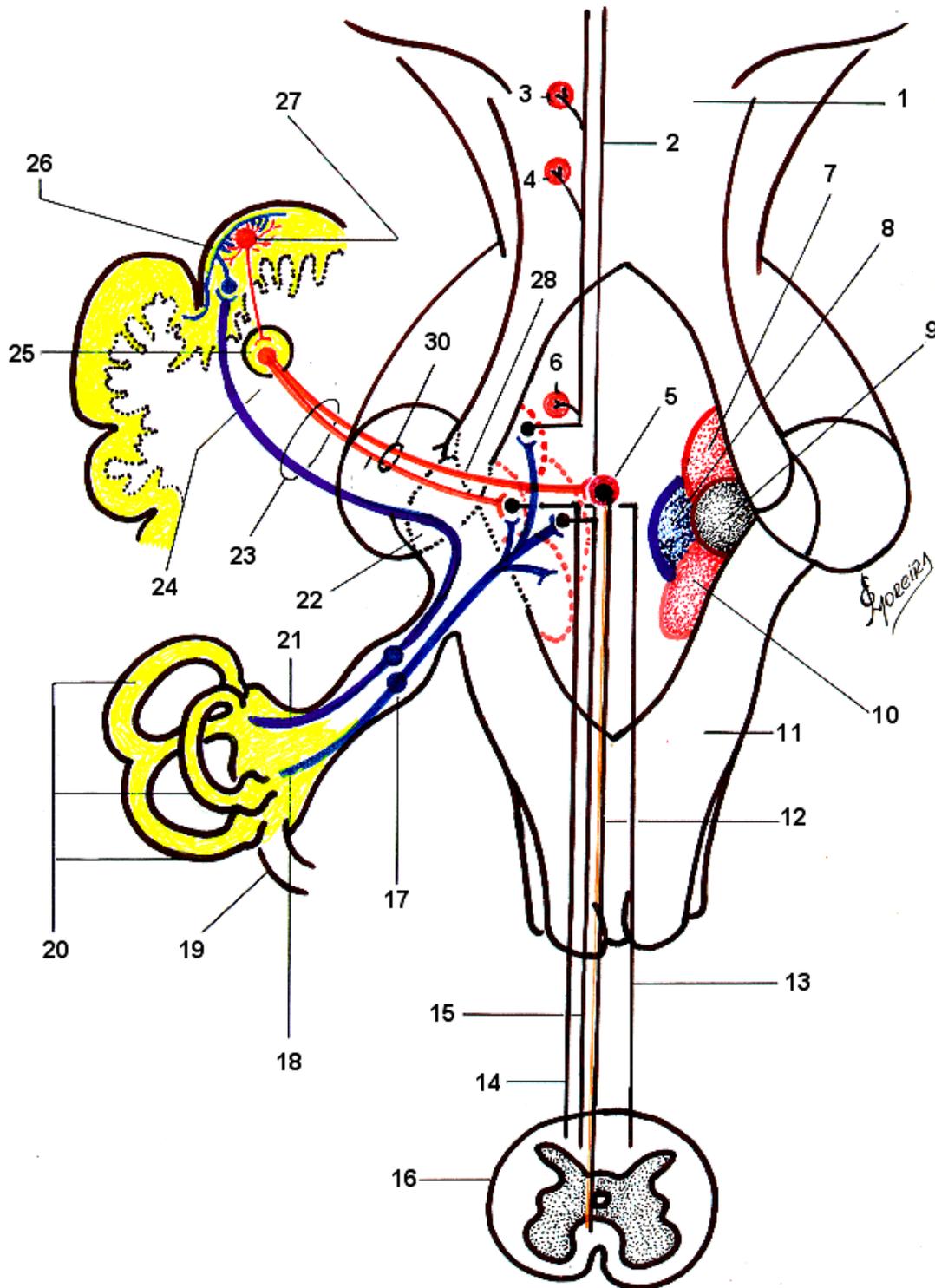
F.T.

Núcleo reticular lateral

Trato rubroespinal cruzado

Córtex cerebral e conexões eferentes para: Núcleo vermelho, núcleos pontinos, núcleo olivar bulbar, núcleo reticular lateral e medula espinal

**Arquicerebelo, Núcleos Vestibulares, Tronco encefálico e Medula Espinhal.**



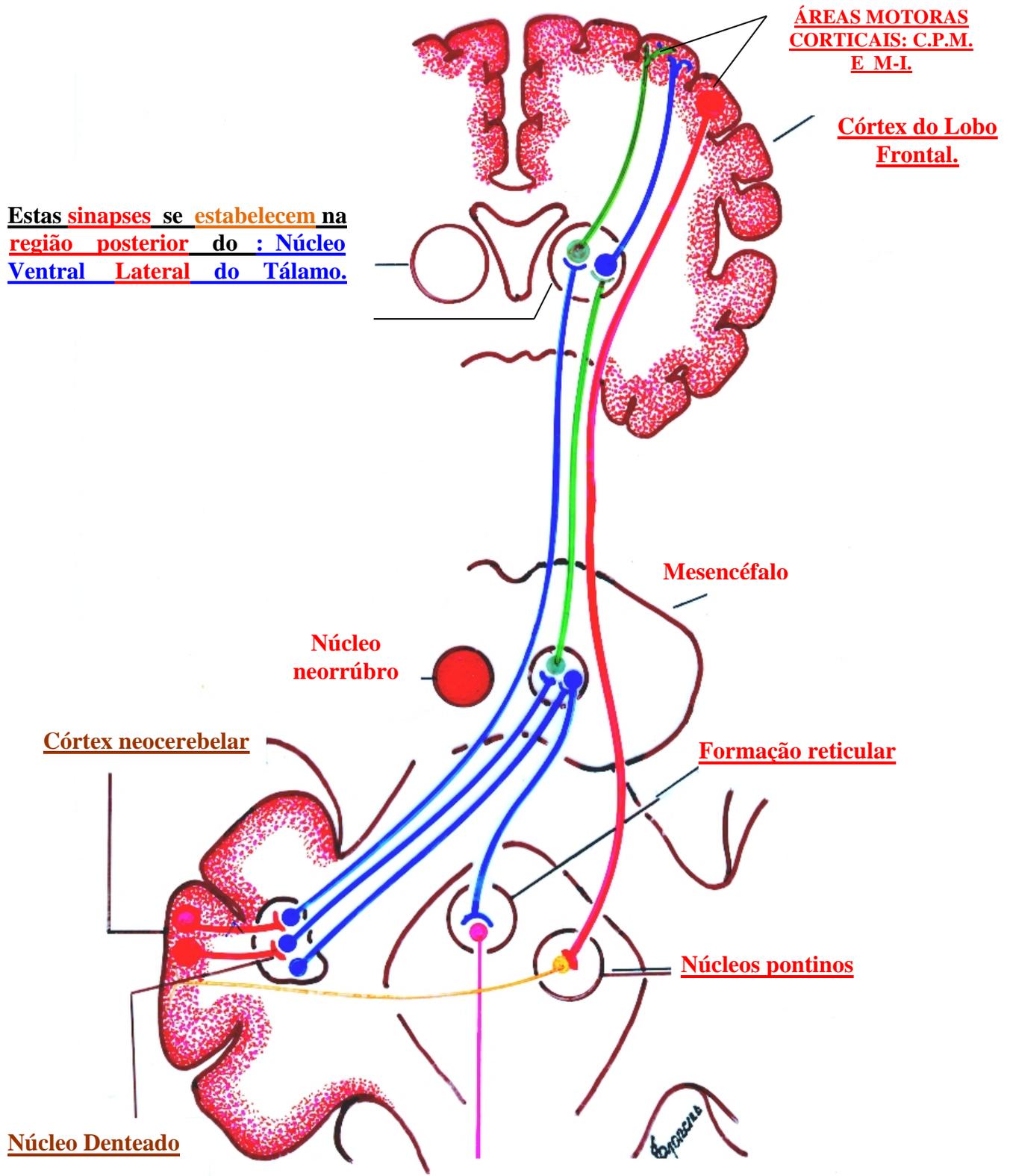
**Núcleos e Vias Vestibulares e suas Conexões com: Medula espinhal, Formação reticular e Núcleos de origem dos Nervos Cranianos: III°, IV° e VI°.**

**Fig.: 30**

## **LEGENDA DA FIGURA: 30**

- 01 – Mesencéfalo
- 02 – Fascículo Longitudinal medial ( F.L.M. ) ( sua parte ascendente ).
- 03 – Núcleo de origem real do nervo oculomotor ( IIIº nervo craniano )
- 04 – Núcleo de origem real do nervo troclear ( VIº nervo craniano )
- 05 – Representante dos núcleos da formação reticular
- 06 – Núcleo de origem real do nervo abducente ( VIº nervo craniano )
- 07 – Núcleo vestibular superior
- 08 – Núcleo vestibular medial
- 09 – Núcleo vestibular lateral
- 10 – Núcleo vestibular inferior
- 11 – Medula oblonga ( Bulbo )
- 12 – Fascículo retículo-espinhal
- 13 – Fascículo vestibuloespinhal cruzado
- 14 – Fascículo vestibuloespinhal homolateral
- 15 – Fascículo longitudinal medial ( F.L.M. ). Suas fibras descendentes .
- 16 – Medula espinhal
- 17 – Gânglio vestibular
- 18 – Fibra primária vestibular
- 19 – Início do canal coclear
- 20 – Canais semicirculares: lateral, superior e posterior
- 21 – Fibra primária vestibular para o arquicerebelo
- 22 – Corpo justa-restiforme
- 23 – Fascículo vestibulo-cerebelar
- 24 – Arquicerebelo**
- 25 – Núcleo fastigial
- 26 – Fibras paralelas das células granulares do cerebelo
- 27 – Célula de Purkinje
- 28 – Fibras fastígio-reticulares
- 29 – Fibras fastígio-vestibulares
- 30 – Trato fastígio-bulbar.
- 31 – Ponte
- 32 - Mesencéfalo

**Circuitos: “Cortico-Ponto-Cerebelo-Tálamo-Cortical” e Córdico-Ponto-Cerebelo-Neorrúbrio-Retículo-Espinal.**



**Para Neurônios Motores Medulares inferiores ( ou Laterais )**

**FIG.31**

## Desenho Esquemático da Alça Límica

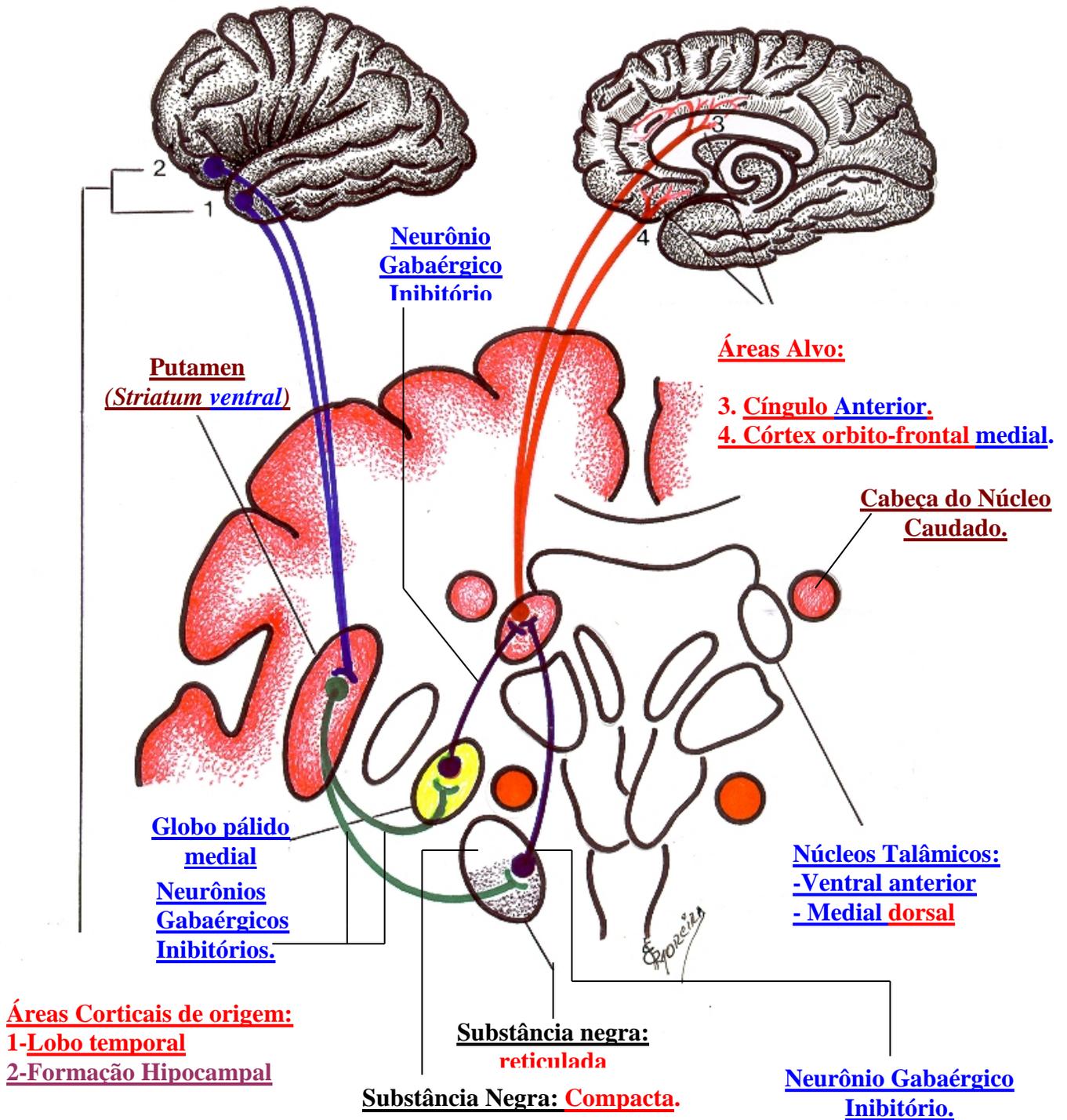
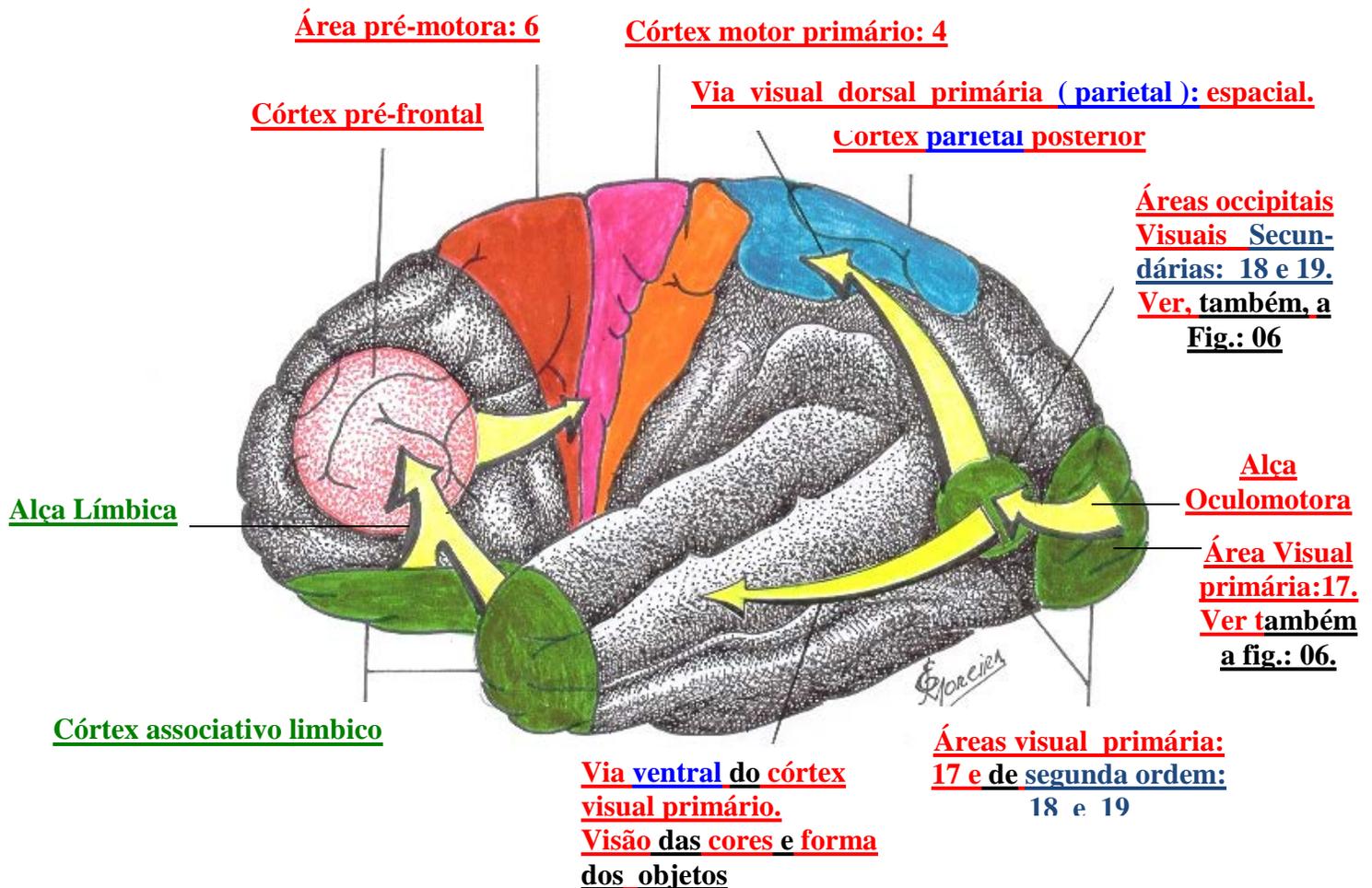


FIG.32

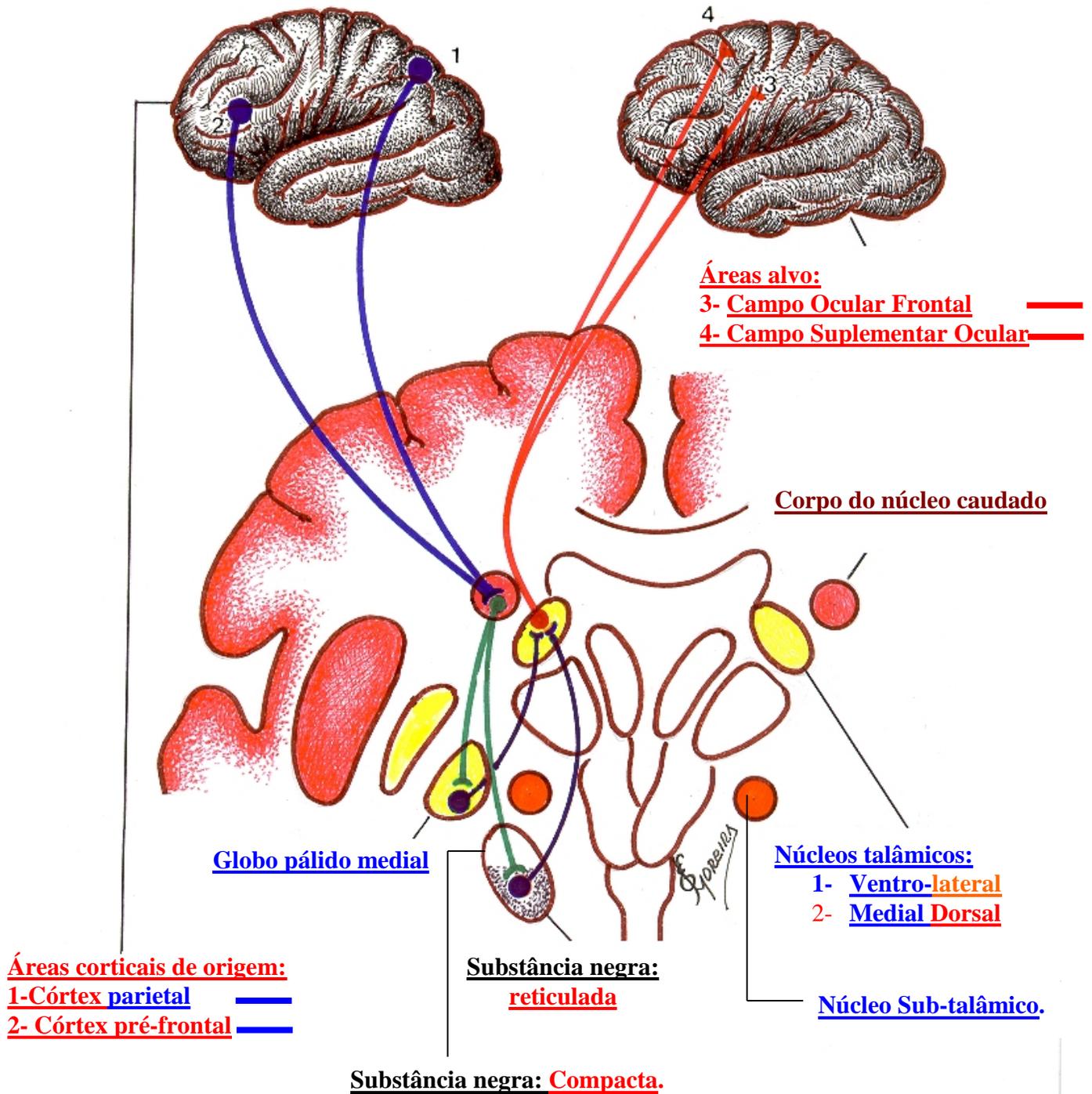
Início de um Movimento e sua representação aproximada e reduzida na Massa Encefálica, a partir das Alças Anatômicas: Límbicas e Oculomotoras e suas posições anatômicas relativas nesta massa encefálica, vendo-se, também, as Vias visuais primárias ( dorsal: parietal ) e ( ventral: temporal ).



