



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
BIOMEDICINA**

ISADORA CAMILO BARCELOS NASCIMENTO TEIXEIRA

**O DIAGNÓSTICO DA NEUROCISTICERCOSE ATRAVÉS DA RESSONÂNCIA
MAGNÉTICA**

Goiânia
2025

ISADORA CAMILO BARCELOS NASCIMENTO TEIXEIRA

**O DIAGNÓSTICO DA NEUROCISTICERCOSE ATRAVÉS DA RESSONÂNCIA
MAGNÉTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Pontifícia Universidade Católica de Goiás como
premissa à aquisição de Bacharelado em Ciências
Biológicas - Modalidade Médica.

Orientadora: Profa. Esp. Karla Cardoso da Silva

Goiânia
2025

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, que me ancorou e me concedeu confiança a cada frase escrita, e aos meus pais e cônjuge que sempre acreditaram no meu potencial e me proporcionaram tudo que precisei para alcançar meu sonho.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus, que em meus momentos mudos e ansiosos foi meu porto seguro, que ouvistes meu coração desesperado e me confortou, mostrou amor em Tuas palavras para que eu alcançasse mais autoconfiança e aproveitasse o processo. Aprender que ter e ver a Ti em tudo, é simplesmente a maior paz existente.

À minha mãe, **Rheila**, que sempre acreditou nos meus sonhos e nunca questionou minhas escolhas, mesmo sabendo que eu erraria e, apesar disso, estava lá para me erguer com o amor mais semelhante ao amor de Deus. Ouviste e secaste minhas lágrimas desacreditadas na época do vestibular e me dava abraços apertados que diziam “eu estou aqui, vai em frente”. Acompanhou meu primeiro ano e meus relatos empolgados sobre as aulas e sempre orgulhosa dizia “*uaaaaau*, que legal”, mesmo não entendendo nada de biomedicina.

Ao meu amado, **Carlos**, que apesar da distância de aproximadamente 100km, nunca desistiu de fazer com que eu me sentisse amada e cuidada, que apesar de saber minhas inseguranças e a excessiva vontade de “dar conta de tudo o tempo todo”, acolheu-me e me mostrou que a vida pode ser um parque de diversões em meio ao caos dentro de nós, que podemos, em algum momento, viver e sermos felizes ao mesmo tempo.

Ao meu pai, **Rafton**, que sempre se sacrificou mais do que deveria para que eu realizasse meu sonho, que viajou pelo perigo e sono em busca de me proporcionar tudo que não foi proporcionado a ele. Fez-me entender que cada segundo conta e que cada esforço vale a pena para ver alguém ser realizado.

Às minhas amigas, **Mariana, Isabella, Yasmin e Nathalia**, que me fizeram perceber que uma “noite das garotas” é inexplicável e que sempre tiraram seu tempo para se atentar aos meus relatos acadêmicos e pessoais. Além de me acompanharem na minha caminhada de fé e minhas turbulências para a conclusão da minha graduação.

À minha amiga, **Thays**, que desde antes de ingressarmos na faculdade juntas, dizia-me que conseguiríamos, mesmo depois das provas mais difíceis que nos despertava lágrimas desesperadas e pensamentos pessimistas. Pela fidelidade e companheirismo. Por acompanhar cada passo meu e nunca permitir que eu acreditasse na frase “eu não consigo”, porque você sempre confiou em mim, assim como espero que saiba que eu confio em você, gêmea.

Aos meus amigos, **Tuny, Renato, Newton, Danilo e Rodrigo**, que vocês mesmo não sabendo demonstrar, sei que se importam comigo, que acompanham a minha vida de perto e sinto o desejo genuíno que vocês têm pelo meu sucesso.

À, minha supervisora de estágio e amiga, **Talita**, que sempre me acalentou e ensinou praticamente tudo que sei sobre a área da imagem, mostrando-me que paciência é fundamental para o sucesso no processo, que dias difíceis passam, mesmo que pareçam eternos e que não temos que saber de tudo o tempo todo.

À **Juliana**, minha terapeuta há 5 anos, que sempre buscou me corrigir e buscar meios para que eu elevasse minha autoconfiança, que me ouviu falar sobre o mesmo assunto diversas vezes até que eu me curasse e me fez acreditar que eu não sou apenas números.

