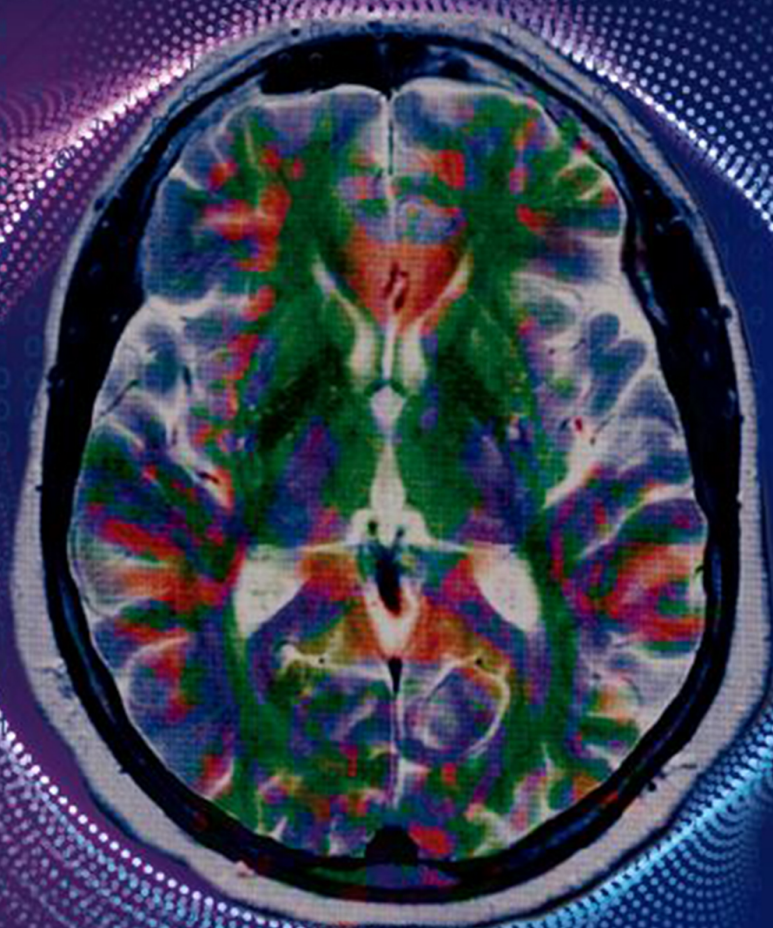


ANGELO MACHADO

NEUROANATOMIA FUNCIONAL

4^a edição



Lúcia Machado Haertel
Revisão e atualização

 **Atheneu**

Neuroanatomia Funcional

4ª edição



SAL
SERVIÇO DE ATENDIMENTO
AO LEITOR
Tel.: 08000267753

www.atheneu.com.br



(21) 99165-6798 [Facebook.com/editoraatheneu](https://www.facebook.com/editoraatheneu) [Twitter.com/editoraatheneu](https://twitter.com/editoraatheneu) [Youtube.com/atheneueditora](https://www.youtube.com/atheneueditora)

Neuroanatomia Funcional

4ª edição

ANGELO B. M. MACHADO

Ex-Professor de Neuroanatomia do Departamento de Morfologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Revisão e Atualização

LÚCIA MACHADO HAERTEL

Neurologista Infantil pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Neurofisiologista Clínica pelo Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre. Ex-Monitora de Neuroanatomia da Universidade Federal de Minas Gerais. Ex-Professora do Curso de Medicina da Faculdade Regional de Blumenau.



Rio de Janeiro • São Paulo

2022

EDITORA ATHENEU

São Paulo — Rua Maria Paula, 123 – 18º andar
Tel.: (11) 2858-8750
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

Rio de Janeiro — Rua Bambina, 74
Tel.: (21) 3094-1295
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

PRODUÇÃO EDITORIAL: Equipe Atheneu

CAPA: Editora Atheneu

DIAGRAMAÇÃO: Know-How Editorial

CIP-Brasil. Catalogação na Publicação
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

M129n
4. ed.

Machado, Angelo, 1934-2020
Neuroanatomia funcional / Angelo Machado, Lúcia Machado Haertel. - 4. ed. - Rio de Janeiro :
Atheneu, 2022.
XXXp. : il. ; 28 cm.