Início dos Mecanismos Morfo-funcionais centrais encefálicos reduzidos, de um Evento Motor, com a representação esquemática e aproximada da localização das Alças Límbicas, seguidas das Alças Oculomotoras e das duas Vias Visuais Primárias: Dorsal ( Parietal ): envolvida com os movimentos dos objetos na cena do movimento e das Vias Visuais Primárias Ventrals ( Temporais ), envolvidas com as formas e cores dos objetos. Precedendo, em uma rápida fração de segundos, este início de Movimentos, surgem diversos mecanismos, inclusive, reflexos, que antecedem, em alguns milionésimos de segundos, o Real início da Ação Motora, ocasião na qual, surgem as primeiras descargas corticais, a partir dos neurônios corticais motores ( Células de Betz ), que atuarão através dos tratos eferenciais descendentes, em direção aos Neurônios de localização lateral e o posterior início das ações motoras.

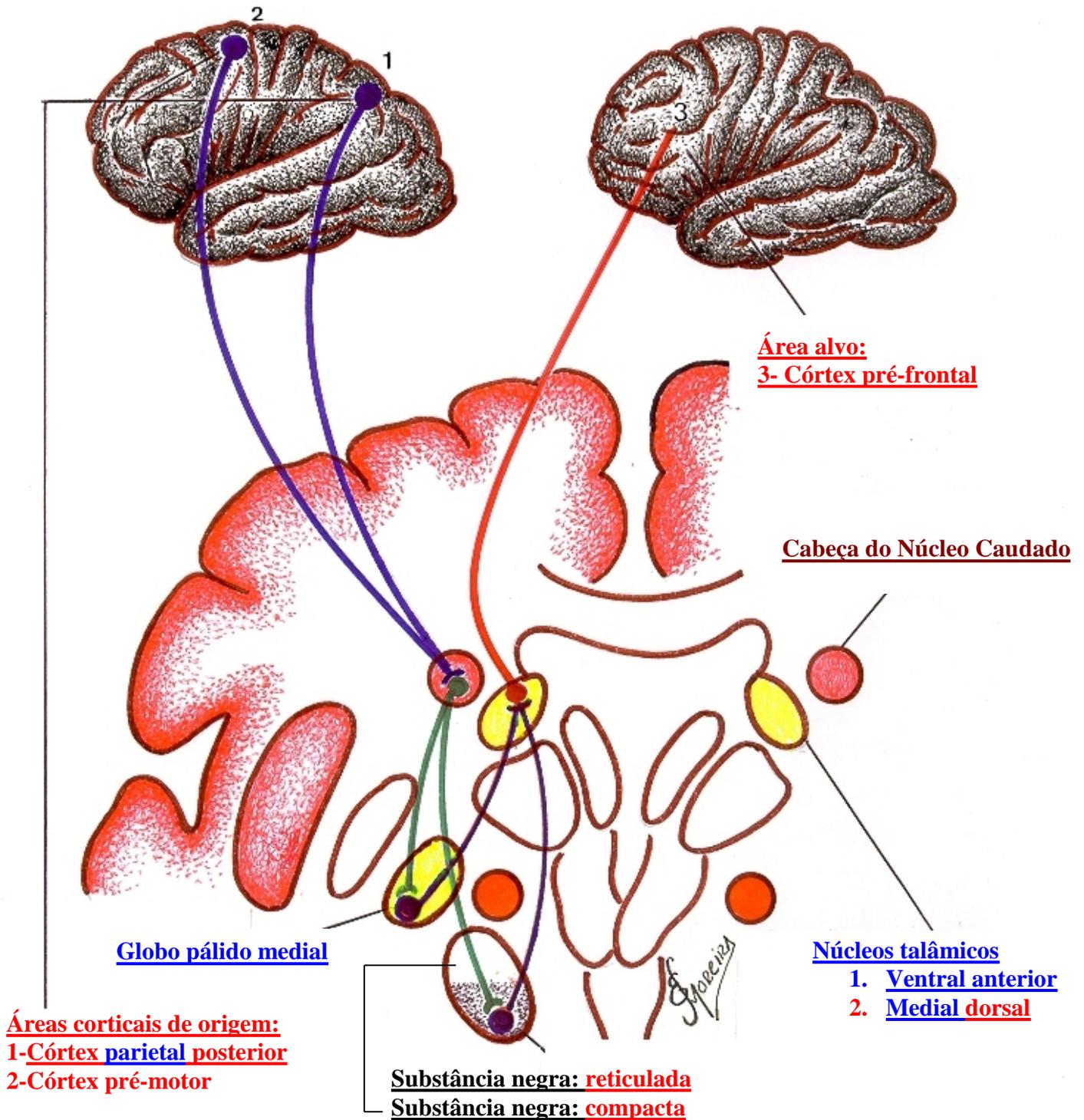
**FIG.: 33**

# Alça Oculomotora



**FIG.: 34**

# Desenho Esquemático da alça de Associação 1 (Circuito Associativo 1)



**FIG.35**

## Desenho Esquemático da alça de Associação 2 (Circuito Associativo 2)

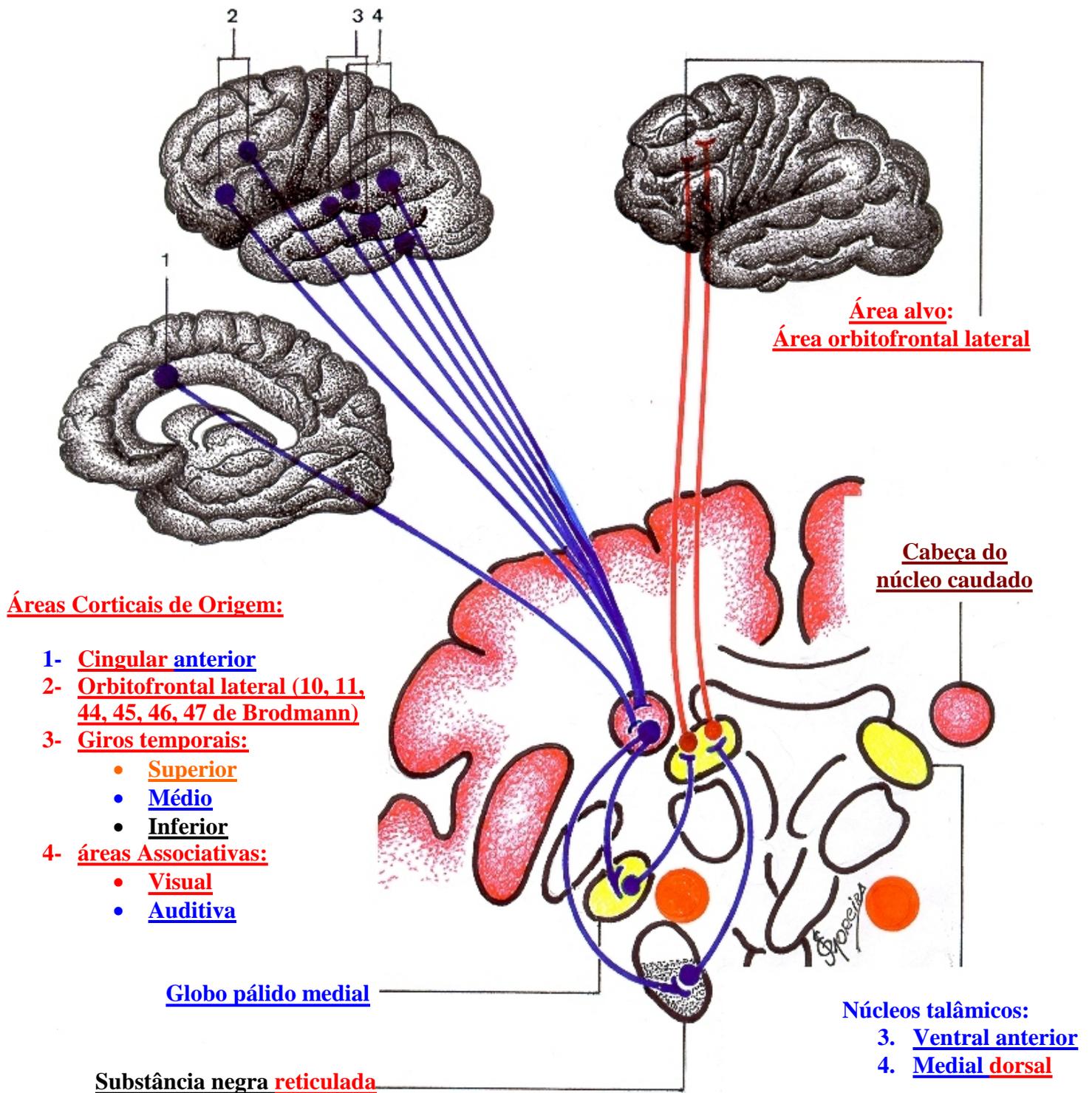
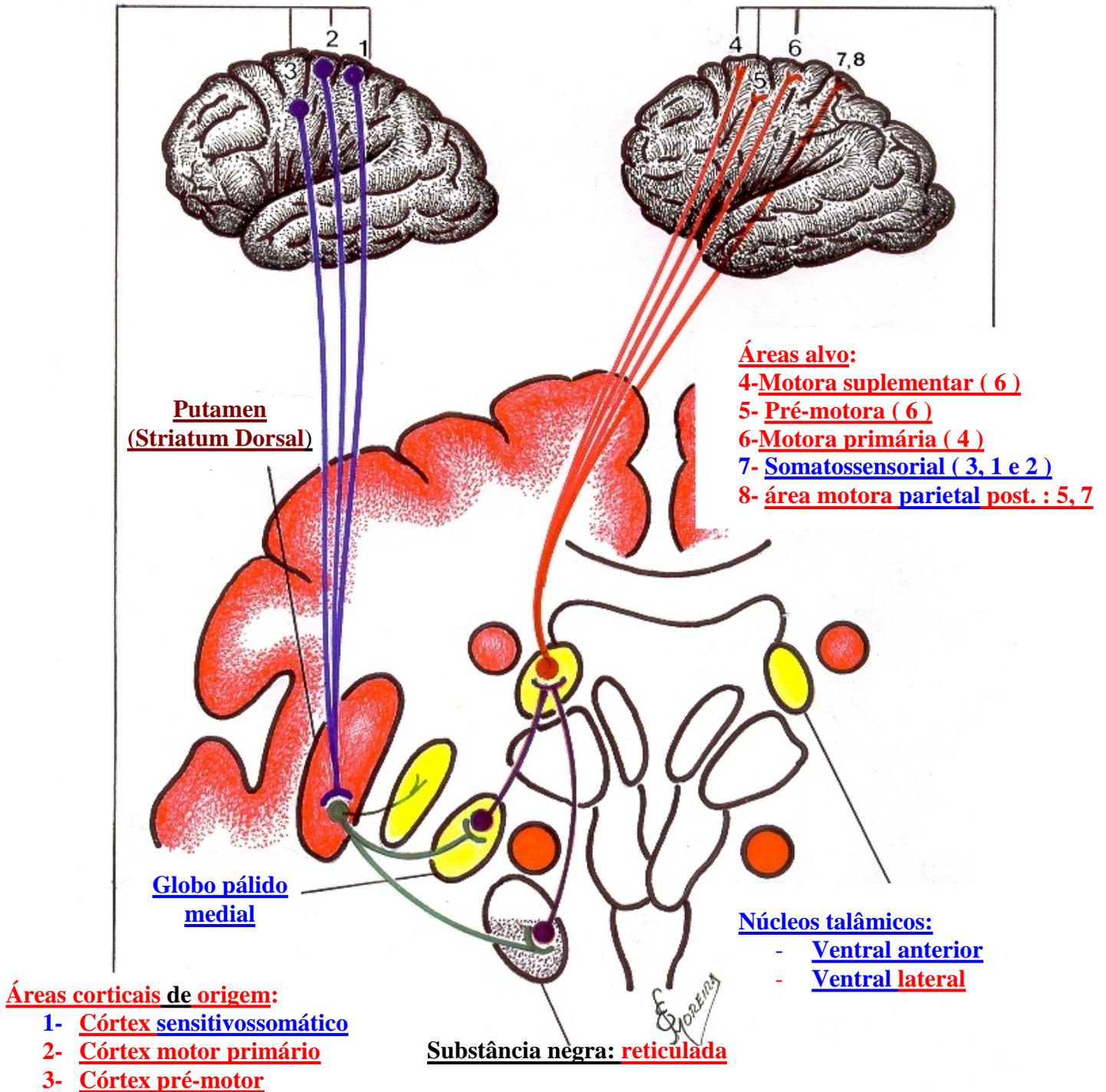
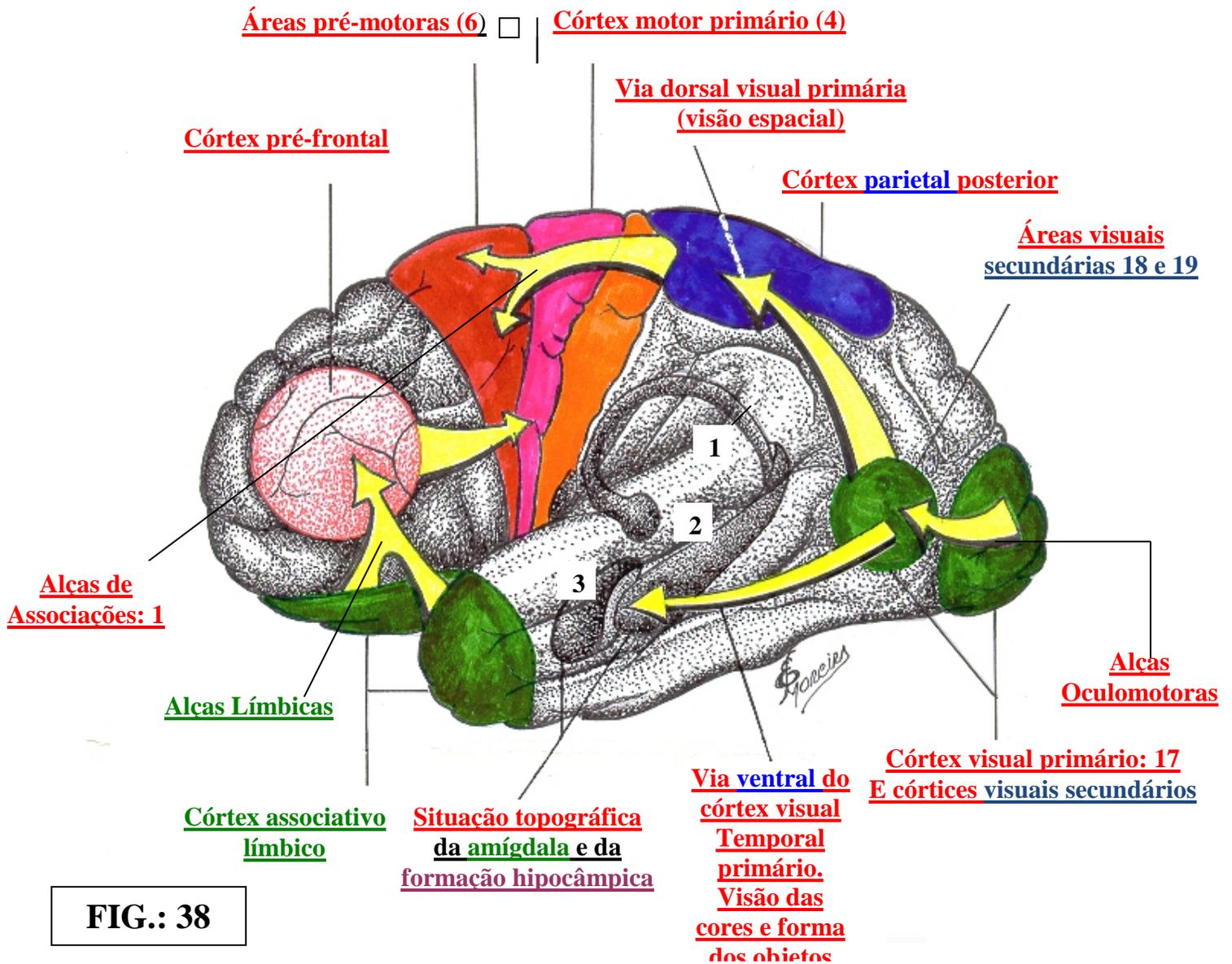


FIG.36

## Desenho Esquemático da Alça Motoresquelética

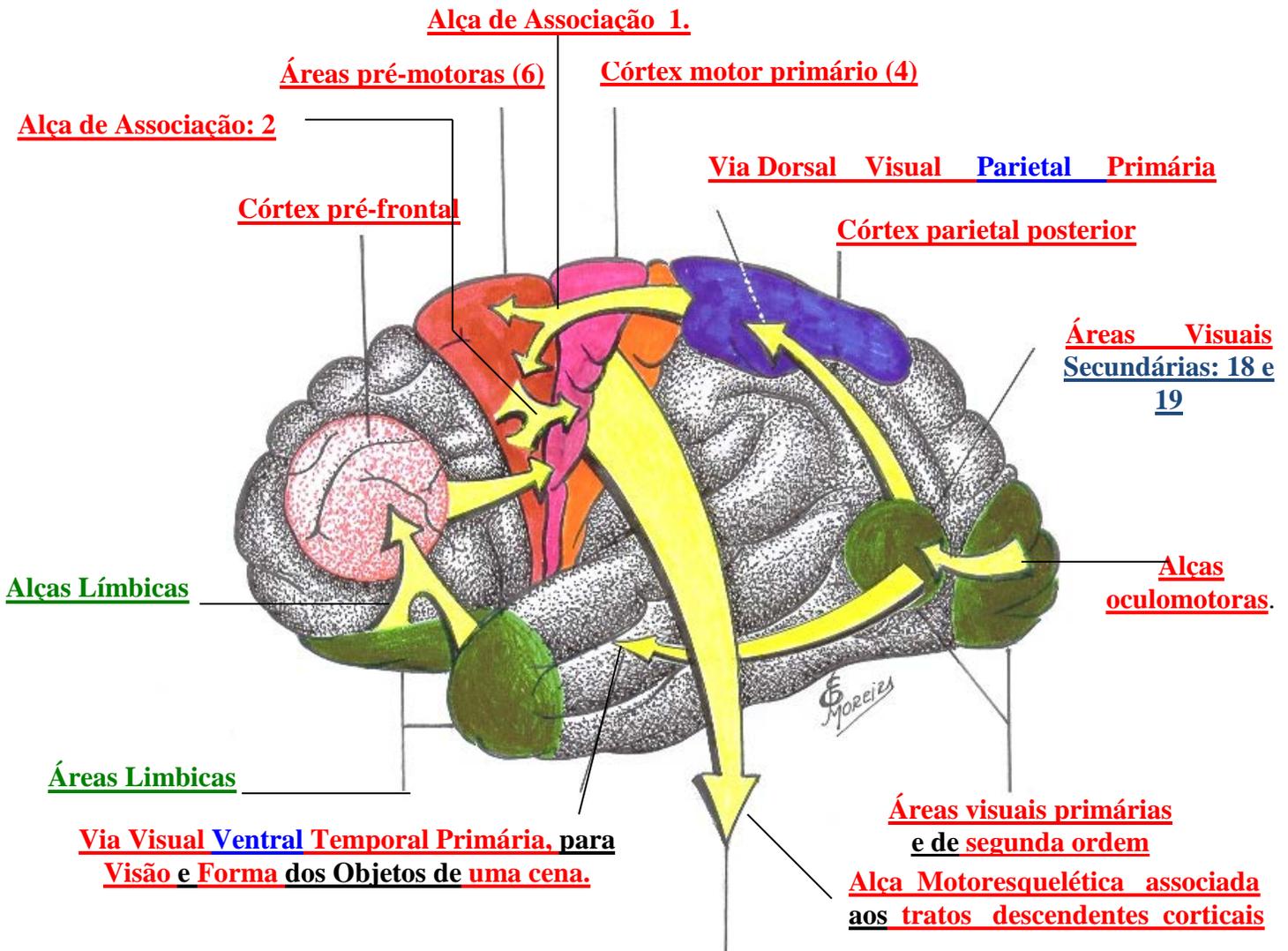


Desenho esquemático aproximado dos mecanismos morfo-funcionais, desenvolvidos na massa encefálica, durante um Movimento, com a representação das Alças Límbicas, das Alças Oculomotoras e das Vias Visuais Primárias: Dorsal (Parietal) e Ventral (Temporal), além da visão das Alças de Associações: 1, e as relações com o Hipocampo (2), Complexo Amigdalóide (3) e Comissura do Fornix (1)



Estruturas que regulam o Funcionamento e o Comportamento dos Eventos Motores, em desenho esquemático, com suas projeções aproximadas, nas regiões da massa encefálica cerebral, em visão da superfície lateral do hemisfério cerebral e as localizações anatômicas aproximadas das Alças Anatômicas: Límbicas, Oculomotoras, de Associação: 1 e as Vias Visuais Primárias ( Temporal ): , para a visão das cores e formas dos objetos e a Via Visual Primária ( Parietal ): para a visão e percepção dos movimentos dos objetos e, finalmente, as relações anatômicas destas estruturas citadas, com o conjunto do Hipocampo (2) Complexo Amigdalóide (3) e Comissura do Fornix (1).