À **Karla**, que aceitou o meu convite de orientação e “topou” embarcar nessa jornada comigo em busca do meu diploma, sempre muito prestativa, atenciosa e dinâmica. Você foi fundamental para a realização do meu sonho.

A vocês, minha genuína e eterna gratidão.

O DIAGNÓSTICO DA NEUROCISTICERCOSE ATRAVÉS DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

DIAGNOSIS OF NEUROCYSTICERCOSIS THROUGH MAGNETIC RESONANCE

Isadora Camilo Barcelos Nascimento Teixeira¹, Karla Cardoso da Silva¹

1- Escola de Ciências Médicas, Farmacêuticas e Biomédicas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC - GO), Goiânia- GO.

RESUMO

A neurocisticercose é uma doença parasitária causada pelo helminto *Taenia solium* e seu contágio se inicia com a ingestão de seus ovos através de água ou alimentos contaminados. O ciclo continua com a eclosão dos ovos no estômago, liberando oncosferas, que penetram na parede intestinal e caminham para o cérebro pela corrente sanguínea. A partir de sua migração para o cérebro, sua evolução se inicia, passando pelas fases vesicular, coloidal e granular, até seu estágio de calcificação. Seu diagnóstico pode ser feito através de exames sorológicos, contudo, a Ressonância Magnética é de suma importância para o auxílio no diagnóstico dessa doença. O presente trabalho é uma revisão sistemática da literatura e teve como objetivo expor a qualidade do exame de Ressonância Magnética para o diagnóstico e acompanhamento da evolução da neurocisticercose. Com essa finalidade, buscas feitas em banco de dados confiáveis como SciELO, Google Acadêmico, PudMED, BVS (Biblioteca Virtual da Saúde) e livros acadêmicos colaboraram para o desenvolvimento desse estudo. Concluiu-se então que, nos estágios vesicular e coloidal, as sequências FLAIR e difusão se destacam devido a verificação da localização do escólex do parasita e o processo inflamatório adjacente. Enquanto isso, nas fases granular e calcificada, sequências como, FLAIR, T2 e T2* se sobressaem devido sua capacidade em destacar a redução da inflamação e a relação de densidade de sinal dos ovos do parasita com a do tecido ósseo, sendo condizente com o estágio calcificado. Ademais, a espectroscopia por Ressonância Magnética também evidencia seu valor, com a apresentação de padrões metabólicos específicos da neurocisticercose, contribuindo para um diagnóstico médico fidedigno.

Palavras-chave: Imageamento por Ressonância Magnética; Neurocisticercose; Parasitologia; Diagnóstico por Imagem.

ABSTRACT

Neurocysticercosis is a parasitic disease caused by the helminth *Taenia solium*, and its transmission begins with the ingestion of its eggs through contaminated water or food. The cycle continues with the hatching of the eggs in the stomach, releasing oncospheres that penetrate the intestinal wall and travel to the brain via the bloodstream. From their migration to the brain, their evolution begins, passing through the vesicular, colloidal, and granular phases, until their calcification stage. Diagnosis can be made through serological tests; however, Magnetic Resonance Imaging (MRI) is of paramount importance in aiding the diagnosis of this disease. This work is a systematic literature review and aimed to demonstrate the quality of MRI for the diagnosis and monitoring of neurocysticercosis progression. To this end, searches in reliable databases such as SciELO, Google Scholar, PubMed, BVS (Virtual Health Library), and academic books contributed to the development of this study. It was concluded that, in the vesicular and colloidal stages, FLAIR and diffusion sequences stand out due to the verification of the parasite's scolex location and the adjacent inflammatory process. Meanwhile, in the granular and calcified phases, sequences such as FLAIR, T2, and T2* excel due to their ability to highlight the reduction in inflammation and the signal density relationship between the parasite's eggs and that of the bone tissue, consistent with the calcified stage. Furthermore, Magnetic Resonance Spectroscopy also demonstrates its value, presenting specific metabolic patterns of neurocysticercosis, contributing to a reliable medical diagnosis.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Neurocysticercosis; Parasitology; Diagnostic Imaging.

INTRODUÇÃO

A cisticercose é uma infecção parasitária causada pelo helminto *Taenia solium* através da ingestão de água e carne suína contaminadas com os ovos desse parasita. O ciclo se inicia com a ingestão dos ovos que eclodem no estômago e intestino delgado com a ação do ácido gástrico, sucos digestivos e bile, liberando oncosferas. Essas larvas atravessam a parede intestinal e migram para a corrente sanguínea, podendo se instalar em diversos órgãos, tendo como principal alvo em 78,6% dos casos o encéfalo, causando a neurocisticercose (NCC)^{1,2}.