Inclui bibliografia e índice
ISBN 978-65-5586-361-1

1. Neuroanatomia. I. Haertel, Lúcia Machado. II. Título.

21-74723

CDD: 611.8
CDU: 611.8

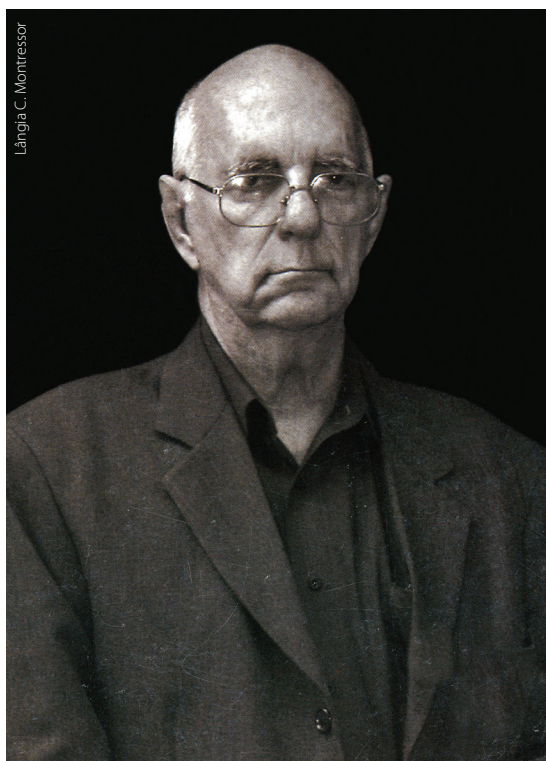
Meri Gleice Rodrigues de Souza - Bibliotecária - CRB-7/6439

29/11/2021 30/11/2021

MACHADO, A.B.M.; HAERTEL, L.M.

Neuroanatomia Funcional – 4ª Edição

Biografia de Angelo Machado (1934-2020)



Angelo Barbosa Monteiro Machado formou-se em Medicina em 1958. Tornou-se conhecido nacionalmente ao publicar o livro *Neuroanatomia Funcional*, em 1974, que se tornou o mais conhecido da área no Brasil. No entanto, o neurocientista e professor de Neuroanatomia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) atuou em diversas outras áreas. Sua genialidade, sua mente brilhante e polivalente deixaram a sua marca de excelência também na Zoologia, defesa do meio ambiente e da biodiversidade, divulgação da ciência, principalmente para crianças, literatura, dramaturgia e humor.

Nascido em Belo Horizonte, em 1934, membro de uma tradicional família mineira, mostrou desde criança todas as características de um cientista nato. Sua curiosidade e voracidade pelo conhecimento chamaram a atenção de sua família, que montou para ele, no quintal de casa, um laboratório equipado com microscópio, aquário, material para dissecação e todos os livros que quisesse comprar. Ali, começou a sua famosa coleção de insetos. Nascia o menino cientista Angelo Machado. Como adolescente, foi estagiário da Fundação Osvaldo Cruz, sob a orientação do famoso patologista Lobato Paraense, entre 1951 e 1956. Essa parceria foi decisiva para a sua iniciação científica e, ainda

no colégio, já dominava as técnicas histológicas e de microscopia conhecidas na época. Nas férias, estagiava com o entomologista Newton Santos, do Museu Nacional do Rio de Janeiro, e, assim, iniciou-se sua paixão pela Entomologia e, principalmente, pelas libélulas. Realizou a sua primeira expedição científica na Amazônia, em 1951, como estagiário do padre e renomado zoólogo Francisco Silvério Pereira. Participou de 12 expedições a locais remotos da Amazônia entre 1951 e 1982. Viveu alguns meses junto à tribo Tirió, no extremo norte da Amazônia, onde aprendeu o respectivo idioma e escreveu diversos artigos em Zoologia, Antropologia e Anatomia Comparada.