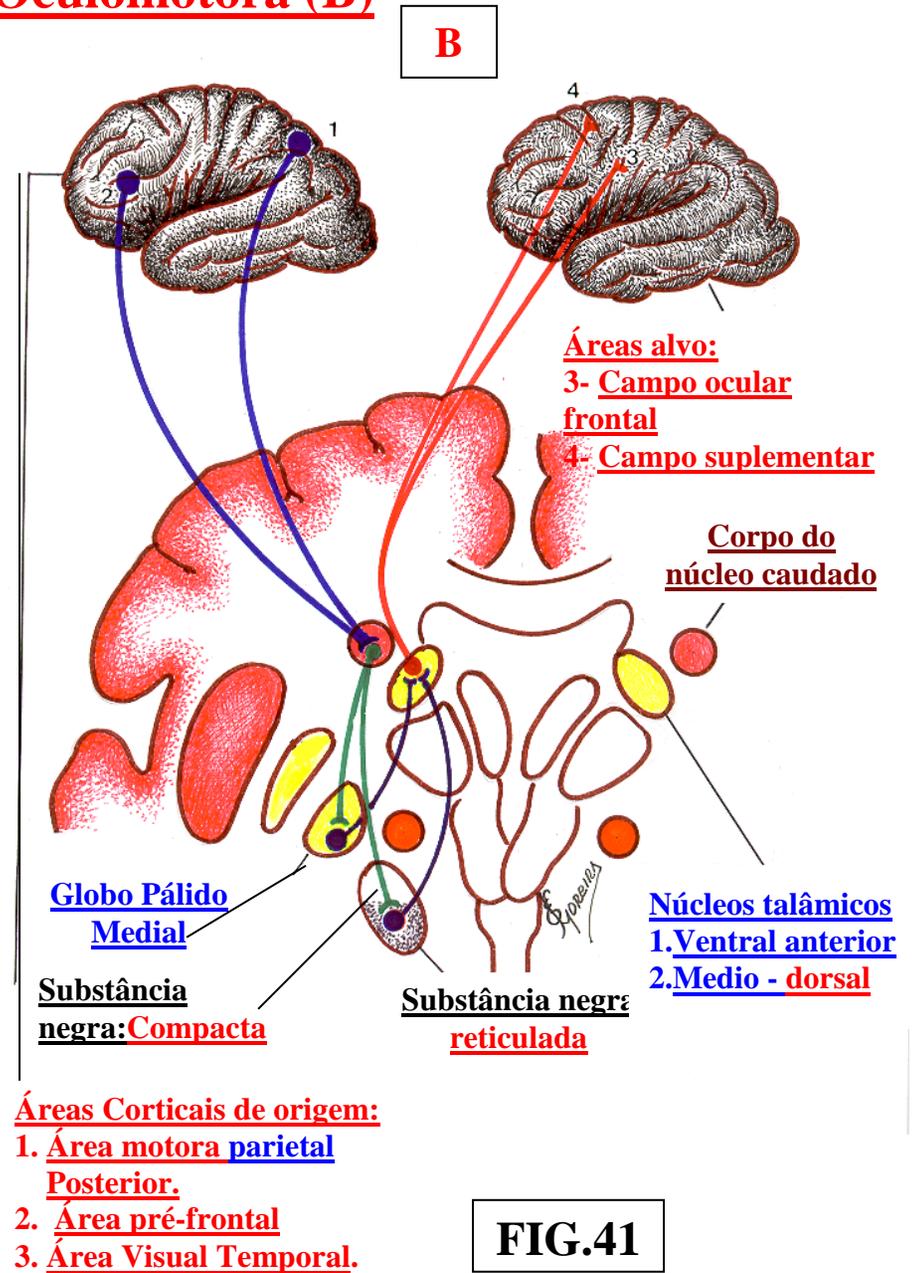
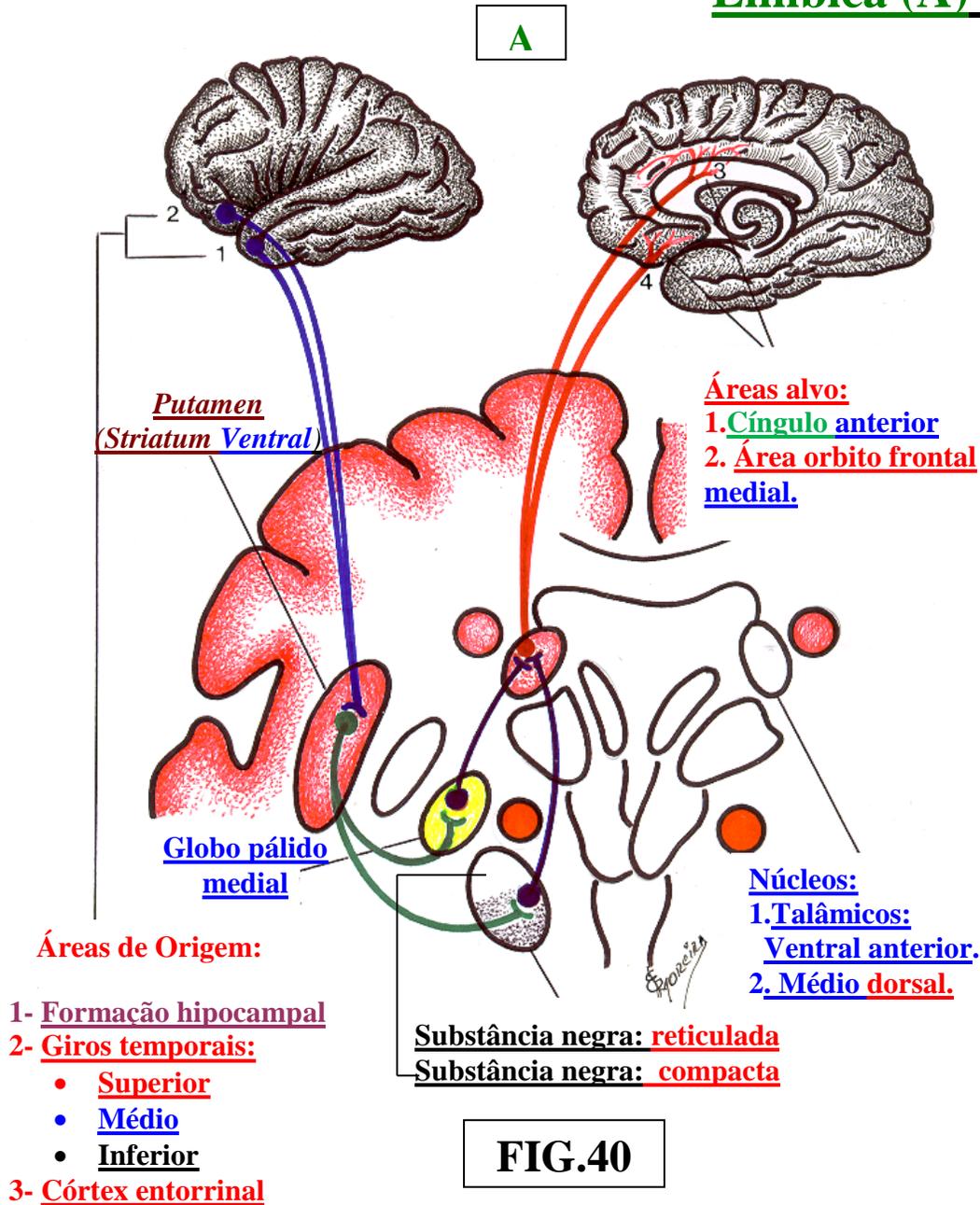
Desenho aproximado, em plena massa encefálica cerebral, do Conjunto das estruturas, que regulam o funcionamento e Comportamento dos eventos motores, em representação reduzida morfo-funcional, desde seu início ao seu término.



Desenho esquemático da massa encefálica, em visão da superfície lateral do hemisfério cerebral, dos Mecanismos morfo-funcionais reduzidos, envolvendo todas as principais fases de um Movimento (início, meio e fim), com indicação aproximada das localizações anatómicas das Alças: Límbicas, Oculomotoras, de Associações: 1, de Associações: 2, Motoresqueléticas e as Vias Espaciais: Dorsal Visual Primária (Parietal) para a Visão Espacial e a Via Visual Ventral Primária (Temporal), para a visão das formas e cores dos objetos. Além disso, temos a constituição dos Tratos Corticais descendentes: ou seja: Cortico-nuclear para os núcleos do Tronco encefálico e Trato Cortico-medular, dirigido aos Nervos Medulares.

**FIG.: 39**

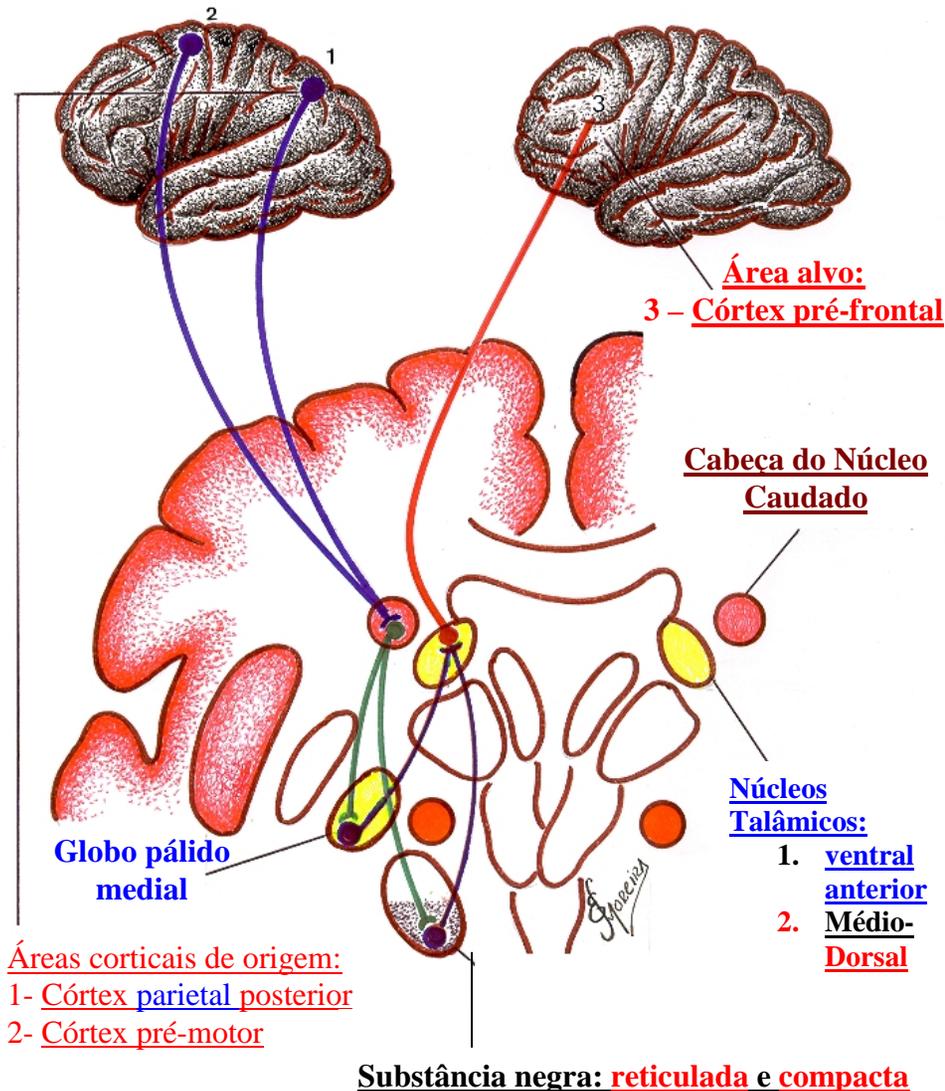
# Desenho Esquemático das Alças Anatômicas: Límbica (A) e Oculomotora (B)



## Desenho Esquemático das Alças de Associações 1(A) e 2(B)

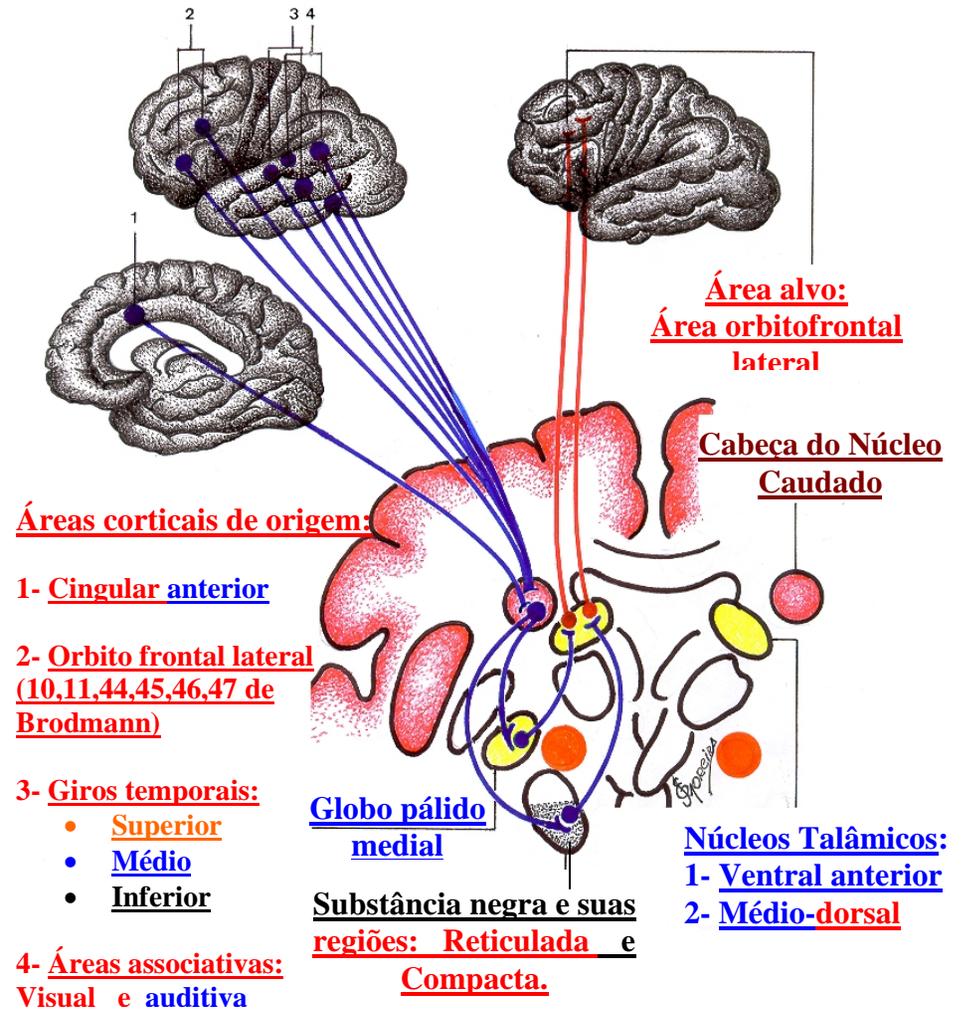
**FIG.: 42**

**A**

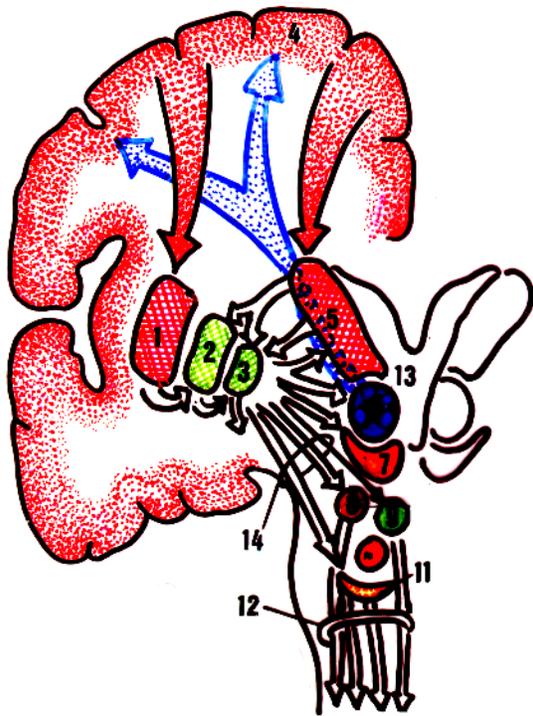


**FIG.: 43**

**B**

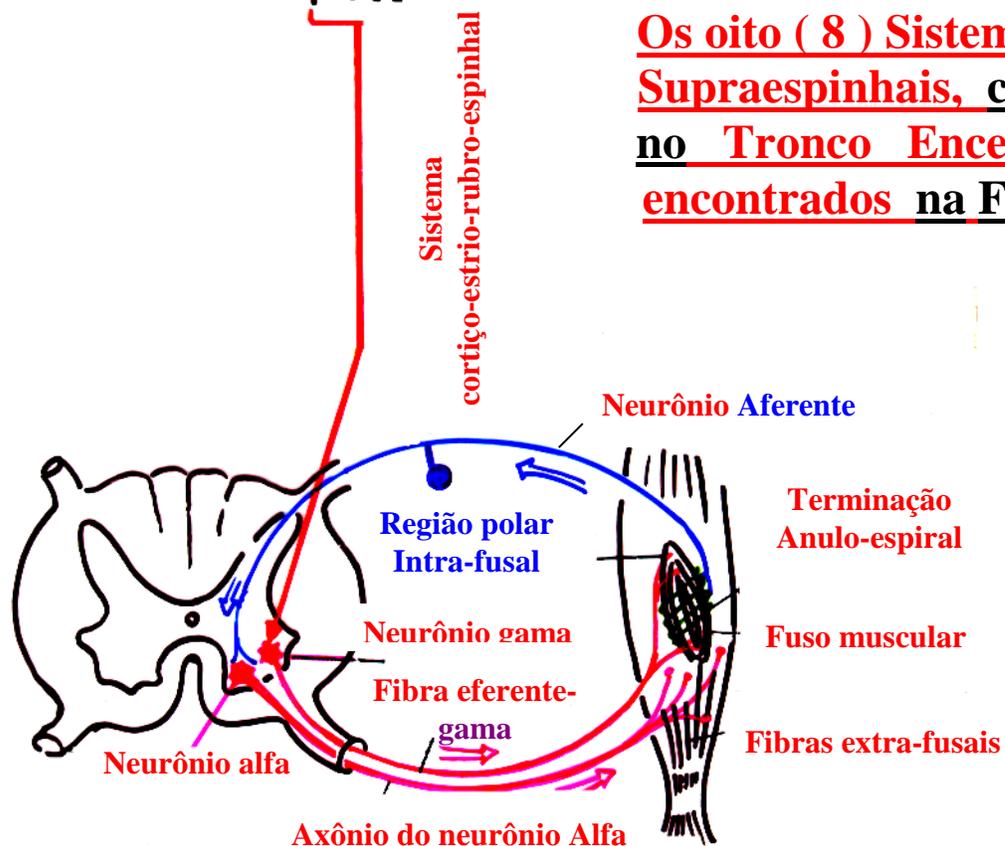


## Esquema do Reflexo Miotático ( Alça Gama )



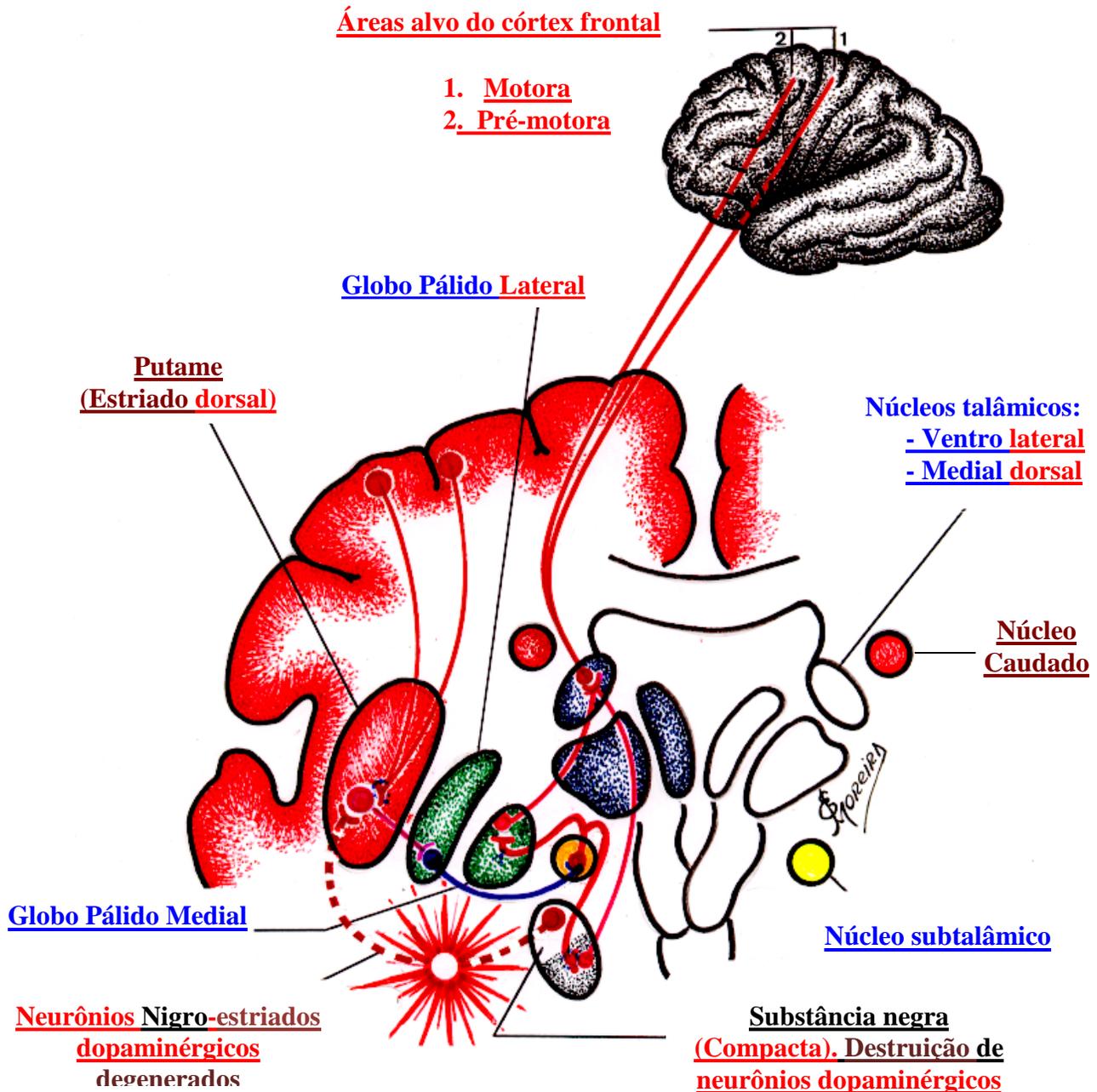
01. Putâme ( ou Putamen )
02. Globo Pálido Lateral
03. Globo Pálido Medial
04. Córtex encefálico
05. Núcleo Caudado
06. Tálamo
07. Hipotálamo
08. Núcleo Rubro ( vermelho )
09. Núcle Sub-talâmico
10. Formação Reticular
11. Substância Negra
12. Sistema Motor Supra-espinhal
13. Cavidade do terceiro Ventrículo
14. Campos de Forel.