Há uma estimativa de 75 milhões de pessoas na América Latina em risco de neurocisticercose e, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 50.000 indivíduos morrem por ano no Brasil devido a essa doença. Esses índices evidenciam a atenção à saúde pública e conscientização populacional, além de também impactar a economia nacional^{3,4}.

A instalação das oncosferas no Sistema Nervoso Central (SNC) inicia uma reação imunológica no hospedeiro, estabelecendo quatro estágios degenerativos: vesicular, vesicular coloidal, granular nodular e nodular calcificado⁵. Sendo assim, a sintomatologia dessa parasitose é dependente não somente da resposta imune do parasitado, mas também dos estágios da enfermidade e quantidade de larvas instaladas⁶. Ademais, a neurocisticercose também pode ser classificada em espinhal, alojando-se na medula espinhal, parenquimatosa e cerebral².

A despeito da heterogeneidade clínica dessa patologia, convulsões e epilepsias estão presentes em mais de 70% dos casos acompanhadas de cefaleia. Além disso, quando o alojamento do parasita se dá no sistema ventricular, ocorre a obstrução do fluxo do Líquido Cefalorraquidiano (LCR) e consequentemente aumentando a pressão intracraniana, acarretando hidrocefalia aguda⁶. A investigação da neurocisticercose se inicia com análise laboratorial de ensaios sorológicos específicos, como o Blot de Imunotransferência Ligada a Enzima (EITB) e o Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) no LCR, além da presença de pleocitose mononuclear e eosinófilos no líquido⁷. Contudo a imagenologia, em evidência, a Ressonância Magnética, tem padrão ouro para o diagnóstico assertivo de neurocisticercose, visto que sua alta sensibilidade e capacidade de diferenciar os estágios larvais, visualizar edema perilesional e pequenos ovos^{4,7}.

Nessa conjuntura, o presente estudo tem como objetivo revisar a literatura sobre a investigação da Neurocisticercose através da Ressonância Magnética e ressaltar sua importância e qualidade para o diagnóstico e tratamento dessa patologia.

METODOLOGIA

O presente estudo possui cunho revisional sistemático da literatura, seguindo orientações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) com o intuito de expor informações esclarecedoras e sintetizadas sobre o tema em análise. Este, foi adaptado aos parâmetros de publicação do RAG (Repertório Acadêmico de Graduação) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO).

A seleção de palavras-chave originou-se a partir de quatro tentativas no site Bireme Decs (Descritores em Ciências da Saúde) considerando sua relevância e relação com o conteúdo estudado, facilitando a procura desta pesquisa. Ademais, os materiais que fundamentaram esse estudo foram selecionados a partir de buscas em base de dados leais e científicos como: SciELO, Google Acadêmico, PubMed, BVS (Biblioteca Virtual de Saúde) e livros acadêmicos, mantendo a qualidade da pesquisa em questão.

Os critérios de inclusão de dados que contribuíram com este estudo foram definidos previamente e abrangeram, além de conteúdos publicados em português e inglês, as características fisiopatológicas da Neurocisticercose e/ou o diagnóstico dessa patologia através da Ressonância Magnética, propriedades físicas e formação da imagem da Ressonância Magnética. Tendo em vista essa perspectiva, como critérios de exclusão foram considerados: trabalhos e pesquisas que não estavam em formato de artigo científico, livros didáticos e revisões em que não há abordagem fisiopatológica e diagnóstica da Neurocisticercose, as propriedades físicas e a formação da imagem da Ressonância Magnética.

Esta pesquisa se adequa e respeita a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) que expõe detalhadamente as diretrizes e condições de pesquisas envolvendo seres humanos, direitos e deveres do pesquisador e pesquisado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

NEUROCISTICERCOSE (NCC)

O helminto *Taenia solium*, causador da neurocisticercose, é composto por um escólex globuloso com ventosas para sua fixação tecidual; colo, onde está localizado seu potencial de multiplicação e o estróbilo, sendo o restante do corpo do parasita⁸.