Assim, Angelo já havia adquirido formação científica e publicado alguns trabalhos científicos até 1953, quando ingressou no curso de Medicina da UFMG. Lá, foi monitor das disciplinas de Histologia e Anatomia. Ao se formar médico, em 1958, decidiu que não queria exercer a medicina assistencial, e sim atuar como professor e cientista. Foi admitido em 1959 como professor na disciplina de Anatomia Humana do curso de Medicina da UFMG. O seu pensamento se voltou para a área de Neurociência pela constatação de que era a única parte do corpo humano relativamente desconhecida e, portanto, um promissor campo de pesquisa.

O ensino da Neuroanatomia, à época, era precário. Era um capítulo negligenciado dentro da disciplina de Anatomia Humana Geral, pois ninguém queria ensiná-la e poucos queriam aprendê-la. Angelo Machado foi o criador da Neuroanatomia como disciplina separada e independente da Anatomia Geral, na UFMG. A matéria nova enfrentava,

contudo, um obstáculo: não havia, então, literatura especializada em língua portuguesa. Fluente em inglês e francês e com conhecimento técnico em alemão, teve de traduzir e simplificar o material existente e preparar suas próprias aulas, incluindo aulas práticas. Despretensiosamente, escreveu apostilas para auxiliar os alunos com uma didática própria, reformulando o ensino teórico e prático da Neuroanatomia no Brasil. Assim, a matéria mais temida da época passou a ser acessível e muito apreciada pelos alunos de Medicina. Suas apostilas ficaram tão famosas e foram tão amplamente distribuídas entre discentes e docentes, que Angelo foi enfaticamente incentivado a publicar um livro com o seu material. Após ser convidado pelo Diretor-Médico da Editora Atheneu, Dr. Paulo Rzezinsk, publicou a primeira edição do livro em 1974. A amizade e a parceria entre ambos permaneceram fortes pelo resto de sua vida.

Angelo fundou um pequeno laboratório de Neurociências na UFMG e a sua primeira estagiária foi Conceição Ribeiro da Silva Machado, sua aluna no curso de Medicina. Essa parceria rendeu diversas publicações em revistas internacionais, com destaque para a sua pesquisa pioneira sobre a glândula pineal e o órgão subcomissural. A união entre os pesquisadores tornou-se eterna em 1964, quando se casaram. O casal Angelo e Conceição Machado fez junto o pós-doutorado na *Northwestern University* em Chicago, onde aprenderam as técnicas histológicas, histoquímicas e de microscopia eletrônica para o estudo do sistema nervoso. Quando os dois retornaram ao Brasil, consolidaram o laboratório de Neurociências da UFMG e contribuíram para criar o seu laboratório de microscopia eletrônica. À época, a Neurociência mundial estava empenhada no mapeamento químico do sistema nervoso e esta foi a principal linha de pesquisa do renomado casal de neurocientistas. Foram inúmeros seus trabalhos com mapeamento histoquímico, estudos de vias e neurotransmissores, com ênfase nas vias catecolaminérgicas. Foram pioneiros na diferenciação histoquímica entre neurônios serotoninérgicos e noradrenérgicos. Publicaram trabalhos sobre o ritmo circadiano de serotonina e histamina na pineal, inervação de glândulas salivares, lacrimal e tireoide. Outra contribuição inédita foram a identificação do conteúdo das vesículas sinápticas granulares e a descrição do seu modo de formação pelo retículo endoplasmático liso. Contribuíram também para a identificação do envolvimento do sistema nervoso autônomo na doença de Chagas, evidenciando o comprometimento da inervação simpática pela doença – e não só da parassimpática, como se acreditava até então. Ambos alcançaram o mais alto nível de pesquisador do CNPQ (1A) e tornaram-se membros da Academia Brasileira de Ciências, uma distinção reservada a intelectuais que prestaram significativa contribuição para o conhecimento científico.

Publicaram em torno de 140 trabalhos inéditos na área de Neurociência em revistas internacionais, além orientarem várias dissertações de mestrado e teses de doutorado, formando, assim, vários seguidores.