Os oito ( 8 ) Sistemas Motores Supraespinhais, com origens no Tronco Encefálico, são encontrados na Figura: 22.1



**FIG.44**

# Mecanismo Morfo-funcional Iconográfico aproximado, da Doença de Parkinson.



Desenho esquemático de conexões dos núcleos da base, assinalando a “deficiência” de fibras Nigro-estriadas ao “Striatum”, por diminuição dos neurônios dopaminérgicos na “Pars Compacta” da substância negra.

FIG.45

#### 4º) - SÍNTESE DAS REGIÕES-CHAVE, PARA O CONTROLE DOS MOVIMENTOS.

As “áreas associativas: límbica e pré-frontal” encontram-se envolvidas, numa “primeira etapa,” do “Controle dos Movimentos”, na decisão inicial ( vontade ou desejo ) de “iniciar o referido movimento”, tendo, para tanto, fatores coadjuvantes motivacionais, emocionais, cognitivos e comportamentais, desencadeados, através das “Alças Límbicas” ( figs.: 32 e 33 ) e dirigidas às “áreas pré-motora e motora principal”, iniciando o “mecanismo morfo-funcional de transformação, do “desejo,” em “ação”.

Em uma “segunda etapa”, uma vez iniciado o “movimento”, as “áreas visuais occipitais primárias e secundárias: 17, 18 e 19” ( figs.: 6 e 33 ), processam informações, sobre a “localização e forma do objeto principal, que “estimulou” o referido movimento”, indicando a localização da “área ambiental” e do “objeto alvo”, sendo estas “informações visuais”, conduzidas, através das “Alças Oculomotoras” ( fig.: 34 ), ao “lobo parietal somatossensorial posterior” ( fig.: 33 ). Nesse mecanismo morfo-funcional, é da maior importância, a presença da “Via cortical visual dorsal primária”, relacionada ao “acompanhamento visuoespacial do objeto em foco”, bem como, da “Via visual cortical ventral primária,” dirigida à área temporal média ( TM ) e relacionada à “forma e cores deste mesmo objeto” ( figs.: 33, 38 e 39 ).

Prosseguindo, em uma “terceira etapa”, deste lobo parietal somatossensorial posterior, tais informações visuais, são conduzidas, através das, “Alças de Associações I” ( figs.: 35 e 38 ), às “áreas pré-motoras” ( localização de formulação do planejamento do movimento desejado ) .

Posteriormente, através de uma “quarta etapa”, destas “áreas pré-motoras” as informações serão encaminhadas, através das “Alças de Associações II” ( fig.: 36 e 39 ), ao Córtex Motor Primário ( fig.: 39 ).

Do “Córtex Motor Primário” os “sinais motores controladores”, destinados à criação das “ações musculares”, dirigem-se, através de “neurônios do Tronco Encefálico ou da Medula espinhal”, aos músculos, ( no caso, agonistas ), para se contraírem, através das “Alças Motoresqueléticas” ( fig.: 37 e 39 ), surgindo os “Tratos Descendentes Motores”, a partir dos “neurônios motores corticais piramidais” ( figs.: 08 e 39 ). Estes “Tratos Descendentes” ou “Grandes Vias Motoras de Projeções Descendentes,” originam-se, portanto, do córtex cerebral motor ( Córtex Motor Primário ou Área 4 de Brodmann ) figs.: 8 e 39, cujos “terminais axônicos descendentes,” estabelecem sinapses com “neurônios motores ou interneurônios” e estes últimos, com neurônios motores, seja em nível do tronco encefálico, onde, também encontramos neurônios superiores, que, não se dirigem aos órgãos efetadores e, sim, aos “Neurônios Motores Inferiores” ou “Interneurônios” ou, então, em nível da medula espinhal. Os “Neurônios Motores Inferiores” e “Interneurônios” constituem o segundo grande componente dos “Sistemas Motores Descendentes”.A localização dos neurônios motores inferiores ou laterais, relaciona-se ao “Tronco encefálico” ou à “Medula espinhal”, sendo que, no Tronco encefálico, constituem as “Origens Reais dos Nervos Cranianos” ( Centros Segmentares do Tronco Encefálico ), em número de dez

( 10 ), dos quais, quatro são somatomotores, pertencentes à “Coluna Somatomotora do Tronco encefálico ( nervos: oculomotor, troclear, abducente e hipoglosso ) e cinco são “Branquiomotores”, pertencentes à “Coluna Branquiomotora” do “Tronco encefálico” ( nervos: trigêmeo, facial, glossofaríngeo, vago e acessório espinhal ).

Na “Medula espinhal”, localizam-se, nas pontas motoras anteriores e na zona intermédia, onde, também, encontramos as cadeias de interneurônios excitatórios ou inibitórios, onde estabelecem sinapses, através de seus axônios, com os músculos estriados somáticos dos membros superiores, membros inferiores e tronco.

Para a cabeça, todavia, tais neurônios e interneurônios localizam-se nos “Núcleos dos “Nervos Cranianos Motores ( fig.: 8 ) e nos “Núcleos da Formação Reticular” ( fig.: 12 ).

O terceiro e o quarto componentes, deste Sistema Motor Descendente, para os movimentos, são representados, respectivamente, pelos “Núcleos da Base” ( figs.: 20 e 21 ) e pelo “Cerebelo”, cujas ações se caracterizam, por significativa influência “reguladora e moduladora” sobre o componente motor, através de seus efeitos, sobre estas “Vias Descendentes Motoras”.

Os “Núcleos da Base,” exercem suas ações, sobre os comportamentos motores dos indivíduos, indiretamente, através de vias descendentes, que os conectam aos: “Núcleos Próprios do tronco encefálico,” ao “Complexo Olivar Bulbar Inferior”, à “Parte Reticulada da Substância Negra,” ao “Núcleo Sub-Talâmico,” estando suas funções mais significativas, em relação à realização dos movimentos, relacionadas à sua participação, em inúmeras e insubstituíveis estruturas anatômicas, conhecidas por “Alças Anatômicas”.

Estas “Alças”, como já ventilado, nos capítulos de “Cerebelo e de Núcleos da Base”, estruturam-se, segundo modelos morfo-funcionais, integrados aos Núcleos da Base, podendo, em última análise, apresentar dois tipos morfo-funcionais básicos de “Alças”: A primeira, “Alça Direta,” apresenta uma estruturação morfo-funcional ( fig.: 20 ), através da qual, por um processo, de “dupla inibição sucessiva” ou “Desinibição,” as projeções talamo-corticais são liberadas, resultando, deste mecanismo, “aumento significativo da ativação cortical, para a realização de eventos motores”. A segunda, “Alça Indireta” ( fig.: 21 ), apresenta estruturação morfo-funcional, entre seus respectivos neurônios formadores, que resultará, na diminuição do nível da ativação cortical, em virtude do aparecimento de um mecanismo inibitório das projeções talamo-corticais. Tais mecanismos podem ser facilmente entendidos, mediante a leitura comparativa do texto e observação dos diversos esquemas, que representam as “Alças: Límbicas, oculomotoras, motoresqueléticas, de associações I e de associações II.” ( Figs.: 32, 34, 35, 36 e 37 ).

Qualquer alteração morfo-funcional destas “alças anatômicas,” pode levar ao aparecimento de distúrbios dos movimentos, associados a problemas dos Núcleos da Base, de dois tipos: No primeiro tipo, poderemos encontrar ausência de movimentos ( acinesias ) associadas à hipertônias musculares e, num segundo tipo, poderemos constatar ao exame clínico, surgimento de movimentos anormais ( discinesias ) associados à flacidez muscular ( hipotônias ) ( figs.: 45, 46 e 47 ).

Ambas as alterações, em geral, levam ao aparecimento de doenças conhecidas por: “Doença de Parkinson Idiopática”, Coréia de Huntington, Atetoses e Hemibalismos ( figs.: 45, 46 e 47 ).

Assim, os “Núcleos da Base”, em síntese, auxiliam no controle dos padrões de movimentos musculares complexos, coordenando as intensidades relativas destes movimentos, através das referidas “Alças Anatômicas, paralelas” e, principalmente, “diretas”, que controlam os níveis de ativações corticais, encaminhados aos diversos movimentos, bem como, as respectivas direções de tais movimentos, seu seqüenciamento, quando múltiplos e sucessivos, para alcançar objetivos motores específicos ( figs.: 20, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 ).

O “Cerebelo” atua, indiretamente, sobre o comportamento motor, através de sua ação, sobre as vias descendentes, utilizando os núcleos: vermelho ( rubro ) e suas partes magnocelular e parvocelular, núcleos vestibulares, aparelho vestibular, núcleos da formação reticular, complexo olivar bulbar inferior ( figs.: 11, 17, 18, 27, 28, 29 e 30 ).

Em virtude de suas conexões, por um lado, recebendo sinais motores corticais, através do grande circuito: “córtico-ponto-cerebelo-denteado-tálamo-cortical” ( fig.: 22 ) e, por outro lado, recebendo estímulos sensoriais periféricos proprioceptivos inconscientes ascendentes ( fig.: 27 ), encontra-se capacitado para, instantaneamente, enviar sinais de correções de “movimentos inadequados e não compatíveis,” com os “Planos traçados nas áreas corticais”. Além do mais, o cerebelo, em virtude de sua citoarquitetura, colabora, decisivamente, , nos mecanismos morfo-funcionais de “sinais,” para “ligar” e “desligar sinais,” relacionados à excitação ou inibição, de músculos agonistas no seqüenciamento dos movimentos.

Assim, o cerebelo atua, nos mecanismos morfo-funcionais dos movimentos, exercendo sua ação, no comportamento dos movimentos, regulando-os e modulando-os, porém, “jamais, cria, qualquer movimento”.

## 5º) - O TRONCO ENCEFÁLICO E SUA PARTICIPAÇÃO NO CONTROLE DA FUNÇÃO MOTORA.

O “tronco encefálico,” ( também, conhecido por neuro-eixo ), anatômicamente, é formado pelo “bulbo”, em posição distal, “ponte”, em posição intermédia e mesencéfalo, em posição rostral ( figs.: 05, 12, 24 e 30 ).

Trata-se de uma estrutura encefálica, da maior importância funcional, pois, nela se encontram os diversos e inúmeros núcleos próprios do tronco encefálico, além de, ali, encontrarmos as origens reais de dez ( 10 ) dos chamados “nervos cranianos” ( ou centros segmentares do tronco encefálico ), responsáveis pela inervação da cabeça, face e pescoco.

Com todos estes inúmeros núcleos, em sua estrutura, o tronco encefálico se transforma, em uma região anatômica, da maior importância funcional, pois, possui os seus próprios “centros coordenadores de comando”, que exercem suas ações, através de diversas circuitárias especiais de controle, sobre os movimentos:

- Do “sistema respiratório.
- Do “sistema cardiovascular”
- Do “sistema gastro-intestinal”

- Relacionados ao controle do “equilíbrio” dos movimentos corporais.
- Movimentos oculares
- Movimentos Estereotipados do corpo
- Do ponto intermediário funcional de “ações do córtex cerebral, no controle dos movimentos relacionados ao início e modulação específica do tronco encefálico.

Para o estudo desta influência do tronco encefálico, necessitamos, preliminarmente, do conhecimento dos movimentos específicos, suas circuitárias e seus reflexos. Neste conjunto, de condições preliminares necessárias, não podemos nos esquecer, da importância dos “núcleos da formação reticular do tronco encefálico”, bem como, de seus “núcleos vestibulares”.

Em relação aos “núcleos da formação reticular do tronco encefálico”, este conjunto nuclear, é constituído por significativo número de núcleos, localizados no: tegmento mesencefálico, tegmento pontino e da medula oblonga ( fig.: 12 ).

Diversos “grupos de neurônios,” destes “núcleos da formação reticular,” são responsáveis pelo controle de “inúmeros movimentos estereotipados do corpo”, principalmente, aqueles movimentos, relacionados aos “movimentos do giro do tronco e da “cabeça” e dos “movimentos posturais dos membros superiores e inferiores”.

Seus “núcleos das regiões: mesencefálica e pontina”, constituem o principal centro que, associado ao “sistema nervoso central”, é responsável pelo controle global dos mecanismos de ativação cortical encefálica.

Por este motivo, a estimulação generalizada destas regiões: mesencefálica e pontina e relacionadas aos “núcleos da formação reticular” é, normalmente, responsável, pelo significado grau de “vigília” ( ou alerta cortical ) dos animais e pela manutenção dos “tônus musculares” dos diversos grupos musculares de todo o corpo.

Assim, os núcleos da formação reticular do tronco encefálico, sob o ponto de vista funcional, podem ser distribuídos em quatro ( 04 ) grupos, ou seja:

- Núcleos da formação reticular, associados à ativação do nível de consciência e, conseqüentemente, ao grau de alerta cortical ( ativação cortical ), ou seja: “Sistema Reticular Ativador Ascendente ( S.R.A.A. ), ( fig.: 12 ).
- Núcleos da formação reticular, de natureza motora, associados ao controle dos eventos motores somáticos ( músculos estriados ), através de conexões com os núcleos dos nervos cranianos e das colunas somatomotoras da medula espinhal ( figs. : 12, 17 e 30 ).
- Núcleos da formação reticular, relacionados à regulação de eventos viscerais motores ( visceromotor ) ou autônômicos, como o : “Centro cardiovascular”, “centro respiratório”, “centro vasomotor”, “centro do vômito”, “centro da tosse” e “centro do espirro”.
- Núcleos da formação reticular, relacionados à “modulação dos sinais nociceptivos ( via adrenérgica descendente analgésica” e “via descendente analgésica serotoninérgica peptidérgica opióide ).

Estendendo-se, portanto, das partes mais **rostrais** da **medula cervical** às **regiões diencefálicas distais**, os **núcleos** da **formação reticular** do **tronco encefálico**, **preenchem, todos os espaços, não ocupados** pelas **diversas estruturas** do **tronco encefálico**. Assim, participam de **funções** que incluem, desde o **controle** e **modulação** das **funções motoras somáticas**, ao **processamento** de **informações sensoriais**, **modulações** de **funções nervosas vegetativas** ( **autônômicas** ) e dos **mecanismos** de **ativação cortical**.

## **OS NÚCLEOS VESTIBULARES E O TRONCO ENCEFÁLICO**

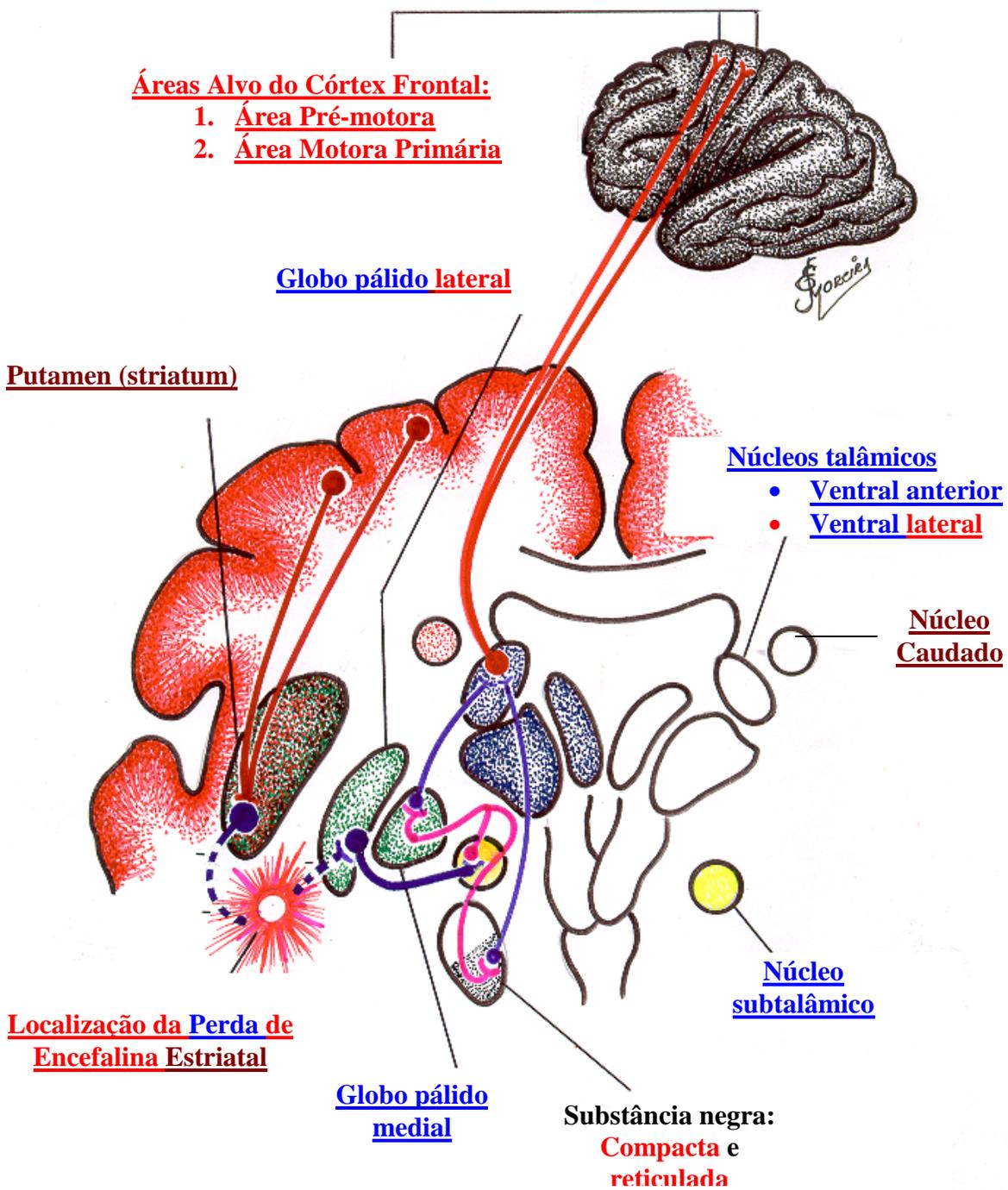
As “**vias ascendentes**” e **descendentes** do “**tronco encefálico**” e **oriundas** dos “**núcleos vestibulares**” ( **fig.: 30** ), **possuem colaterais** que se **dirigem**: à “**formação reticular motora bulbar, pontina, mesencefálica**”, **medular** e “**córtex cerebral**”.