Seu ciclo biológico se inicia com a liberação de proglotes (segmentos do corpo do helminto) grávidas pelos dejetos de humanos infectados. Estes, liberam seus ovos no solo que, com temperatura e umidade satisfatórios, apresentam vasta conservação até serem ingeridos pelo suíno, seu hospedeiro intermediário. No estômago do suíno, os ovos eclodem com a ação da pepsina e no intestino as oncosferas são liberadas e ativadas, alojando-se em tecidos moles para seu desenvolvimento em cisticercos e serem consumidos pelo homem⁴.

A cisticercose também pode ser adquirida pela autoinfecção interna, onde os ovos retornam ao estômago devido a movimentos peristálticos, ou externa, quando o portador leva as mãos contaminadas à boca⁸.

A ingestão do cisticerco na carne suína contaminada causa teníase, mas a ingestão dos ovos em alimentos contaminados torna o ser humano hospedeiro intermediário, levando à neurocisticercose devido a migração das oncosferas presentes nos ovos ingeridos à corrente sanguínea e se alojando em tecidos, como o cérebro, causando diversas complicações.⁸.

A sintomatologia da neurocisticercose é dependente da região cerebral onde se encontra, o estágio do processo inflamatório, formação de granulomas e calcificações. Dentre as manifestações mais comuns estão cefaleia, alterações psíquicas, síndrome medular e meningite, além de episódios convulsivos associados à calcificação dos cisticercos⁹.

Dentre a evolução larval até sua calcificação, o desenvolvimento desse organismo passa por quatro estágios. Sendo eles⁸:

- Vesicular: apresenta escólex normal, membrana vesicular delgada e líquido vesicular incolor; seu período ativado é indeterminado, contudo, sua atrofia pode se iniciar dependendo da reação imunológica do hospedeiro;
- Coloidal: líquido vesicular turvo e escoléx em deterioração alcalina;
- Granular: depósitos de cálcio no gel vesicular e escólex se torna mineralizado e com granulações;
- Granular calcificado: cisticerco calcificado e reduzido.

O diagnóstico da neurocisticercose é realizado por neuroimagem e exames laboratoriais sorológicos, como o Blot de Imunotransferência Ligada a Enzima (EITB) e o Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) com amostras de líquido cefalorraquidiano (LCR)⁷. A Tomografia Computadorizada é mais sensível para identificar cisticercos calcificados, enquanto a Ressonância Magnética é superior na identificação dos estágios iniciais e do processo inflamatório¹⁰.

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: ASPECTOS FÍSICOS E FORMAÇÃO DA IMAGEM

O hidrogênio é o átomo mais relevante no corpo humano devido à sua abundância e simplicidade, possuindo um único próton que gira em torno de seu eixo, comportando-se como um ímã, o que é conhecido como spin e momento magnético. Quando um objeto carregado eletricamente realiza esse movimento de spin, torna-se um dipolo magnético. Assim, o próton do hidrogênio, sendo um dipolo magnético, produz um campo magnético e responde à presença de outros campos¹¹.

Ao entrar no campo magnético do aparelho, os prótons de hidrogênio se alinham em duas direções: na mesma direção (estado de menor energia) ou em direção oposta (estado de maior energia). A leve predominância de spins alinhados na mesma direção resulta em uma pequena magnetização, mas não há magnetização no plano transversal (eixos x e y) devido à ausência de fluxo magnético e à incoerência de fase entre os prótons¹².

A aplicação de um pulso de radiofrequência de 90° desvia os spins para o plano transversal, alinhando-os em fase temporariamente, o que permite a medição do sinal nas bobinas. Após o término do pulso, o sinal diminui gradativamente à medida que a magnetização retorna ao eixo longitudinal (eixo z). Esse declínio resulta da troca de energia entre spins vizinhos e origina duas interações: spin-spin e spin-rede. A "formação de eco" é um fenômeno que ocorre quando um pulso de radiofrequência inicial excita os prótons e, após um tempo, um segundo pulso emite um sinal que é um eco do primeiro, caracterizando as constantes de ponderação T1 e T2 das imagens de Ressonância Magnética¹².

A constante T1 refere-se ao tempo necessário para que 63% da magnetização retorne ao eixo longitudinal, sendo influenciada pelo tamanho das moléculas; moléculas menores, como a água, relaxam mais lentamente em comparação com moléculas maiores, como lipídios e proteínas¹¹. Já a ponderação T2 relaciona-se com a redução de magnetização no plano transversal em 37% de seu valor inicial, sendo influenciada pela interação spin-spin, onde a

coerência de fase é rapidamente perdida. Essa diferença permite a visualização divergente dos tecidos, juntamente com a formação de eco, essencial para a execução das imagens¹².