O professor Angelo era imensamente querido pelos alunos de Medicina, conseguindo transmitir o complexo conhecimento da Neuroanatomia de forma didática e com incrível e constante senso de humor. Assim, foi, diversas vezes, paraninfo ou patrono de turmas de formandos de Medicina. Em 1986, Angelo tomou a inusitada decisão de se aposentar da Neurociência e dedicar-se à sua eterna paixão pela Zoologia e pelo meio ambiente, áreas em que sempre atuou em paralelo à sua atuação na Neurociência. A quantidade e a qualidade dos trabalhos publicados na área garantiram a sua aprovação em concurso público para o cargo de Professor Adjunto do Departamento de Zoologia da UFMG, em 1987. A Zoologia seguiu como a sua principal atividade até mesmo depois de 2004, ano de sua aposentadoria compulsória aos 70 anos. Angelo permaneceu como professor voluntário e emérito da Zoologia e mantinha uma sala no Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, onde orientou a sua última aluna de pós-graduação, o que resultou em seu último trabalho, publicado em 2019. Descobriu 11 gêneros e 97 espécies de libélulas. Teve o seu nome dado a outras 55 espécies, desde insetos a primatas, em sua homenagem.

Seu espírito visionário o transformou num dos pioneiros na defesa do meio ambiente em uma época em que este não era um assunto considerado relevante. Foi um dos criadores do Centro para a Conservação da Natureza em Minas Gerais, em 1973; presidente da *Conservation International* (CI), no Brasil; e um dos criadores da Fundação Biodiversitas. Angelo também atuou ativamente na divulgação da ciência, sendo um dos fundadores da revista *Ciência Hoje*, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Nesse sentido, defendeu intensamente a necessidade da introdução de crianças e jovens à ciência, tendo sido o idealizador da revista *Ciência Hoje das Crianças*. Esse ideal o motivou a se aventurar na literatura infantil, publicando o seu primeiro livro para crianças, *O Menino e o Rio*, em 1989. Com estilo único e inovador ao misturar literatura com ciência e ecologia de forma sutil – afinal, de acordo com ele, “criança não lê coisa chata” –, publicou 45 livros que revolucionaram a literatura infantil. Para Angelo, “as crianças devem aprender ciência sem perceber que estão aprendendo, envolvidas sempre numa trama de aventura e diversão. Assim, criaremos nossos futuros amantes e defensores da natureza”. Seu livro *O velho da montanha*: uma aventura amazônica recebeu o prêmio Jabuti, o mais importante da literatura brasileira. Pela sua obra, recebeu também o prêmio José Reis de Literatura e o reconhecimento do CNPQ como divulgador de ciências para crianças. Ao todo, em sua carreira nas diversas áreas, recebeu 56 prêmios e homenagens. Muitos de seus livros foram adaptados por ele mesmo

para o teatro e, com essa contribuição, tornou-se também um dos maiores dramaturgos da história de Minas Gerais. O senso de humor é outra marca registrada de Angelo Machado, a pessoa mais engraçada que conheci na vida. Publicou artigos de humor em alguns veículos da imprensa nacional e chamou a atenção do humorista Jô Soares, em cujo programa esteve sete vezes, garantido boas risadas ao público como poucos convidados conseguiram.

Angelo continuou trabalhando até o fim da vida. Suas últimas obras foram o *Dicionário da Língua Tirió*, que aprendeu durante as suas expedições na Amazônia, e o livro *O Tratado de Guerra*, uma comédia para adultos. Deixou inacabado um livro de suas memórias de viagens a diversos lugares do mundo como colecionador e pesquisador de libélulas. A coleção iniciada em sua infância – hoje com 40 mil exemplares de libélulas do mundo inteiro – foi doada à UFMG.

É impossível resumir a vida de Angelo Machado. Este texto dá apenas uma ideia de seu imenso legado e de sua incansável dedicação à ciência e à vida acadêmica. Mesmo após a sua morte, em 2020, Angelo continua sendo uma fonte de inspiração aos que trabalham pela melhoria da sociedade e do mundo para as futuras gerações.