Nos casos de “**vias** dos **núcleos vestibulares**”, que se **dirigem** de **núcleos** da **formação reticular** do **tronco encefálico**, dois **núcleos** desta **formação**, despontam na **recepção** destas **conexões**, ou seja: “**núcleo reticular pontino caudal**” e “**núcleo reticular magnocelular**” ( **fig.: 12** ). Ambos são considerados, pela maioria dos **pesquisadores**, como “**Centros coordenadores**” dos **movimentos oculógiros** ( **Centro reticular coordenador** dos **movimentos conjugados** de **lateralidade** que, **recebendo estímulos** dos **centros oculógiros** do **giro frontal médio** ( **segunda circunvolução frontal** ) e “**Centro oculógiro occipital**”, **ambas contralaterais, operacionaliza-os, retransmitindo-os**, por um lado, ao **complexo oculomotor** do **IIIº nervo craniano** ( ou **nervo oculomotor** ) **contralateral** e ao **VIº nervo craniano** ( **nervo abducente** ) **homolateral**, que **inervarão respectivamente**, os **músculos: reto medial contralateral**, e **reto lateral homolateral**, de **forma conjugada** e **associado** ao **movimento** da **cabeça** para o mesmo lado do **movimento conjugado** dos **globos oculares**, por **ação** da **raiz medular** do **nervo espinhal** ( **XIº nervo craniano** ), **sobre os músculos rotatórios** da **cabeça: trapézio** e **esternocleidomastóideo**.

Em relação às **conexões** dos “**núcleos vestibulares**” do “**tronco encefálico**” e o “**córtex cerebral**”, a **parte funcional** relacionada à **conscientização** dos **movimentos** e da **posição** da **cabeça** no **espaço**, por **vias aferenciais destes núcleos vestibulares**, **é assunto, não totalmente concluído**.

Há informações de peso e devidamente **comprovadas**, de que, uma “**via vestibular aferencial ascendente** do **encefálico**, **envolvendo axônios oriundos** dos **núcleos vestibulares lateral** e **superior, integra-se** ao **fascículo longitudinal medial** ( **fig.: 30** ), **homo** e **heterolateral** ), **envolvendo**, em seu **trajeto ascendente**, o **complexo oculomotor** do **IIIº nervo craniano** ( **nervo oculomotor** ) e o **IVº nervo craniano** ( **nervo troclear** ), bem como, o **núcleo intersticial de Cajal**, terminando nos **núcleos talâmicos: ventral póstero-lateral** e **ventral póstero-inferior** ( **figs.: 07 e 30** ).

Destes **núcleos talâmicos**, outros **axônios emergem**, conduzindo os **impulsos informativos vestibulares** ao **córtex cerebral** ( **área 3a.** de **Brodmann** ), próximo ao **córtex motor primário** ( **área 4** de **Brodmann** ) ( **figs.: 06 e 6.1** ). **As conexões**, entre **as citadas áreas**, **envolvem** a **modulação vestibular** da **função motora** no **nível cortical**.

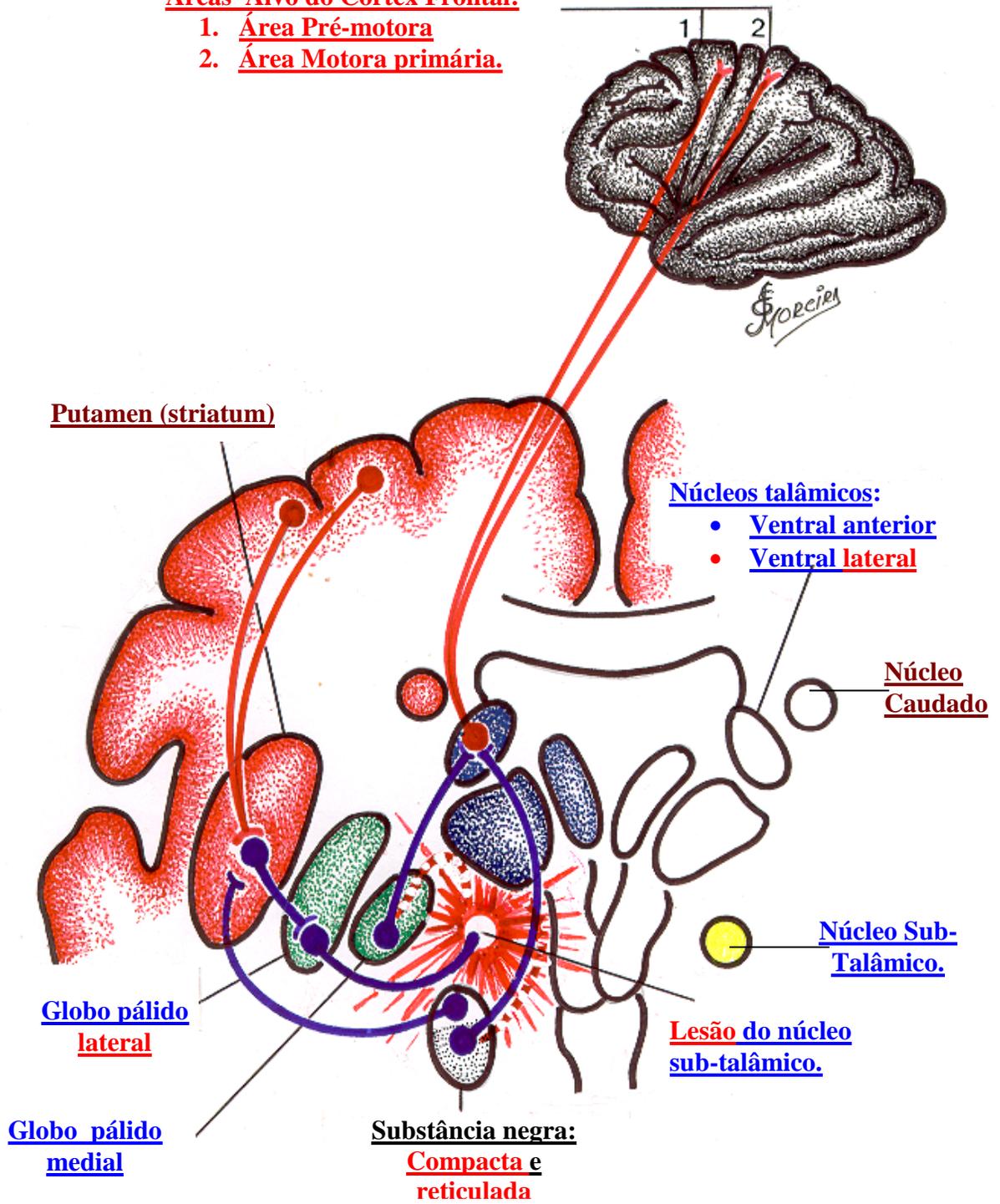


Desenho esquemático dos núcleos da base, assinalando a localização de perda de enkefalina estriatal, com diminuição da inibição sobre o globo pálido lateral ( Doença de Huntington )

**FIG.46**

Áreas Alvo do Córtex Frontal:

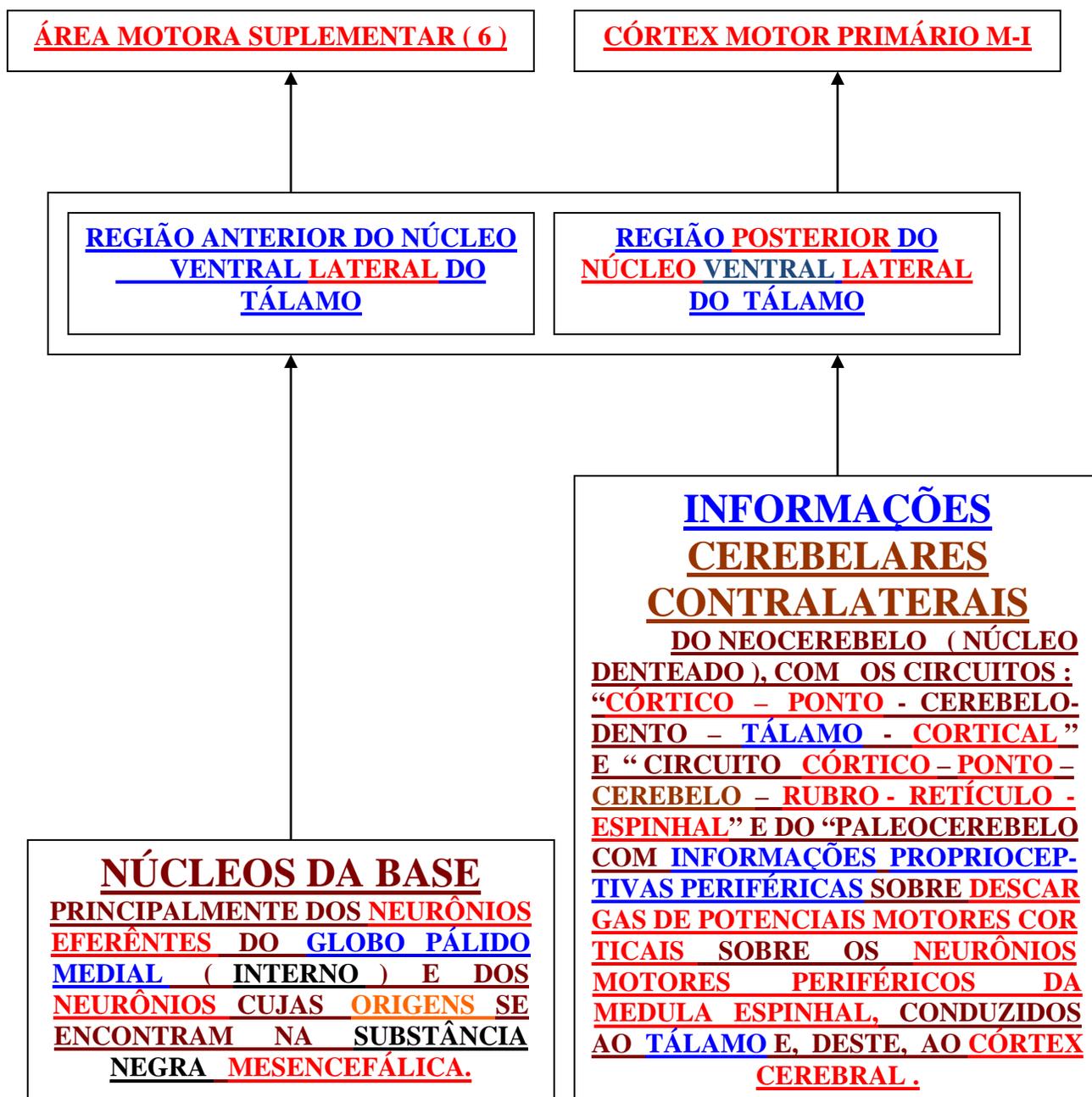
1. Área Pré-motora
2. Área Motora primária.



Desenho esquemático de conexões dos núcleos da base, assinalando a "Lesão do Núcleo Subtalâmico" (Hemibalismo)

**FIG.47**

**ORGANIZAÇÃO SOMATOTÓPICA DOS SEGMENTOS CORPORAIS ENTRE AS INFORMAÇÕES: CEREBELARES E DOS NÚCLEOS DA BASE, DIRIGIDAS AO NÚCLEO VENTRAL LATERAL DO TÁLAMO**



**FIG.: 48**

Outras informações ( ainda, não, totalmente, conclusivas ), sugerem a participação do “complexo posterior do tálamo”, como “retransmissor de impulsos vestibulares” para o “córtex cerebral”.

Além disso, o “sistema vestibular do tronco encefálico,” exerce grande domínio nos mecanismos de reflexos motores somáticos ( tronco e membros ), deflagrados por “centros reflexos do tronco encefálico” e do “cerebelo”. Informações mais significativas, sobre este tópico tratado: o “tronco encefálico, os núcleos vestibulares e o córtex motor”, poderão ser encontradas no “Volume Tronco encefálico: Sistema vestibulo-coclear e as fibras aferentes somáticas especiais”.

## **6º) - SÍNTESE DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE UM MOVIMENTO, SEU DESENVOLVIMENTO E AS ESTRUTURAS ANATÔMICAS RELACIONADAS: CÓRTEX MOTOR, NÚCLEOS DA BASE, TÁLAMO, TRONCO ENCEFÁLICO, CEREBELO, MEDULA ESPINHAL.**

Voluntariamente, ao pretendermos realizar um “simples movimento” ou um “conjunto de movimentos complexos”, necessitaremos, preliminarmente, estruturar o “planejamento dos mesmos”, pois, “este ou estes movimentos.” podem estar sendo realizados, pela primeira vez ou já são conhecidos e já foram, portanto, realizados em ocasiões anteriores.

Sabemos que, este “Planejamento motor”, o “primeiro “passo” de “uma série de inúmeros “passos” ( ou fases ), é estruturado, no “nível central do Sistema Nervoso”, nas áreas corticais motoras, conhecidas por: “Área ou córtex motor Suplementar, Córtex pré-motor e Área motora somatossensorial cortical Parietal Posterior ( figs.: 02, 04, 06, 6.1 e 10 ), áreas límbicas e occipital”.

Concluído o “planejamento do ato motor”, no nível cortical e envolvendo as “áreas corticais motoras e sensoriais necessárias”, passa-se ao período temporal de “Execução do Planejamento do Movimento elaborado”.

Assim, morfo-funcionalmente, passa-se a contar e a depende, inicialmente, da participação de duas grandes regiões motoras sub-corticais, que são: “O Tronco encefálico e a Medula espinhal”, capazes de gerar, segundo as necessidades fisiológicas, três modalidades de movimentos: Reflexos, Automáticos e Voluntários.

Posteriormente, necessitaremos, também, da associação insubstituível de três outras estruturas anatômicas do encéfalo, as quais, passam a funcionar, de forma associada, na regulação e modulação dos movimentos a serem realizados e, níveis de ativação cortical necessários ao estabelecimento do movimento. Estas estruturas anatômicas são: o “Cerebelo”, os “Núcleos da base” e o “Tálamo” ( figs.: 07, 24 e 25 ).

O “Cerebelo”, conforme já comentado, no texto recebe, continuamente, informações aferenciais, oriundas do “sistema nervoso central” ( áreas corticais motoras: Suplementar, pré-motora e área somatossensorial parietal posterior ), através do grande circuito: “Cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical”, contendo detalhes informativos ( fig.: 22 ) sobre o “programa de contrações musculares” ( ou “encéfalo”. Assim, o “cerebelo,” recebe, também, aferências sensoriais periféricas do corpo, através, principalmente, dos “Tratos: Espino-cerebelares dorsal ( direto ) e ventral ( cruzado, )” ( fig.: 27 ), ascendentes ao “cerebelo”, que lhe possibilitam, instantaneamente, prever as alterações seqüenciais, nas ações musculares, de cada parte do corpo, através das quais, capacita-se no “reconhecimento da posição destas partes anatômicas”, das “velocidades” com as quais, se movimentam”, além da “percepção da intensidade dos sinais motores”, que atuam, sobre tais “segmentos anatômicos”.

Como resultado deste grande leque informativo, o “cerebelo” estabelece, continuamente, um referendo comparativo, entre o “que foi planejado no nível cortical” e o que foi, realmente, “realizado periféricamente” ( figs.: 22 e 27 ).

Se, durante a realização do “referendo comparativo”, surgir qualquer inadequação, entre o “planejamento programado, no nível cortical” e “aquele movimento realizado”, o “Cerebelo” estará capacitado, em virtude de suas conexões aferenciais “centrais e periféricas”, acima mencionadas, para, instantaneamente, enviar os sinais de correção dos referidos movimentos inadequados, ao Sistema nervoso motor central, com o objetivo de fornecer as condições para: “aumentar ou diminuir” os níveis de ativação cortical, em associação com as funções dos “Núcleos da base”, a partir de suas “Alças anatômicas Diretas” e, quando necessário, das “alças anatômicas indiretas”, além da participação insubstituível do “Tálamo” ( figs.: 07, 24 e 25 ).

Assim, o “cerebelo” auxilia tanto na seqüência de atividades motoras, como em sua monitorização, realizando, quando necessário, ajustes corretivos nas atividades motoras, principalmente no controle de atividades motoras rápidas, auxiliando, na interação instantânea, entre as ações de músculos agonistas e antagonistas, em eventos motores.

No início da atividade motora voluntária cortical, estabelece-se uma “disseminação” dos “impulsos corticais” em direção à: “medula espinhal” ( tratos cortico-espinhais ), ao “tronco encefálico” ( núcleos segmentares e núcleos pontinos basais ) ( figs.: 08, 09 e 39 ) e em direção aos “núcleos da base”, estruturando-se, assim, na dependência da “fase”, em que se encontra o “movimento voluntário”, as conhecidas “Alças ou Circuitos Anatômicos”, a partir dos “núcleos da base”, que os ligam às diversas áreas específicas do lobo frontal, utilizando, em sua estruturação, dois tipos básicos, de “circuitos ou alças,” entre o córtex cerebral e os núcleos da base, conhecidas por: “Alças anatômicas Diretas e Alças Indiretas” ( figs.: 20 e 21 ).

A estruturação morfo-funcional da “Alça Direta”, resulta em um aumento do nível de ativação cortical, por um processo de “dupla inibição sucessiva”, portanto, uma desinibição das projeções tálamo-corticais ( fig.: 20 ).

Todavia, na estruturação da “Alça Indireta”, resultará na “diminuição do nível de ativação cortical”, em virtude do aparecimento de um mecanismo inibitório das projeções tálamo-corticais ( fig.: 21 ). Tais mecanismos podem ser facilmente entendidos, mediante a leitura comparativa do texto e observação das diversas figuras,

que representam as: “Alças límbicas, oculomotoras, motoresqueléticas, de associações 1, de associações 2 ( figs.: 20, 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 ).

Qualquer alteração morfo-funcional, destas “alças anatômicas”, pode levar ao aparecimento de distúrbios dos movimentos, associados a problemas dos “núcleos da base”, de dois tipos: No primeiro tipo, poderemos ter um distúrbio, com ausência de movimentos ( Acinesias ), associadas às “Hipertonias musculares” e, num segundo tipo de distúrbio ), poderemos constatar, ao exame clínico, aparecimento de movimentos anormais ( discinesias ), associados à flacidez muscular e hipotonias musculares ( figs.: 45, 46 e 47 ). Ambas as alterações, em geral, levam ao aparecimento de doenças conhecidas por: Doença de Parkinson, Coréia de Huntington, Hemisbalismo e Atetoses ( figs.: 45, 46 e 47 ).

Os “Núcleos da base,” ajudam a controlar padrões complexos de movimentos musculares, coordenando as “intensidades” relativas destes movimentos, através das conhecidas “Alças anatômicas paralelas”, principalmente as “Diretas” ( fig: 20 ).

Estas “alças” controlam os níveis de ativações corticais, encaminhados aos diversos movimentos, bem como, as respectivas direções de tais movimentos, seu seqüenciamento, quando múltiplos e sucessivos, para alcançar objetivos motores específicos.

Assim, o “cerebelo”, com sua participação, torna possível a correção de qualquer inadequação, entre: o “planejamento motor elaborado a nível cortical e o movimento, eventualmente realizado,” “corrigindo o desempenho e a coordenação dos movimentos”, cujos mecanismos morfo-funcionais, já foram, e ainda serão, novamente comentados, no desenvolvimento desta síntese.

Neste mecanismo, extremamente complexo, os “Núcleos da base” colaboram, através de suas conexões intrínsecas e extrínsecas, juntamente com o “Tálamo”, na coordenação, do estado de maior ou menor ativação cortical, modulando os movimentos, tanto nos processos morfo-funcionais de planejamento dos movimentos, como também, no controle, modulação e eventuais correções dos mesmos.

Com isso, tanto o “Cerebelo”, como os “Núcleos da base”, para o desenvolvimento de suas ações morfo-funcionais, dependem da presença, insubstituível, do “Tálamo” ( figs.: 07, 24 e 25 ), pois as “Alças anatômicas diretas e indiretas” passam, através de sinapses nos “Núcleos Talâmicos”, em seus mecanismos de maior ou menor ativação cortical, o que, também se verifica com os circuitos incluindo o “cerebelo” que, da mesma forma, necessita, de sinapses, nos núcleos talâmicos ( figs.: 07, 24 e 25 ). Conclui-se, pelo que foi explicitado que, o “Córtex cerebral”, os “Núcleos da base” e o próprio “Cerebelo”, tornar-se-iam inúteis, caso o “Tálamo, não existisse”.

O “Tálamo”, em virtude de sua situação anatômica, conexões aferenciais e eferenciais, participa, também, do “controle dos movimentos”, interligando morfo-funcionalmente, através de sinais adequados, o “Cerebelo”, o “Mesencéfalo” e “Áreas da parte inferior do Tronco encefálico,” ao Córtex cerebral e Núcleos da base”.

Neste sentido, voltamos a ênfatar : “Sem o Tálamo”, o córtex motor, os núcleos da base, o cerebelo, o tronco encefálico e a medula espinhal, seriam inúteis”, pois o “Tálamo”, representa, no contexto de suas inúmeras funções, a “principal estação retransmissora,” para a condução de sinais sensoriais, direcionados ao córtex cerebral, conexões com o sistema límbico e, no caso dos

“Movimentos”, a principal estação retransmissora de sinais de controle muscular, envolvendo as regiões anatômicas comentadas em epígrafe.