SEQUÊNCIAS E ROTINA DE CRÂNIO

As sequências de pulso na aquisição de imagens de crânio consideram fatores como o tempo de repetição (TR), o pulso inicial e o uso de um gradiente rebobinador. Essas particularidades permitem a obtenção de imagens ponderadas em T1 e T2, destacando regiões anatômicas para um diagnóstico e tratamento eficazes.

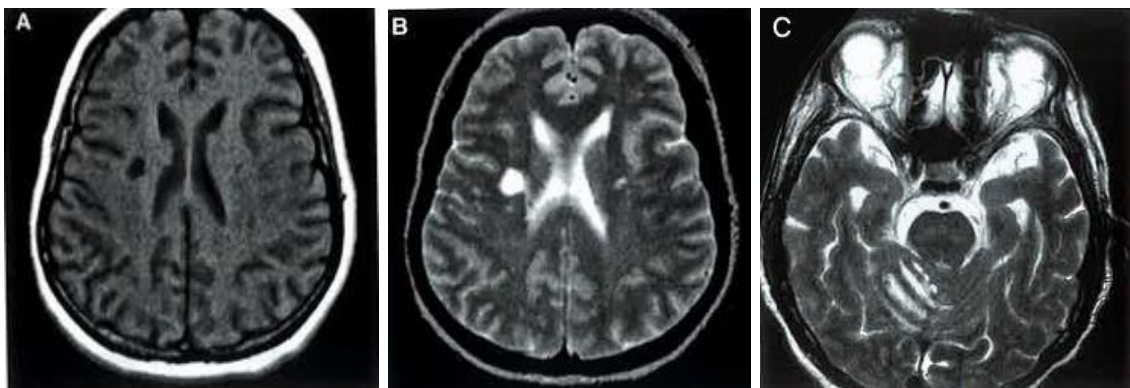
A priori, destaca-se além das ponderações T1 e T2, as sequências:

Spin-Eco (SE)

Utiliza um pulso de RF de 90° seguido por um pulso de 180°, com um tempo de eco (TE) reduzido pela metade. O primeiro pulso orienta os prótons para o plano transversal, enquanto a dispersão de frequência dos spins causa a defasagem. O pulso de 180° inverte a magnetização transversal, compensando essa defasagem e gerando um eco no sinal transversal. Devido à lentidão dessa sequência, é geralmente aplicada na ponderação T1, onde gordura e proteínas aparecem com hipersinal e líquidos com hipossinal¹³.

Sequência Fast Spin-Eco (FSE)

São mais ágeis, aplicando um pulso de 90° seguido de vários pulsos de 180°, gerando múltiplos ecos que compõem a imagem final. Embora a aquisição da imagem seja mais rápida, pode haver perda na resolução espacial devido ao TE curto. Na ponderação T2, líquidos aparecem em hipersinal, enquanto gordura e proteínas têm hipossinal. Estruturas calcificadas e hemorragias são menos visíveis, e a gordura pode apresentar hipersinal mesmo em sequências T2¹³.

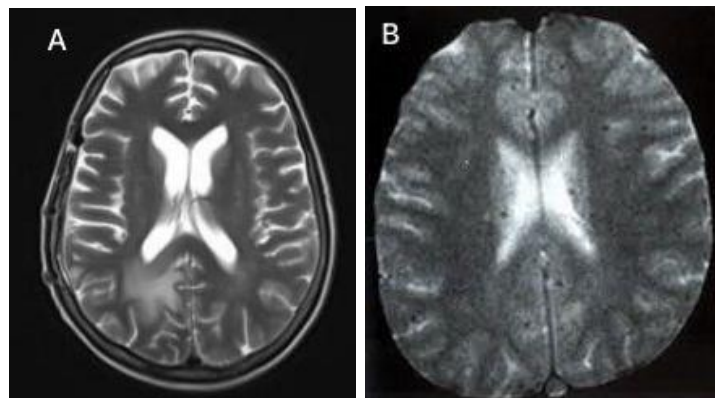


Imagens em plano axial. Em **A**, T1 SE com líquidos em hipossinal e gordura em hipersinal. Em **B**, T2 SE axial com líquidos em hipersinal e gordura em hipossinal. Em **C**, T2 FSE axial com gordura e líquidos em hipersinal.