Lúcia Ribeiro Machado Haertel
Flávia Ribeiro Machado
Paulo Augusto Ribeiro Machado
Eduardo Ribeiro Machado

Dedicatória

*Para Conceição,
esposa e mãe.
Angelo Machado*

*À memória de
Angelo e Conceição,
meus pais.
Lúcia Machado Haertel*



Prefácio à Quarta Edição

Fui uma criança privilegiada por nascer no início da incrível carreira do casal de neurocientistas, Angelo e Conceição Machado. Em 1965, quando meus pais foram fazer o pós-doutorado na Northwestern University em Chicago, eu tinha apenas três meses de vida. Uma das minhas tias foi conosco para ajudar a cuidar da bebê Lúcia. Cresci escutando a todo momento termos incomuns da Neurociência, uma vez que a empolgação com novas descobertas e linhas de pesquisa sempre continuava em casa. Nos fins de semana, a atenção era total a mim e meus irmãos, mas, mesmo assim, a ciência estava sempre presente. Frequentemente participávamos de acampamentos e excursões de zoologia nos arredores de Belo Horizonte com meu pai. Assim, adquiri um amplo conhecimento sobre fauna, flora e ecologia, do qual muito me orgulho e pude transmitir aos meus filhos.

Quando decidi fazer Medicina, inscrevi-me num único vestibular, o da Universidade Federal de Minas Gerais, por não admitir a hipótese de não ser aluna dos meus pais. Só quem foi aluno de Angelo Machado compreende a fundo o porquê de suas aulas e de seu livro terem sido revolucionários. A didática e o humor faziam lotar o auditório nas suas aulas teóricas. Absolutamente ninguém faltava. Os *slides*, único recurso didático da época, eram raramente utilizados, pois a luz apagada gerava um ambiente monótono. Meu pai encomendava pranchas com enormes desenhos coloridos, os quais usava como apoio. O mais marcante, porém, eram os seus desenhos no quadro negro. Ambidestro, pegava um giz em cada mão e fazia desenhos simétricos, do lado direito e esquerdo do encéfalo, rápida e simultaneamente, em qualquer corte, com todas as vias e núcleos precisamente posicionados. Juntando isso tudo a ainda um toque de humor, não havia como não prestar atenção. A aula era um verdadeiro espetáculo.

Logo após ter cursado neuroanatomia, decidi ser monitora da disciplina de meu pai e, para fazer jus ao cargo, decorei este livro inteiro. Como monitora, eu participava das aulas práticas e da dissecação das peças anatômicas. Além de monitora, eu era bolsista de iniciação científica, desta vez orientada pela minha mãe, Conceição Machado. Quando eu não estava na monitoria, ficava no laboratório de Neurociências, onde aprendi a preparar material para microscopia óptica, bem como técnicas histoquímicas e de microscopia eletrônica.

Assim, passei todo o curso de Medicina em contato com a Neurociência. A decisão de me especializar em neurologia era natural, e optei pela residência em neurologia infantil do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Mesmo atuando na área clínica, nunca me distanciei da Neurociência, tendo, por isso, aceitado o desafio de auxiliar o meu pai na revisão da edição anterior deste livro. Tínhamos frequentes conversas sobre o que manter, modificar ou acrescentar em seu conteúdo. Por exemplo, introduzi as correlações anatomoclínicas em todos os capítulos, enriquecendo o conteúdo didático do livro já na edição anterior.

Meu pai sempre expressou grande preocupação em não transformar o livro num tratado de Neurociências ou de Neurologia. Sempre ressaltou que, sendo um livro para a graduação, normalmente utilizado no primeiro ou no segundo ano do curso de Medicina, não deveria ser demasiado longo ou excessivamente complexo, pois poderia desmotivar os alunos. Assim, aplicava, na prática, os princípios da Neurociência para a aprendizagem, segundo os quais a memorização se faz por etapas. Os primeiros capítulos abordam o conhecimento mais básico da anatomia externa, com apoio das aulas práticas, das peças anatômicas e do atlas de secções do encéfalo, seguidos pela anatomia interna, parte funcional e correlações anatomoclínicas.

Cabe a mim, assim, manter o livro atualizado, sem permitir que ele perca a essência que o levou a ser o mais conhecido em sua área no Brasil: a didática e a leitura agradável, numa matéria antes considerada árida e muito difícil. As ilustrações, feitas à mão pelo saudoso desenhista Fernando Val Moro, revolucionárias à época do lançamento da primeira edição, continuam atuais e seguem facilitando a compreensão e a memorização dos alunos. Ainda, foram acrescentadas figuras, tabelas e imagens para os casos clínicos.