Neste caso, os “núcleos talâmicos” mais utilizados, em se tratando do ‘cerebelo’, é o “núcleo ventral lateral do tálamo”, também conhecido por “núcleo ventral intermédio lateral do tálamo” ( fig.: 07 ), enquanto, em se tratando dos “Núcleos da base”, o núcleo talâmico mais utilizado é o “núcleo ventral anterior ou núcleo ventral ântero-lateral do Tálamo ( fig.: 07 ).

Assim, ao realizarmos um movimento, ( que nunca fora, antes, realizado por nós ), deverão ocorrer os seguintes mecanismos morfo-funcionais de forma irregular e, provavelmente, com algumas imperfeições:

- O impulso motor dirigido ao “Cerebelo” no circuito: “Cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical” ( fig.: 28 ), para o início da contração dos músculos agonistas, o qual, associado aos impulsos motores oriundos do segundo circuito: “cortico-ponto-cerebelo-rúb-ro-retículo-espinhal” ( fig.: 28 ) que, associados realizam um “somatório de excitações motoras”, sobre os neurônios motores inferiores da medula espinhal. Em tais circunstância, todos os estímulos associados acima, realizam ações insuficientes e irregulares, pois, como foi comentado acima, tais movimentos nunca, antes, haviam sido realizados.
- Simultaneamente, o “grau de inibição dos músculos antagonistas”, para, este início de movimento, também, pelos mesmos motivos anteriores, ainda não é conhecido.
- O controle do tempo necessário às estimulações ( excitações ), para o início e término dos movimentos agonistas, também, é desconhecido pelos mesmos motivos.
- O grau de inibição dos músculos agonistas, pelos mesmos motivos expostos, também, é desconhecido.
- O grau de excitação dos músculos antagonistas, para suas contrações, também, é desconhecido.
- O tempo necessário, para a execução correta, destas diversas funções de movimentos, também, é desconhecido. Portanto, as seis funções necessárias, ao desempenho perfeito das ações musculares, num determinado movimento, realizado, pela primeira vez, pelo indivíduo são, na verdade, desconhecidas.

Entretanto, após a realização, em caráter repetitivo, do referido movimento ( exercícios ), este movimento ( ou conjunto de movimentos ), simples ou complexos, a pouco e pouco aperfeiçoam-se, chegando-se, ao ponto de, “realiza-los, com extrema perfeição morfo-funcional.”

As “Fibras Trepadeiras” ( figs.: 18 e 19 ), oriundas do “complexo olivar bulbar inferior contra-lateral”, que recebem, através do “trato tegmental central” ( ou feixe central da calota ( figs.: 18 e 19 ), impulsos : Corticais, dos Núcleos da base, do Núcleo rubro ( vermelho ), dos Núcleos da Formação Reticular pontinos e bulbares e da própria medula espinhal, e que, os conduz, simultaneamente, aos dendritos das células de Purkinje e às células dos núcleos centrais do cerebelo ( figs.: 18 e 19 ), em condições normais de repouso muscular, apresentam uma freqüência de disparos, em

torno de 01 disparo por segundo (1/s) de natureza eferente e, sempre que ocorram tais disparos, destas fibras trepadeiras, haverá despolarização de toda a árvore dendrítica da célula de Purkinje, com a duração de um segundo (01), levando à ativação dos canais de Ca<sup>++</sup>, extremamente sensíveis à voltagem das membranas dendríticas.

Com a ativação dos canais de Ca<sup>++</sup>, estabelece-se um “potencial de ação” na árvore dendrítica da célula de Purkinje que, para sua devida propagação, utiliza os mesmos “canais de Cálcio (Ca<sup>++</sup>)”, recentemente ativados e sensíveis à voltagem criada.

Neste mesmo intervalo de tempo, como foi comentado, a célula de Purkinje dispara durante 01 (um) segundo, com um potencial de ação de natureza eferente inicial, extremamente forte.

A despolarização da célula de Purkinje é significativa, complexa e atenuada, sendo esta despolarização atenuada, o prosseguimento da despolarização da árvore dendrítica da célula de Purkinje, provocando o aparecimento do mediador sódio (Na<sup>+</sup>), na região inicial do axônio da célula de Purkinje, sensível à voltagem do potencial ali existente (ação) mediada pelo sódio (Na<sup>+</sup>).

Em tais circunstâncias, quando uma pessoa realiza, pela primeira vez, um movimento novo, em geral o resultado morfo-funcional do “movimento realizado” é diferente do “movimento desejado e planejado a nível cortical central”. Isto porque, sendo pela primeira vez executado, tal movimento, associado às possibilidades, extremamente reais, de aparecimento de tais erros, as “Fibras trepadeiras”, objetivando corrigir os eventuais erros, passam a apresentar descargas mais frequentes ou mais reduzidas, de acordo com as necessidades que estarão relacionadas aos impulsos, conduzidos pelas “vias proprioceptivas ascendentes inconscientes” ao “cerebelo”, e também, pelas “vias eferenciais motoras corticais ao cerebelo (fig.: 22), podendo, inclusive, atingir uma frequência de quatro (04) descargas por segundo ou, pelo contrário, serem significativamente reduzidas.

Neste momento, as funções do “cerebelo” associam-se à medula espinhal e ao tronco encefálico, no controle do movimento postural e equilíbrio.

Assim, o “trato espino-cerebelar direto (dorsal)” (fig.: 27), juntamente com o trato cuneo-cerebelar terminam no vermis ( verme ) e nas zonas intermediárias, homolateralmente, conduzindo impulsos proprioceptivos inconscientes, oriundos dos fusos musculares, órgãos tendíneos de Golgi, grandes receptores cutâneos exteroceptivos e articulares, além de pouquíssima quantidade de outros receptores somáticos de todo o corpo. São sinais que alertam o “cerebelo,” sobre o estado momentâneo de contração muscular, grau de tensão dos referidos tendões, posição e velocidades de movimento das partes do corpo e as forças que atuam sobre sua superfície.

Todavia, os “tratos espino-cerebelares: direto (dorsal), ventral (cruzado) e Rostral”, através do “pedúnculo cerebelar superior” (fig.: 27), também se dirigem às mesmas regiões cerebelares ( verme e zona intermediária ), porém, para ambos os lados ( homolateral e heterolateral ), conduzindo, principalmente, impulsos de sinais motores, a serem conduzidos através dos neurônios inferiores ( ou laterais ) das pontas motoras medulares, aos diversos músculos e que ali chegam, provenientes do córtex cerebral motor e sensorial ( região parietal posterior ), conduzidos, através dos, ”tratos: corticoespinhal e rubroespinhal cruzado ( figs.: 08 e 09 ), além de “sinais de geradores

internos de padrões motores da medula espinhal". Por este motivo, as "vias cerebelares ventrais" são, também conhecidas por "Cópias das eferências de atividade motora das pontas anteriores da medula espinhal".

Tais variações de descargas das fibras trepadeiras, a longo prazo, levam ao aparecimento de alterações da sensibilidade das células de Purkinje, aos sinais oriundos das "Fibras Musgosas" ao cerebelo. Tais variações de descargas das Fibras trepadeiras, seja para maior ou para menor, criam uma situação de "somatórios de pequenas variações cumulativas das referidas descargas, tornando a célula de Purkinje mais sensível às descargas das fibras musgosas, retransmitidas pelas células granulares do cerebelo ( fig.: 29 ).

Tal situação, associada às constantes "informações cerebelares" oriundas das regiões aferenciais periféricas ( tratos espino-cerebelares ( fig.: 27 ), já comentados acima, bem como, das informações aferenciais centrais ao cerebelo, ( circuito: cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical e circuito : cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal ), criam as condições de aprendizado motor, com o objetivo de realizar o referido movimento ( ou movimentos ), exatamente iguais ou melhores do que seu planejamento no nível cortical ( figs.: 01, 22 e 27 ).

Neste momento, as Fibras trepadeiras tornam a descarregar como antes, ou seja, com uma frequência de disparos, de um ( 01 ) disparo por segundo, frequência esta, que caracterizaria o desaparecimento da necessidade de intervenção das fibras trepadeiras para corrigir os erros do movimento.

Portanto, o "movimento", em última análise, estabelece um padrão de estímulos, necessários aos mecanismos de ativação muscular inicial, para músculos agonistas ( excitação ), seguido, no devido tempo, do desaparecimento desta excitação muscular agonista, substituída, agora, por um mecanismo de inibição dos músculos agonistas e, simultaneamente, excitação dos músculos antagonistas.

No início do "movimento", o referido padrão inicia-se, isoladamente, com "excitação muscular agonista, com impulsos motores diretamente "cortico-espinhais" ou "cortico-nucleares", partindo, diretamente do "córtex motor frontal" e parte somatosensorial parietal posterior, dirigidos aos músculos agonistas, objetivando desencadear as "contrações iniciais do evento motor", sem a interferência do "cerebelo", neste primeiro instante.

Entretanto, simultaneamente, a estas "descargas corticais", direcionadas diretamente, através do "trato cortico-espinhal", aos "músculos agonistas", para o início do movimento, das mesmas "regiões corticais motoras frontal e parte somatosensorial parietal posterior", acima citadas, partem "impulsos motores descendentes", através do "grande circuito: cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical" que, em realidade, são "fibras musgosas," dirigidas ao "cerebelo", conduzindo os "mesmos impulsos motores aferenciais ao cerebelo", de origem central ( fig.: 22 ).

Destas "Fibras musgosas" de origem central, emergem, então, "colaterais," que "se dirigem aos núcleos profundos do cerebelo" ( denteado, interpósito e fastigial ), estabelecendo "sinapses com suas células".

Destes núcleos, imediatamente, partem fibras, com "impulsos excitatórios" em direção ao "sistema motor cortical", seja através de "sinapses no núcleo ventral anterior do tálamo" ou "núcleo ventral lateral do tálamo", e, também "neurônios" que, partindo destes "núcleos cerebelares profundos", segundo o caso, "dirigir-se-ão ao "núcleo neorrúbro" ou "paleorrúbro", localizados no "tronco encefálico, do lado

oposto”, dos quais, emergem “axônios com impulsos excitatórios,” dirigidos à “medula espinhal”, através do “trato rubro-retículo-espinhal cruzado”. ( fig.: 22 ), cuja principal ação, consiste na “concretização dos sinais excitatórios” num “movimento somatório”, para as necessárias “contrações musculares iniciais” que, como já foi comentado, “exacerbam os sinais motores, conduzidos, anteriormente e diretamente, aos músculos agonistas”, através do “trato corticoespinhal” ( fig.: 22 ).

Por este mecanismo, já se pode deduzir que, o “neocerebelo”, principalmente, na “zona lateral do hemisfério cerebelar”, além do “próprio hemisfério, em sua zona lateral”, necessita estar em “perfeitas condições morfo-funcionais”, pois, caso contrário, este “duplo mecanismo de estimulação motora ao neurônio motor periférico,” não se realizará ( fig.: 22 ), ou seja, caso o “cerebelo” apresente “problemas morfológicos ou funcionais”, este “duplo sinal motor excitatório, não estará “presente na estimulação dos músculos agonistas”, no “início do movimento”. ( fig.: 22 ).

Durante o “mecanismo normal de contração muscular agonista”, estas “ações ocorrerão,” até o momento do término das contrações musculares agonistas,” e que dariam, as changes necessárias, para que, o “início das ações musculares antagonistas, se verificassem”.

Para que possamos seguir os “mecanismos destas ações”, agora, de “excitações dos músculos antagonistas”, devemos recordar que, durante o “estudo das conexões aferentes e eferentes do “cerebelo”, bem como, do “estudo de suas conexões intrínsecas,” que, as “fibras musgosas”, ao atingirem o “cerebelo”, “não apenas “encaminham ramos colaterais excitatórios, para as células de seus núcleos profundos”, como também, “encaminham ramos colaterais para as células granulares do cerebelo” que, em última análise, “conduzirão estes estímulos excitatórios ( muito reduzidos )”, através de seus “axônios dicotômicos”, que “constituirão as fibras paralelas do cerebelo”, às “células de Purkinje”, criando nestas “células de Purkinje” um “potencial de ação pós sináptico único, dependente de sódio ( Na + )”, na “árvore dendrítica da célula de Purkinje”, as quais, entretanto, pouco depois, “sofrerão a ação inibitória das células em cesto”. Com tal mecanismo, os “impulsos, conduzidos pelas células de Purkinje” aos seus núcleos centrais”, desaparecerão ( fig.: 17 ).

Conforme é possível constatar, através do “estudo microscópico da citoarquitetura do cerebelo”, a “quantidade de células granulares ( as menores células do sistema nervoso )” é, extremamente significativa, sendo calculado na proporção de “500 a 1.000 células granulares, para cada célula de Purkinje”. Entretanto, por “serem, os axônios destas células granulares muito curtos e pobres em mielina”, os sinais, por elas conduzidos são, também, pelos mesmos motivos, “pouco significantes”, o que determina, a “necessidade de, incontável número de impulsos”, para que se “complete os níveis excitatórios necessários e suficientes para as devidas estimulações das células de Purkinje”. Neste montante de inúmeras sinapses de “impulso excitatórios, significativamente, reduzidos”, gasta-se um tempo mais prolongado,” para que, “se consiga a total excitação das referidas células de Purkinje”. Porém, quando finalmente, tal “excitação se concretiza”, as “células em cesto” e as “células estreladas”, ambas inibitórias, “imediatamente envolvidas, em torno do soma das células de Purkinje, exercem “suas respectivas ações inibitórias”, tornando as “células de Purkinje”, sem ação sobre as “células dos núcleos profundos do cerebelo” ( fig.: 30 ). Em tais circunstâncias, estabelece-se o “desligamento” das “células de Purkinje,” para os “músculos agonistas”.

“Desligados os músculos agonistas”, como visto acima, surge o momento de se apresentarem, os “mecanismos morfo-funcionais”, da mesma forma, “para os músculos antagonistas”. Entretanto, tais estudos, no momento atual, são, fundamentalmente, especulativos, porém, “alguns mecanismos,” já se encontram conhecidos, aguardando “novos estudos e conhecimentos”, para que se possa concluir os “mecanismos completos, em relação aos músculos antagonistas”.

Já é do conhecimento geral que, na “medula espinhal”, em todos os seus níveis, encontramos “cadeias de neurônios agonistas e antagonistas para todos os músculos, que participem de todos os movimentos, que possam ser iniciados a partir da medula espinhal”.

Conhecemos a extraordinária “rede de interneurônios excitatórios e inibitórios” ( figs.: 02 e 03 ), “que se encontram, permanentemente, interligados aos tratos cortico-espinhais ( cruzado e direto )”, bem como, aos “neurônios motores das pontas motoras medulares espinhais”, importantes na “inervação dos músculos axiais e proximais dos membros superiores e inferiores” e relacionados às “vias supra-espinhais ( ou extra-piramidais )”, onde encontramos os “tratos: vestibuloespinhal, retículo espinhal, tetoespinhal, rubroespinhal e olivo espinhal” ( fig.: 01, 11, 12, 13, 14, 15 e 30 ), todos eles “participantes do sistema motor lateral e medial do tronco encefálico” ( fig.: 01 ).

Além disso, há grande número de “células cerebelares”, cujo estudo é, ainda, incipiente, sendo “todas elas inibitórias” e cujas ações completas são, ainda, parcialmente conhecidas, podendo estar presentes nos, “mecanismos morfo-funcionais de excitação ou de inibição das ações dos músculos antagonistas”, em suas “condições funcionais alternativas e excitações e de inibições, para a realização de seus respectivos movimentos”.

Em conclusão, através do desenvolvimento do texto presente, observamos que: no Planejamento, Desenvolvimento e Controle dos Movimentos, participam as seguintes estruturas e regiões anatômicas do Sistema nervoso central:

- Córtex cerebral, incluindo o córtex motor suplementar, o córtex pré-motor, somatosensorial e parte do sistema límbico.
- Núcleos da base, na estruturação das diversas alças anatômicas: Diretas, Indiretas, relacionadas ao sistema límbico, áreas oculomotoras frontais, músculos esqueléticos e áreas de associações corticais.
- Tálamo. Com sua importante função relacionada aos níveis de maior ou menor ativação do córtex motor, em relação às necessidades de sinais motores a serem dirigidos aos músculos agonistas e antagonistas, em associação aos núcleos da base.
- Cerebelo e suas insubstituíveis funções, relacionadas ao início dos eventos motores, respectivos desenvolvimentos, plasticidade, equilíbrio, postura, correção de possíveis erros motores e aprendizado motor.
- Tronco encefálico, com a presença insubstituível dos núcleos próprios do tronco encefálico, dentre os quais, se sobressaem: o colículo superior, o núcleo vermelho ( paleorrúbro e neorrúbro ), os núcleos da formação reticular ( pontinos e bulbares ) sensoriais e motores, o complexo olivar bulbar inferior ( origem das importantes fibras trepadeiras ), os núcleos vestibulares,

que colaboram no controle dos movimentos e os diversos tratos e fascículos que constituem.

- Medula espinhal. Através de suas cadeias de interneurônios excitatórios e inibitórios e colunas motoras das pontas motoras da medula espinhal, a origem do sistema nervoso periférico medular.

## 7º) - CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE O CÓRTEX CEREBRAL E A PLANIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS EM INDIVÍDUOS DESTROS E CANHOTOS.

A “análise dos movimentos” de “um ou de vários objetos no espaço tridimensional”, seu acompanhamento visuoespacial, para detalhar seus deslocamentos espaciais progressivos, bem como, os detalhes de suas “formas e cores”, são realizadas, no nível do telencéfalo direito, tanto para indivíduos “destros”, como para os indivíduos “canhotos” ou “ambidestros”.

É este telencéfalo direito especializado para as “operacionalizações” de “Planificação dos Movimentos”, relacionados às “informações visuoespaciais”. D’áí, a importância da “Via Dorsal visual primária occipital ( área occipital visual primária de Brodmann, que fornece as informações visuoespaciais, encaminhadas às áreas 18 e 19 secundárias visuais, das quais, se origina a referida “Via Visual Dorsal Primária Occipital”, com destino ao lobo parietal posterior motor ( figs.: 33, 38 e 39 ).

Desse “lobo parietal somatossensorial posterior”, as informações visuoespaciais serão encaminhadas ao “trato corticoespinhal”, simultaneamente, à chegada a esse mesmo trato corticoespinhal, de informações visuoespaciais relacionadas à forma e cores do ( ou dos ) objetos, através da segunda “via visual, com origem, no lobo occipital ( área 17 ), conduzidas, preliminarmente, às áreas secundárias 18 e 19 e, finalmente, através da “via visual primária ventral”, que se dirige ao lobo temporal, giro medial ( L.T.M. ) ( figs.: 33, 38 e 39 ).

De posse dessas informações, conduzidas e elaboradas, através de seu “hemisfério direito” ( ou telencéfalo direito ), haverá a necessidade de “planejar o desenvolvimento das ações”, na unidade de tempo milesimal de segundos e como será realizado o eventual movimento ou ação. Isto será realizado, pelo “hemisfério cerebral direito”.

Portanto, em qualquer circunstância, o “telencéfalo direito” ( ou cérebro direito ) é o responsável pelo “Processo de Planificação dos Movimentos” ( seja o indivíduo “destro” ou “canhoto” ).

Entretanto, os músculos, que determinam os movimentos dos membros superiores ou membros inferiores à esquerda ou à direita, são comandados pelo “córtex motor do hemisfério contralateral”. Assim, os membros superiores ou

inferiores, do lado esquerdo, são inervados por axônios, cujos corpos neuronais motores centrais encontram-se no córtex do lado oposto ( lado direito e vice-versa ).

Então, observa-se que, no exemplo citado acima, ( movimentos do membro superior ou inferior do lado esquerdo ), se o indivíduo é “destro”, utilizará o membro superior direito. Nesse caso, o “Plano do movimento” foi realizado, como em qualquer situação, no hemisfério cerebral direito. Entretanto, como se trata de movimentos, que serão realizados, pelo membro superior direito do indivíduo, haverá a “transferência, desse plano de ação motora para o hemisfério cortical motor esquerdo, este sim, será responsável pelo desencadeamento das necessárias descargas corticais de potenciais de ação, a serem dirigidas aos músculos do lado direito ( membro superior ou inferior do lado direito ) que, finalmente, movimentarão o membro superior ou inferior direito.

Todavia, caso o indivíduo seja “canhoto”, seu plano, para a realização dos movimentos, será elaborado, também, no nível do “hemisfério direito”, como em qualquer circunstância, seja ele “destro” ou “canhoto”. Porém, mesmo sendo o indivíduo “canhoto”, o “Plano dos Movimentos,” será elaborado, em seu “Hemisfério cortical Direito” e, nesse mesmo lado direito, permanecerá, pois, sendo ele “canhoto” ( usará o membro superior esquerdo ), recebendo, os impulsos motores, para os movimentos de seu membro superior esquerdo, diretamente, do hemisfério direito.

Portanto, os indivíduos “canhotos”, ( em relação ao plano motor dos movimentos, no espaço tridimensional e ligados, especialmente, às informações visuoespaciais dos objetos, seu acompanhamento visual, sua trajetória no espaço, sua forma e cores ), essa planificação, será realizada no hemisfério cerebral direito.

Nesse caso, não haverá necessidade de, transferências de “planos de movimentos,” de um telencéfalo, para o outro telencéfalo contralateral. Tudo permanecerá do mesmo lado e, no caso, o lado direito. Isto, é claro, por ser o indivíduo, em julgo, “canhoto”.

Por este motivo, os “atletas canhotos,” apresentam o “plano motor”, de seus exercícios ou jogos, no hemisfério direito, bem como, a origem dos estímulos corticais ( descargas de potenciais de ações corticais ), também, do lado direito. Com isso, esses atletas ganham, em relação ao tempo milesimal de segundos, em relação aos Atletas destros, pois, não houve necessidade de transferências de Planos de movimentos, de um hemisfério cerebral, para outro.

Tudo isso se torna mais significativo, quando são estudadas as “vias visuais ventral e dorsal”, que se dirigem aos lobos: parietal posterior e temporal ( figs.: 33, 38 e 39 ), com estímulos visuais occipitais, relacionados ao acompanhamento visuoespacial dos objetos, em relação ao meio ambiente e espaço peripessoal do atleta, no caso.

Em relação ao lobo temporal, a “área visual temporal média,” localiza-se na superfície lateral do hemisfério cerebral, em região cortical anterior à área visual secundária 19 de Brodmann e entre os limites dos lobos occipital e temporal ( figs.: 33, 38 e 39 ).

Nessa “área visual temporal média ( A.T.M. )”, encontramos, também, partes da área 19 cortical de Brodmann. A “área visual temporal média” se torna importante para a localização dos “movimentos dos objetos”, em relação à sua “forma e cores” ( áreas occipitais secundárias visuais 18 e 19 ).

Por outro lado, a “área visual temporal inferior ( A.T.I. )”, também, localizada na superfície lateral do hemisfério cerebral, é importante, sob o ponto de vista visual, por estar relacionada às “áreas de Brodmann: 20 e 21”, bem como, também, relacionada, póstero-superiormente, à “área 7 de Brodmann”.

Em relação ao lobo parietal, a “área do córtex motor parietal posterior,” corresponde às “áreas: 5 e 7 de Brodmann”, em seu limite posterior, com a área 19 de Brodmann ( córtex occipital secundário ). Dessas duas áreas, a “área 5 ( parietal posterior )”, localizada, logo após a área somatossensorial primária ( S-I ) é a “área responsável pelos mecanismos de associação do “tato” aos movimentos, enquanto a “área cortical 7 parietal posterior”, também, participa da “localização dos objetos, em movimento, no campo visual”. Em tal situação, a “Via visual cortical dorsal”, é da maior importância.

Finalmente, outra “área cortical visual” está relacionada à parte da “área cortical 8 de Brodmann do lobo frontal” ( campos visuais frontais ), localizada, ventralmente, à “área motora frontal” ( fig.: 06 ).

Esta “área 8”, é da maior importância, na “coordenação e controle, dos movimentos conjugados de lateralidade e de verticalidade dos globos oculares” e seu acompanhamento, nos “movimentos dos objetos”, em seus respectivos percursos espaciais.

## 8º) – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CONTROLE MOTOR PELO CÓRTEX CEREBRAL E A IMPORTÂNCIA FUNCIONAL DA PARTICIPAÇÃO DO CEREBELO, NÚCLEOS DA BASE, TÁLAMO, TRONCO ENCEFÁLICO E MEDULA ESPINHAL.

Sabemos que, o “córtex motor,” é uma estrutura anatômica da maior importância e insubstituível, na “realização dos movimentos. Entretanto, a despeito de toda esta importância, este “córtex motor, não é o “iniciador primário dos planos de movimentos” e a respectiva “execução, destes movimentos voluntários” ( fig.: 01 ).

Na realidade, o “córtex motor cerebral,” representa a “fase final” das “conexões morfo-funcionais preliminares”, que darão origem, ao desejado “processo do movimento”, ou seja, das “contrações musculares,” a partir de “estímulos conduzidos pelos neurônios motores laterais ou inferiores”.

As origens dos “mecanismos morfo-funcionais” que, na realidade, “iniciam os movimentos”, encontram-se distribuídas, em “diversas regiões do córtex cerebral”, sendo, da maior importância, “determinadas áreas do lobo frontal”, do “lobo parietal posterior”, do “córtex auditivo”, do “córtex do lobo temporal” e do “lobo occipital” ( figs.: 04, 05, 24, 25 e 39 ).

Os trabalhos de investigações científicas a este respeito, foram iniciados por Gray Walter, e mais tarde, continuados por Kornhuber, culminando com a descoberta de que, nos “processos morfo-funcionais dos movimentos, preliminarmente, haveria a criação de “potenciais negativos” e de elevações lentas, entremeados com “pequenos potenciais positivos”, condição esta, que foi denominada, pelos referidos pesquisadores: “Potencial de Prontidão”.

Este “potencial de prontidão,” é representado por “padrões complexos de descargas neuronais corticais”, projetadas sobre as “células piramidais do córtex motor”, excitando-as para “descarregar”, produzindo, assim, mediante estas” descargas de potenciais”, “ondas”, que precedem o aparecimento do ( ou dos ) “movimentos”, num tempo de duração médio de 0.8 décimos de segundos, antes do “início do movimento desejado”, propriamente dito ( fig.: 01 ).

Estas áreas corticais, encontram-se relacionadas ao surgimento, neste período de tempo fracionário preliminar, aos movimentos desejados e intimamente relacionadas à estruturação, das chamadas “alças anatômicas diretas”, principalmente, as seguintes: alças límbicas, alças oculomotoras, alças de associações 1 e 2 e alças motoresqueléticas ( as alças anatômicas mais conhecidas até o presente momento, figs.: 20, 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 e 43 ).

Neste processo de observação experimental, realizado pelos referidos pesquisadores, em ratos de laboratório, imediatamente após o tempo “0” ( zero ), marcados nos registros computados, surgem grandes “ondas”, provocadas, agora, pelos “potenciais ativos dos músculos, envolvidos nos referidos “movimentos”.

Com esta resumida estrutura técnica experimental dos autores já citados, agora, acrescidos, pelos pesquisadores Deecke, I., e Kornhuber, H.H., temos, pelo menos, parcialmente, uma resposta à questão sempre presente: “ Como pode, a vontade ou desejo de realizar um ou vários movimentos, envolvendo diversos grupos musculares, colocar em ação, a complexa série de mecanismos morfo-funcionais que, por sua vez, produzirão as “descargas de potenciais de ação” das “células piramidais do córtex cerebral” ?

Portanto, provavelmente, no transcurso do “Potencial de Prontidão”, verifica-se o desenvolvimento específico de descargas de padrões de impulsos, sobre os “neurônios piramidais” e, conseqüentemente, a ativação destes neurônios piramidais, gerando, ao final, a fase terminal das conexões circuitárias morfo-funcionais, ou seja, o “aparecimento do ( ou dos ) movimentos desejados. ( fig.: 39 ).

Uma outra condição neurofisiológica, neste sentido, relaciona-se, ao que se observa, quando é estimulada a pele de revestimento de um ou mais músculos envolvidos, em um movimento ( fig.: 49 ).

Estas estimulações aferenciais ascendem ao tálamo e, finalmente, ao córtex motor, terminando com a estimulação das células piramidais, ou seja, exatamente aquelas células piramidais, que inervarão os músculos revestidos pela “pele” da região utilizada e envolvida com o movimento. Tais fibras de projeções ascendentes aferenciais, são conhecidas por “Fibras Ia”. ( fig.: 49 ).

Em suas projeções, estas fibras ascendentes aferenciais ( sensoriais ), fornecem informações essenciais ao córtex motor cerebral, sobre os processos de movimentos, que o córtex motor irá iniciar, num tempo, com duração média de, aproximadamente, 0.2 décimos de segundos, antes da real execução do movimento desejado.

Landgren, Oscarsson e Col., descobriram, em suas pesquisas e envolvidas com o mesmo problema, que o grupo de “fibras Ia” afereciais ao córtex cerebral ascendem, através de vias multissinápticas, fornecendo importantes informações ao córtex cerebral motor, relacionadas ao movimento e posicionamento dos respectivos membros ( figs.: 27 e 29 ).

Com estas informações, tais “fibras Ia” indicariam ao córtex cerebral, o processo de movimento, que foi programado pelo próprio cérebro. É claro que, além destas informações das “fibras Ia”, temos todo o conjunto de outras informações afereciais ao córtex, oriundas dos membros ( figs. 27 e 29 ).

Estas descobertas foram, mais tarde, confirmadas por Mathews e Col., adiantando, os referidos pesquisadores que, neste caso, se trata de um processo de “retro-alimentação” ao “córtex motor cerebral,” fornecida pelo referido grupo de “fibras Ia” ( fig.: 49 ).

Situações neurofuncionais semelhantes e relacionadas às informações afereciais ao córtex cerebral, a partir de determinados órgãos receptores periféricos, ocorrem, também, em “relação à audição e à visão,” que são informações, que determinam sensações auditivas e visuais imediatas ( figs.: 13, 14 e 15 ).

Entretanto, os receptores periféricos, além de suas informações afereciais específicas conhecidas, também, nos passam algumas sensações não reconhecidas e, por isto, menos intensas. Isto ocorre, por exemplo, em relação aos receptores do sistema vestibular da orelha interna, os quais, nos fornecem uma sensação de direção e de orientação de nossa posição. Isto porque, os receptores vestibulares, encaminham sinais para nossa consciência ( fig.: 30 ).

Este fenômeno, é comparável ao que acontece, com os receptores e “fibras Ia” afereciais aos músculos ( fig.: 49 ).

Esta sensação de “poder” ou de “aumento da força,” é o mesmo fenômeno observado, quando colocamos um objeto na, palma da mão de um bebê, que o segurará, com “tanta força” que, será difícil para solta-lo.

Da mesma forma, este detalhe de “fibras Ia,” para o córtex cerebral, explica o que ocorre, quando um atleta, no último passo que dará, para pular grande altura, umentará a compressão, sobre a pele de revestimento de sua região da planta do pé, gerando este acréscimo de estimulação ( feed-back ), a partir daquela região cutânea.

A mesma explicação, poderá ser utilizada para o entendimento do aumento de força, em um simples aperto de mãos ( fig.: 49 ).

Trata-se de um circuito aferecial exteroceptivo de auto-estimulação, com um controle de retro-alimentação positiva ( fig.: 49 ).

Então, na fase inicial de um movimento e antecedendo-o, já necessitamos da presença do cerebelo, principalmente, de seu “cérebro-cerebelo”( figs.: 22, 28, 29 e 31 ).

As “vias eferentes do cerebelo”, portanto, “vias de saída do cerebelo,” originam-se de seus núcleos profundos cerebelares ( figs.: 27, 28, 29 e 30 ).

Estando o cerebelo em repouso, conforme já foi comentado, seus núcleos cerebelares, apresentam uma frequência de descargas de potenciais de ação, entre 20 e 30 descargas de potenciais por segundo.

A partir deste “repouso funcional cerebelar”, toda e qualquer modificação destas descargas de potenciais de ação, significará a existência de “sinais

cerebelares”, para a modulação de atividade motora do cerebelo e do próprio córtex motor cerebral.

Entretanto, cada uma das três regiões funcionais do cerebelo: ( cérebro-cerebelo ou neocerebelo, espino-cerebelo ou paleocerebelo e vestíbulo-cerebelo ou arquicerebelo ), Influenciará, especificamente e independentemente, uma modalidade funcional e específica de ação ( figs.: 27, 28 e 30 ). Estas regiões funcionais do cerebelo, acima citadas, participam, portanto, de forma extremamente específica, em cada fase do evento motor desejado.

Assim, o “cérebro-cerebelo” ( ou neocerebelo ), encontra-se envolvido com o planejamento e desencadeamento das ações motoras. Os “eferentes”, que constituem suas fibras, são oriundos de seu núcleo profundo ( núcleo denteado ). São as únicas fibras eferentes do cerebelo, propriamente dito, para esta região do cerebelo. Estas fibras eferentes, encaminham-se para a parte posterior do núcleo ventral lateral do tálamo e, d’áí, para as áreas motoras corticais ( figs.: 25, 28, 29 e 31 ).

Por outro lado, o “paleo-cerebelo ( ou espino-cerebelo ), relaciona-se, funcionalmente, com a execução e coordenação do evento motor. As fibras eferentes deste paleocerebelo ( ou espino-cerebelo ), emergem dos núcleos: globoso e emboliforme, projetando-se, a seguir, para o núcleo ventral lateral do tálamo e, deste núcleo, através de outros neurônios, para as áreas motoras corticais, bem como, para o núcleo paleo-rúbro mesencefálico ( figs.: 25, 27 e 29 ).

Finalmente, o “vestíbulo-cerebelo ( ou arquicerebelo ), envolve-se com o movimento, durante toda a fase de execução do mesmo, mantendo e ajustando o equilíbrio e a postura corporal. Neste mecanismo morfo-funcional, suas fibras eferentes apresentam suas origens no núcleo fastigial ( ou fastígio ) ou, então, constituem fibras diretas das células de Purkinje ( axônios ) do córtex vestibulo-cerebelar ( fig.: 30 ).

As fibras eferentes do arquicerebelo, projetam-se tanto em direção aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, como para os núcleos motores da formação reticular do tronco encefálico ( figs.: 12 e 30 ).

Em realidade, como já comentado, o córtex cerebral, não é o responsável pela fase inicial do planejamento e execução do movimento. Este córtex motor, apenas começará a agir ( ação motora ), após o desencadeamento de diversos mecanismos morfo-funcionais, envolvendo, diversas ações corticais. É claro que, o córtex motor cerebral, é da maior importância e insubstituível na, realização dos movimentos. Todavia, não é o desencadeador do movimento voluntário, desde sua planificação. ( fig.: 01 ).

Na realidade, segundo provas, significativamente convincentes, o cerebelo através de sua “região cérebro-cerebelar” é que, de fato, inicia a resposta motora, pois, a frequência de descargas de potenciais de ações, dos núcleos cerebelares ( numa frequência de 20 a 30 descargas por segundo ), estando o cerebelo em repouso, sem qualquer variação da mesma, não teremos qualquer sinal cerebelar para agir. Porém, caso haja qualquer variação desta frequência de descargas de potenciais de ação, surgirão os referidos “sinais cerebelares,” para modulação da atividade motora e, neste caso, o “núcleo profundo cerebelar”, responsável pelo fornecimento dos neurônios e axônios, que deflagrarão o “início do planejamento motor” e o conseqüente desencadeamento da ação motora, será o “núcleo denteado” do cérebro-cerebelo ( figs.: 28 e 31 ).

No caso dos movimentos voluntários, o “desejo ou a vontade” de realizar um evento motor, é a condição “límbica” necessária, para o surgimento das “Alças anatômicas límbicas”. Estas “alças anatômicas diretas” encontram-se, significativamente, envolvidas com o perfeito funcionamento dos “Núcleos da Base”. Tais “Alças”, representarão o “sinal límbico”, encaminhado ao cérebro-cerebelo ( ou neocerebelo ), em cujo núcleo profundo ( núcleo denteado ), temos as fibras eferentes nucleares e respectivos axônios, direcionados, principalmente, ao “Tálamo” e, d’alí, ao córtex cerebral.

Neste ponto, estará sendo comunicado ao córtex motor, que haverá, um evento motor, quase instantaneamente ( figs.: 28 e 31 ).

Portanto, o “cérebro-cerebelo” é, de fato, o iniciador da resposta motora. Após este desencadeamento de ações, haverá o desenvolvimento do movimento propriamente dito.

Nesta ocasião, com a preliminar formação das alças anatômicas necessárias ( límbicas, oculomotoras, de associações, motoresqueléticas ), o “Sistema cortico-espinhal” realizara a condução das descargas motoras ( figs.: 08 e 09 ) descendentes, através das “alças motoresqueléticas ( figs.: 37 e 39 ). Tudo isto acontece, num tempo médio, com a duração de 0.8 décimos de segundos, após a total preparação do plano motor do movimento, no nível cortical ( figs.: 20, 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 ).

O conjunto destas manifestações morfo-funcionais do evento motor ( movimento ou movimentos ), ocorre, portanto, preliminarmente ao “desenvolvimento ou execução” do movimento propriamente dito, ou seja, antes das descargas dos neurônios motores laterais e conseqüentes contrações musculares. ( fig.: 01 ).

Neste sentido, as modificações dos “padrões de descargas de potenciais de ação” dos neurônios dos núcleos cerebelares ( emboliforme e globoso ), encontram-se em seus mais elevados níveis e em simultaneidade com o início das contrações musculares. Semelhante situação, perdurará, até o término do evento motor ( fig.: 27 ).

Portanto, enfatizamos, o conjunto destas manifestações morfo-funcionais corticais, que ocorrem, preliminarmente, à execução do eventual movimento, é de localização, apenas cortical e, cujo conjunto total, é conhecido, neurofisiologicamente, por “Plano cortical do movimento”( fig.: 01 ).

Este planejamento cortical, ocorre, conforme já ventilado, em torno de aproximadamente, 0.8 décimos de segundos, antes da execução concreta do movimento propriamente dito, o qual, estará, agora, depois das “descargas preparatórias,” de alguns neurônios piramidais corticais ( Potencial de Prontidão ), na dependência de outras descargas de potenciais de ações, desta feita, a partir de neurônios motores laterais ( ou inferiores ), responsáveis pelas contrações musculares envolvidas na realização do movimento desejado e em foco ( figs.: 08 e 09 ).

O “Período ou fase de Execução” do movimento desencadeado imediatamente, após, consistirá, evidentemente, conforme já foi ventilado, em um conjunto organizado de contrações musculares do segmento ( ou segmentos ) do corpo, envolvidos com o referido movimento e, no caso, de qualquer segmento anatômico, como por exemplo, surgimento de novos “sinais aferenciais ascendentes”, informando sobre as mudanças dos pontos de ação da força da gravidade, com modificações do equilíbrio e da postura ( fig.: 27 ).

Estas fibras aferenciais ascendentes, em virtude de seu significativo revestimento mielinico e, por isto, possuidoras de grande velocidade de condução de

impulsos, conduzirão estes impulsos aferenciais, em sua maior parte, para o cerebelo, através dos tratos: espinocerebelar direto, espinocerebelar cruzado, cuneocerebelar espinocerebelar rostral ( todos eles conhecidos, em relação ao cerebelo, como “Fibras Musgosas,” do cerebelo ( fig.: 27 ), projetando-se, em direção ao espino-cerebelo ( ou paleo-cerebelo ) e respectivos núcleos profundos ( emboliforme e globoso ) ( fig.: 27 ).

Com esta ativação aferencial ascendente, os neurônios dos referidos núcleos cerebelares ( emboliforme e globoso ) serão ativados e encaminhados, seus resultados computadorizados, pois, estes núcleos cerebelares estão recebendo, também, axônios das células de Purkinje do córtex cerebelar, em duas direções:

Por um lado, seus axônios, dirigir-se-ão ao núcleo talâmico ventral lateral e, deste núcleo, novos axônios, serão encaminhados ao córtex motor primário (M-I) e ao córtex pré-motor ( fig.: 27 ).

Por outro lado, os axônios dos núcleos: emboliforme e globoso assumirão a direção do núcleo paleo-rrúbro ( núcleo vermelho ) contralateral ( fig.: 33 ), modulando, assim, tanto por meio das áreas motoras ( M-I e C.P.M. ), como através do paleorrúbro, a atividade motora ( após o seu início ), coordenando, uniformemente, a execução do evento ( fig.: 27 ).

A compreensão desta fase, é importante para a percepção das explicações de aparecimentos, de diversos quadros patológicos, nos quais, observamos, ao exame clínico: incoordenações motoras, com espasmos, tremores e outras ( figs.: 45, 46 e 47 ).

Em relação ao controle do “equilíbrio e postura,” envolvendo a realização do movimento, em execução ( ou mesmo, já executado ), as referidas aferências sensoriais ascendentes, são conduzidas pelas fibras espinocerebelares, dos tratos citados, pouco acima, , provocando, as grandes e variáveis mudanças do centro de gravidade do corpo ( fig. : 27 ).

Estas fibras aferentes ascendentes, relacionadas ao equilíbrio, agora, estarão com suas origens no núcleo cerebelar profundo ( fastigial ), do vestíbulo-cerebelo, ou então, são fibras, que emergem, diretamente, das células de Purkinje do córtex do arquicerebelo e se dirigem, diretamente, aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, podendo, também, alcançar os núcleos da formação reticular do tronco encefálico. ( fig.: 30 ).

Assim, os tratos descendentes, destes núcleos do tronco encefálico ( trato vestibulo-espinhal cruzado e trato reticulo-espinhal ), passarão a modular o movimento, mantendo o equilíbrio e a postura corporal, em função do evento realizado. ( fig.: 30 ).

Este cerebelo tendo, desta forma, colaborado, no desenvolvimento do plano do movimento, com o: início, execução e equilíbrio do referido movimento, necessita, entretanto, realizar, ainda, duas grandes funções:

A primeira delas, relacionada ao “aprendizado motor das fases sequenciais dos movimentos realizados e a segunda, relacionada à “plasticidade motora “.

Para estas funções, o cerebelo lança mãos, do grande sistema de “Fibras trepadeiras olivo-cerebelares” ( figs.: 18 e 19 ).