As novas descobertas da Neurociência e vários exemplos didáticos de correlações anatomoclínicas foram incluídos nesta nova edição, a qual mantém os mesmos 32 capítulos. Cabe destacar também a adoção definitiva da terminologia anatômica oficial da Academia Brasileira de Anatomia, de forma que alguns termos latinos passaram a ser apresentados em português.

O capítulo de Neuroimagem foi atualizado mediante colaboração do neurorradiologista Dr. Marco Antônio Rodacki, com ênfase na ressonância magnética e nas suas variações, que vem revolucionando o estudo do sistema nervoso normal e patológico há algumas décadas. A ele, reservo um sincero agradecimento.

Agradeço também ao Dr. Raphael Vicente Alves, neurocirurgião e grande admirador do meu pai, pelas críticas e sugestões feitas às edições anterior e atual.

Ainda, agradeço especialmente ao meu filho, Leonardo Machado Haertel, estudante de Medicina e monitor de Neuroanatomia, por, além de apresentar sugestões sob a ótica do estudante, o público-alvo desta obra, contribuir para a elaboração de novas figuras, a pesquisa bibliográfica e a revisão final.

É uma enorme honra e responsabilidade manter atualizada esta pioneira obra que, com certeza, influenciou a formação de milhares de médicos ao longo de décadas e ainda continuará despertando o interesse das futuras gerações pelo estudo da Neuroanatomia, Neurociência, Neurologia e Neurocirurgia, mantendo acesa a chama de uma das pessoas mais incríveis que já conheci.

Lúcia Machado Haertel
machado.neuroanatomia@gmail.com



Sumário

1. Alguns Aspectos da Filogênese do Sistema Nervoso, **1**
 2. Embriologia, Divisões e Organização Geral do Sistema Nervoso, **5**
 3. Tecido Nervoso, **17**
 4. Anatomia Macroscópica da Medula Espinal e os seus Envoltórios, **35**
 5. Anatomia Macroscópica do Tronco Encefálico e do Cerebelo, **43**
 6. Anatomia Macroscópica do Diencefalo, **51**
 7. Anatomia Macroscópica do Telencefalo, **55**
 8. Meninges – Liquor, **69**
 9. Nervos em Geral – Terminações Nervosas – Nervos Espinais, **79**
 10. Nervos Cranianos, **95**
 11. Sistema Nervoso Autônomo – Aspectos Gerais, **103**
 12. Sistema Nervoso Autônomo: Anatomia do Simpático, do Parassimpático e dos Plexos Viscerais, **111**
 13. Estrutura da Medula Espinal, **123**
 14. Estrutura do Bulbo, **133**
 15. Estrutura da Ponte, **141**
 16. Estrutura do Mesencefalo, **147**
 17. Núcleos dos Nervos Cranianos – Alguns Reflexos Integrados no Tronco Encefálico, **151**
 18. Vascularização do Sistema Nervoso Central e Barreiras Encefálicas, **159**
 19. Considerações Anatomoclínicas sobre a Medula e o Tronco Encefálico, **173**
 20. Formação Reticular – Sistemas Modulatórios de Projeção Difusa, **183**
 21. Estrutura e Funções do Hipotálamo, **197**
 22. Estrutura e Funções do Cerebelo, **205**
 23. Estrutura e Funções do Tálamo, Subtálamo e Epitálamo, **215**
 24. Estrutura e Funções dos Núcleos da Base, **223**
 25. Estrutura da Substância Branca e do Córtex Cerebral, **229**
 26. Anatomia Funcional do Córtex Cerebral, **235**
 27. Áreas Encefálicas Relacionadas com as Emoções – Sistema Límbico, **249**
 28. Áreas Encefálicas Relacionadas com a Memória, **257**
 29. Grandes Vias Aferentes, **265**
 30. Grandes Vias Eferentes, **285**
 31. Neuroimagem, **293**
 32. Atlas de Secções de Cérebro, **309**
- Referências Bibliográficas, **321**
- Índice Remissivo, **323**