Quando realizamos, um movimento integralmente, em geral, aplicamos, neste movimento, diversos grupos musculares, às vezes duas ou mais articulações, porém, não fragmentamos, nossa vontade ou desejo, ao executarmos, um movimento complexo segmentar anatômico, como por exemplo, levantarmos e simultaneamente ,

flexionarmos a articulação do ombro, do cotovelo, do punho e as diversas articulações da mão e dos dedos, para, simplesmente, limparmos nosso óculos....

Não pensamos, jamais, separadamente, nos movimentos fracionados, de qualquer das pequenas partes, do membro, envolvidas, no referido movimento. Nossa única decisão ( voluntária ) é, como foi dito, limpar a poeira de nosso óculos...

Nestes movimentos, cujo número de pequenos movimentos, que entram em sua estruturação completa, é significativo, jamais utilizamos “frações de segmentos anatômicos” ou “frações de vontades ou desejos”. Nestes casos, surge a necessidade da pré-programação, das quais, grande número é de: respostas semi-automáticas.

Nestes movimentos, surgem as necessidades dos conhecidos “geradores centrais de padrões”. Com o auxílio destes “geradores de padrões centrais”, podemos seguir os “movimentos de um corpo” e, assim, assegurarmos a “movimentação de nossos globos oculares”, quando, acompanhamos o deslocamento de um objeto no espaço. Tudo isto é realizado de forma: automática, coordenada e sincrônica.

Para que possamos desfrutar de tal situação morfo-funcional, que se resume no “processo de plasticidade motora” e “do aprendizado”, o “sistema de fibras trepadeiras olivo-cerebelares, é da maior importância funcional. Por isto mesmo, este sistema ( figs.: 18 e 19 ), é, também, conhecido, como o grande “Sistema analisador computacional do cerebelo”.

Por este motivo, o perfeito funcionamento deste “sistema olivo-cerebelar” permite, não apenas, esta capacitação para a “plasticidade motora e do aprendizado”, como também, permite, ao cerebelo, em tempo útil, realizar as “correções de possíveis erros de movimentos”, que não estejam em consonância com os “planos de movimentos, traçados no córtex cerebral”.

Lesões destas fibras olivo-cerebelares, por exemplo, podem “impedir a realização das análises computacionais do “cerebelo”, impedindo, conseqüentemente, o aparecimento da “plasticidade motora” e dificultando, a capacidade de “correção de erros motores dos movimentos, além de impedir o aprendizado motor ou modificar qualquer resposta motora.”

O “complexo olivar bulbar inferior”, no qual, se localizam os corpos dos neurônios das fibras trepadeiras ( figs.: 18 e 19 ), como já foi comentado, recebe aferências das áreas motoras corticais, do núcleo vestibular inferior, dos núcleos da base, do núcleo rubro ( paleorrubro ) e da medula espinhal, re-encaminhando seus importantes impulsos eferentes para o “córtex cerebelar”, de “todo o “cerebelo” ( neo-cerebelo, paleo-cerebelo e arqui-cerebelo ( figs.: 27, 28 e 30 ).

Assim, o “sistema de fibras trepadeiras” e o “cerebelo”, são essenciais na realização dos “movimentos corretos”, em suas “modificações”, além de participar, provavelmente, do “armazenamento destas modificações”, estando a “plasticidade motora” e “do aprendizado” extremamente, relacionado às suas “células de Purkinje” e às “fibras paralelas” ( axônios das “células granulares” ).

Entretanto, a pesar destas extraordinárias condições de funcionamento do “córtex cerebral” e do “cerebelo”, a despeito desta exuberante disponibilidade de inúmeras informações e de todos estes fantásticos “atributos morfo-funcionais”, portanto, ricamente informado, as “ações do cerebelo” e, por extensão, a “realização dos movimentos planejados a nível cortical”, encontram-se na “dependência, de uma extraordinária integração funcional de diversos outros órgãos do sistema nervoso”.

central”, representados pelos “Núcleos da base”, e de suas diversas “circuitárias de alças anatômicas”, como já foi comentado, dependem, também dos “núcleos Talâmicos”, de alguns núcleos próprios do tronco encefálico, como o, já citado, “complexo olivar bulbar inferior”, origens das “Vias olivo-cerebelares”, dos Núcleos Pontinos basais”, “núcleos vestibulares” e “Núcleos da formação reticular”.

Portanto, mesmo estando o “córtex cerebral” e o “cerebelo”, anatômica e funcionalmente, exercendo, no “maior grau de sua excelência, suas fantásticas funções”, os “movimentos, para que sejam realizados adequadamente e sem quaisquer problemas, morfo-funcionais”, necessitam, ainda, da ação conjunta e integrada, perfeita e harmônica das seguintes estruturas anatômicas:

- Córtex cerebral
- Núcleos da Base
- Tálamo
- Tronco encefálico
- Cerebelo
- Medula espinhal
- Sistema motor supra-espinhal.

Portanto, na vigência de um processo patológico ou traumático de alguma destas estruturas anatômicas, como por exemplo, problemas com determinados núcleos da base ( ou gânglios da base ), como acontece na “doença de Parkinson”, na qual em geral, encontramos lesões da parte compacta da substância negra e queda significativa dos níveis de dopamina, no putâme, teremos problemas na realização dos movimentos para este tipo de paciente.

Podemos, também, estar diante de um paciente com lesões nas comunicações estriato-palidais, com perda considerável de encefalina estriatal, levando ao aparecimento da Doença de Huntington, em geral. Às vezes, nos deparamos com um caso de lesões do núcleo sub-talâmico, com o surgimento de transtornos do movimento, conhecidos por “Hemibalismo”. Isto sem comentarmos os diversos tipos de acidentes vasculares cerebrais, com repercussão significativa nos movimentos, por comprometimento de núcleos do tronco encefálico, medula espinhal e sistema motor supra-espinhal.

# FEED-BACK SOMATOSSENSORIAL PARA O CÓRTEX MOTOR

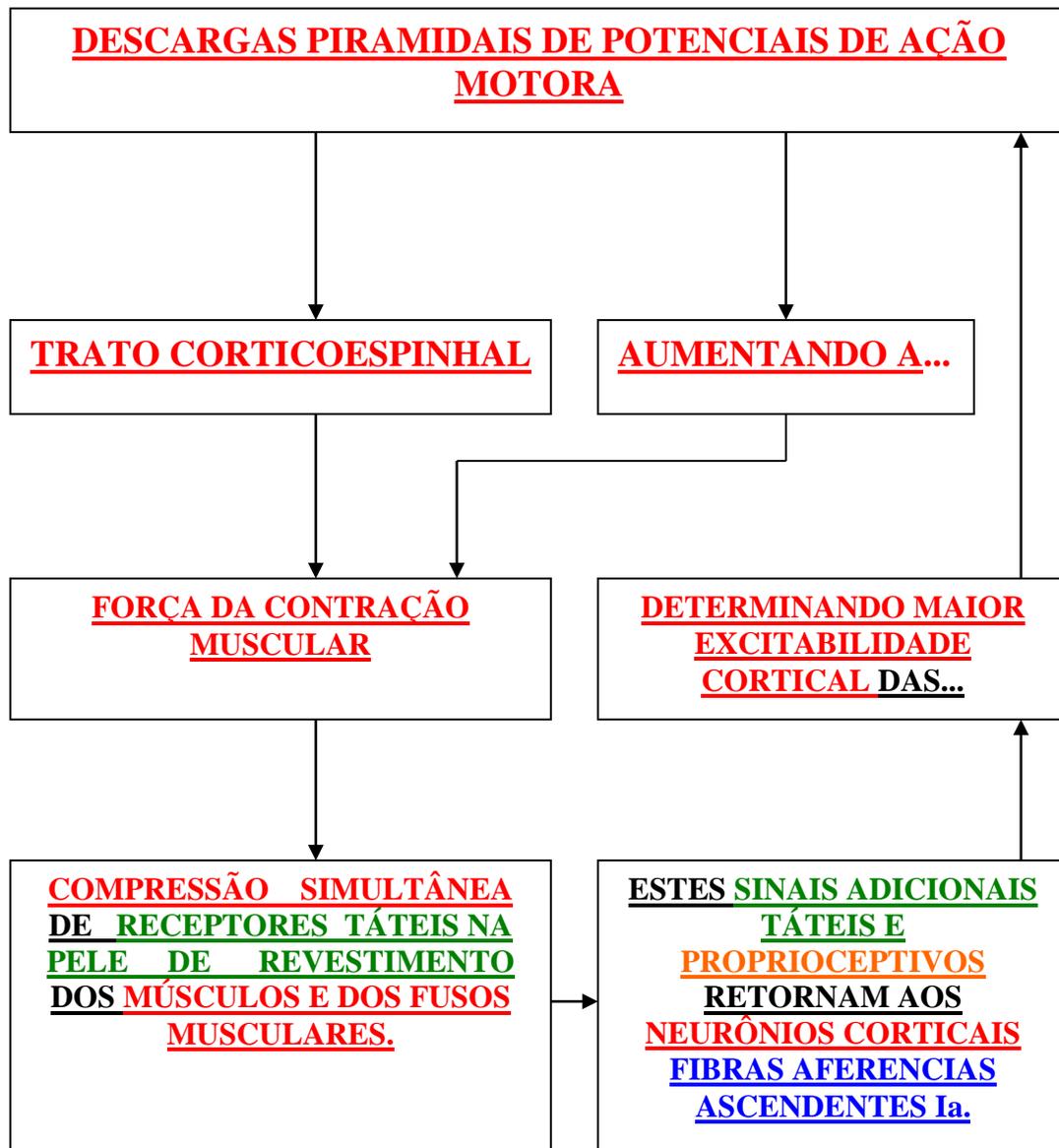


FIG.: 49

# ÍNDICE ALFABÉTICO

**PÁG.**

## ( A )

Apresentação.....	06
Áreas corticais motoras primárias M-Ia. e M-Ip.....	10
Áreas corticais motoras, na superfície lateral do hemisfério cerebral.....	13
Áreas motoras secundárias.....	14
Área pré-motora.....	14
Áreas corticais motoras, na superfície medial do hemisfério cerebral.....	16
Áreas e Vias vestibulares, em desenho esquemático do tronco encefálico.....	27
Arquicerebelo: coordenação e manutenção do equilíbrio.....	35
Alças diretas.....	45 e 85
Alças indiretas.....	46
Áreas corticais motoras : M-Ia e M-Ip, em plano sagital do hemisfério cerebral.....	56
Arquicerebelo e os núcleos vestibulares e suas conexões no tronco encefálico.....	61
Alça límbica.....	64 e 72
Alças límbicas e oculomotoras, em visão da superfície lateral do hemisfério cerebral, Mostrando o início dos mecanismos morfo-funcionais do movimento.....	65
Alça oculomotora.....	66 e 72
Alça de associação 1.....	67 e 73
Alça de associação 2.....	68 e 73
Alça motoresquelética.....	69
Alças límbicas, oculomotoras e de associação 1, vistas em desenho esquemático, na Superfície lateral do hemisfério cerebral, numa das fases do movimento.....	70
Alças límbicas, oculomotoras, de associações 1 e 2 e alças esqueléticas, mostradas Em desenho esquemático na superfície lateral do hemisfério cerebral, em uma das Fases do movimento.....	71
Área visual temporal inferior.....	93

## ( C )

Córtex motor primário.....	10
Células de Renshaw.....	11
Córtex ou área motora suplementar ( C.M.S. ).....	14
Córtex ou área pré-motora ( A.P.M. ).....	14
Córtex motor parietal posterior ( C.M.P.P. ).....	15
Campo ocular frontal.....	17

## Continuação do Índice Alfabético

	<b>Pág.</b>
Campo ocular frontal.....	17
Componentes importantes na realização dos movimentos.....	17
Citoarquitetura de Brodmann, na superfície lateral do hemisfério cerebral.....	18
Células gigantes de Betz.....	22
Córtex somatossensorial parietal posterior ( S-I ).....	23
Córtex motor primário e suas relações funcionais com o núcleo vermelho ( rubro ).....	25
Cerebelo: sua localização anatômica e os movimentos.....	35 e 29
Conexões eferentes do colículo superior, em desenho esquemático do tronco Encefálico.....	37
Complexo Olivar bulbar inferior e suas conexões.....	40
Complexo Olivar bulbar inferior e sua influência nos movimentos.....	41
Circuito: cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical.....	59, 49, 63 e 87
Circuito: cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal.....	49, 59, 63 e 87
Corpo caloso.....	54
Cerebelo.....	84 e 90
Córtex cerebral.....	90
Considerações especiais sobre o córtex cerebral e a planificação dos movimentos em Indivíduos destros e canhotos.....	91
 <b>( D )</b>	
Diagrama das camadas do córtex cerebral e de suas relações e projeções.....	24
Doença de Parkinson: desenho esquemático mostrando a lesão de fibras Dopaminérgicas.....	75
Doença de Huntington: desenho esquemático mostrando a lesão de neurônios Relacionados à encefalina estriatal.....	81
 <b>( E )</b>	
Espinocerebelo.....	38
 <b>( F )</b>	
Frequência de descargas dos neurônios laterais ( ou inferiores ).....	19
Fibras Musgosas.....	38
Fascículo rubroespinhal cruzado e diversas estruturas, em desenho esquemático do Tronco encefálico.....	39
Fibras Trepadeiras.....	41 e 87
Feixe central da calota.....	42
Fusos musculares, , sua anatomia e importância na realização dos movimentos.....	51

## Continuação do Índice Alfabético

	<b>Pág.</b>
Fornix.....	54
Fibras interpósito-paleorrúbricas.....	58
<b>( G )</b>	
Grandes vias descendentes motoras corticais.....	50
<b>( H )</b>	
Hipotálamo.....	54
Hemibalismo: desenho mostrando a área de lesão no núcleo sub-talâmico.....	82
<b>( I )</b>	
Início e desenvolvimento de um evento motor.....	38
<b>( M )</b>	
Mesencéfalo, em corte transversal, mostrando os colículos superiores , suas Conexões eferentes e aferentes.....	34
Memória visual e os movimentos.....	47
Medula espinhal.....	90
<b>( N )</b>	
Núcleos da base e os movimentos.....	28
Neocerebelo.....	35
Neurônios periféricos Alfa.....	57
Núcleos da formação reticular do tronco encefálico.....	79
Núcleos vestibulares e o tronco encefálico.....	80
Núcleos da base.....	85, 86 e 90
<b>( O )</b>	
Outras vias aferenciais sensoriais somáticas, que participam do controle do Córtex motor.....	25
Organização somatotópica dos segmentos corporais, entre as informações Cerebelares e as informações dos núcleos da base, ambas dirigidas ao núcleo Ventral lateral do tálamo.....	83

## Continuação do Índice Alfabético

Pág.

### ( P )

Planejamento do movimento.....	08
Planejamento dos movimentos e e as principais regiões envolvidas.....	09
Potenciais pós-sinápticos excitatórios ( P.P.S.E. ).....	12
Potenciais pós-sinápticos inibitórios ( P.P.S.I. ).....	12
Paleorrúbro ( núcleo vermelho mais antigo ).....	26
Pedúnculos cerebelares: superior, médio e inferior e as fibras conectivas.....	31
Processamento funcional de transformação de um plano de ação em movimento.....	44
Paleocerebelo e suas conexões e outros núcleos do tronco encefálico.....	60

### ( R )

Reflexo patelar.....	11
Reflexo de piscar.....	32
Reflexo miotático ( alça gama ).....	74
Regiões e estruturas do sistema nervoso central, que participam do desenvolvimento E controle dos movimentos.....	90

### ( S )

Sulco central na superfície lateral do hemisfério cerebral e sua estrutura.....	18
Sistema motor supraespinhal medial.....	19, 21, 22, 52
Sistema motor supraespinhal lateral.....	19, 21 e 22
Sinais motores estáticos.....	28
Sinais motores dinâmicos.....	28
Sistema límbico e o início dos movimentos.....	28
Sistemas motores supraespinhais, com suas origens no tronco encefálico.....	53
Sistema cordão dorsal-Lemnisco medial.....	57
Síntese das regiões-chave, para o controle dos movimentos.....	76
Síntese do planejamento e controle do movimento, seu desenvolvimento e as Estruturas anatômicas relacionadas.....	84

### ( T )

Tálamo: desenho esquemático de seus grupos nucleares e de suas conexões Aferentes e eferentes.....	20
Trato corticoespinhal.....	22, 38 e 60

## Continuação do Índice Alfabético

	<b>Pág.</b>
Trato retículoespinal medial.....	30 e 53
Trato retículoespinal lateral.....	30 e 53
Tratocorticonuclear.....	38
Trato tegmentar central.....	42
Trato vestibuloespinal lateral.....	53
Trato vestibuloespinal medial.....	53
Trato rubroespinal.....	53
Trato tetoespinal.....	53
Tálamo.....	54, 85, 86 e 90
Trato espinocerebelar direto ( dorsal ) e cruzado ( ventral ).....	58
Tronco encefálico e sua participação no controle dos movimentos.....	78
Tronco encefálico.....	90

### ( V )

Vias motoras supraespinhais.....	19
Vias eferentes somáticas voluntárias corticais.....	21
Vias motoras supra-espinhais.....	21 e 22
Vias de fibras nervosas oriundas do córtex motor e sua distribuição.....	23
Vias visuais e suas diversas projeções eferentes.....	36
Via visual primária ventral.....	47 e 93
Via visual primária dorsal occipital.....	92 e 93

## *Sugestões de Leitura:*

- BEAR, M.L., KIERNAN, A.** – *The Human Nervous System.* – 5th ed., J.B. Lippincot Philadelphia, 1988.
- BEAR, M.L., CONNORS, B.W., PARADISO, M.A.** – *Neuroscience. Exploring the Brain.* – 2, Aufl, Williams u. Wilkins, Baltimore, 2.000
- BURT, A.M.** – *Neuroanatomia.* – Ed. Guanab. Koogan S.A., Rio de Jan., 1999
- CASAS, A.P., BENGHECHEA, M.E.** – *Morfologia, estrutura e function de los Nerviosos.* – E. Paz Pontalvo, Madrid, 1987
- CARPENTER, M.D.** – *Human Neuroantomy.* – 18<sup>th</sup> ed., Ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 1983.
- CROSSMAN, A.R. e NEARLY, D.** – *Neuroanatomia.* – 2a ed., Ed. Guanabara Koogan, S.A., Rio de Jan., 2002
- DELMAS, S.** – *Voies et Centres Nerveux.* – 9 ème. ed., Masson et Cie Éd., Paris, 1970.
- ECCLES, J.C.** – *O Conhecimento do Cérebro.* – Atheneu Ed., Ed. Univ. São Paulo, 1979
- GUYTON, A.C.** – *Neurosciência Básica. Anatomia e Fisiologia.* – 2a ed., Ed. Guanab. Koogan, S.A., Rio de Jan., 1993.
- KANDEL, E.R. and SCHWARTZ, J.H.** – *Principles of Neural Science.* – 2<sup>nd</sup>.ed., New York, Elsevier, 1985.
- MACHADO, A.** – *Neuroanatomia Funcional.* – Livr. Atheneu S.A., Livr. Atheneu S.A. Rio de Jan., 1974.
- MARTIN, J.H.** – *Neuroanatomia.* Ed. Artes médicas Sul Ltda., Porto Alegre, 1998
- MECCACI, L.** – *Conhecendo o Cérebro.* – Ed. Nobel, São Paulo, 1987.
- MENESES, M.S.** – *Neuroanatomía Aplicada.* – E. Guanab. Koogan, S.A., Rio de Jan., 1999

- MOORE, K.L. , NEARLY, D. – *Fundamentos da anatomia clínica.* – E. Guanabara Koogan, S.A., Rio de Janeiro, 1998**
- MOREIRA, E.S. – *Atlas de Neuroanatomia Funcional. C.D.Livro em 26 volumes.* – Ed. F.O.A. do Centro Universit. de Volta Redonda, UniFOA ), Volta Red., Rio de Jan., 2010.**
- MOREIRA E.S. – *Atlas Anatômico de Dissecções Segmentares. C.D.Livro em cinco Volumes.* – Ed. F.O.A. do Centro Universit. De Volta Redonda, V.Redonda, Rio de Jan., 2011.**
- NOBACK, C.R. and DEMAREST, R.J. – *The Human Nervous System. Basic Principles of Neurobiology.* – 2<sup>nd</sup> ed., Mc Graw p Hill Book Co., A Blakiston Publ., New York, 1875.**
- BERTOLUCCI, P, H.F., FERRAZ, H., FÉLIX, E.P.V., PEDROSO, J.L. – *Neurologia:* Ed. Manole Ltda., São Paulo, 2011.**
- SANVITO, W.L. – *O Cérebro e Suas Vertentes.* – Ed. Livr. Roca Ltda., 2a. ed , São Paulo, 1991.**
- SCHÜNKE, M., e Col. – *Prometheus. Atlas de Anatomia: Cabeça e Neuroanatomia,* 1<sup>a</sup> ed., Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Jan., 2007**
- SNELL, R.S. – *Neuroantomia clínica para estudantes de medicina.* – E. Guanabara Koogan, S.A., Rio de Jan., 2003.**
- TORTORA, G.J. – *Princípios de Anatomia Humana.* – 10<sup>a</sup> ed., Ed. Guanabara Koogan S.A, Rio de Jan., 2007**