Imagens retiradas do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

Sequência Gradiente-Eco (GRE)

Não utiliza um pulso de 180°, e o ângulo de inclinação é ajustado pelo operador. Um maior ângulo resulta em imagens mais características de T1, exigindo um tem de repetição maior para evitar comprometimento da imagem. A administração de contraste torna impossível a aquisição de imagens T2 puro, mas permite a captura de T1 ou T1 GRE, onde áreas com maior heterogeneidade têm hipossinal intenso. A versão ágil do GRE, chamada Steady State, acumula sinais de prótons com T2 mais longo durante a aquisição. Essa sequência é vantajosa pela rápida obtenção de imagens tridimensionais com cortes finos. As sequências podem ser coerentes (unspoiled), que preservam a magnetização acumulada, ou incoerentes (spoiled), que a descartam, sendo úteis para imagens ponderadas em T1 contrastadas¹³.



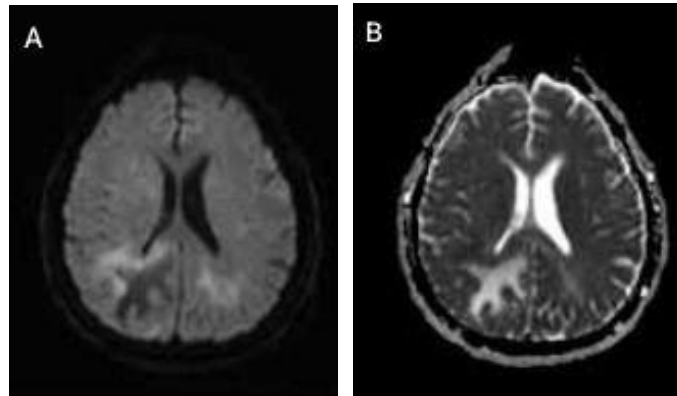
Imagens no plano axial. Em **A**, ponderação T2 pura. Em **B**, ponderação T2*. Imagem **A** retirada de Nobrega (2006, apud Gomes, 2019) adaptado de RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: PRINCÍPIOS BÁSICOS NA FORMAÇÃO DA IMAGEM COM ÊNFASE NA UTILIZAÇÃO DO CONTRASTE GADOLÍNIO. Imagem **B** retirada do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

Fast Imaging Employing Steady State Acquisition (FIESTA)

A sequência FIESTA possui um tempo de repetição muito curto e aplica gradientes balanceados, preservando a magnetização no plano transversal. Embora tenha hipersinal intenso para fluidos e boa resolução de imagem, é sensível à suscetibilidade magnética, o que pode comprometer a qualidade da imagem¹³.

Echo Planar Imaging (EPI)

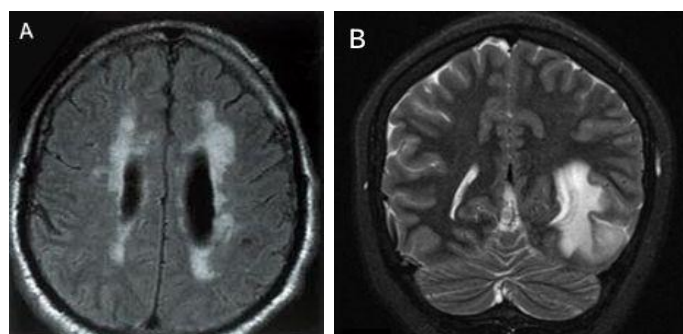
A sequência Echo Planar Imaging (EPI) adquire ecos em um ou até quatro tempos de repetição, sendo sensível a artefatos de suscetibilidade magnética. Para minimizar esses artefatos, pré-pulsos seletivos quimicamente são aplicados para saturação de gordura. A sequência de difusão, sendo um exemplo de EPI, é crucial para o diagnóstico de neurocisticercose, identificando o escólex do parasita em hipersinal, relacionado à viscosidade do líquido do ovo^{14,15}.



Imagens em plano axial. Em **A**, sequência em difusão. Em **B**, mapa Coeficiente de Difusão Aparente (ADC), utilizado para calcular e avaliar a celularidade e integridade dos tecidos. Imagens demonstram heterogeneidade lesional com hipointensidade no mapa ADC e hiperintensidade na sequência de difusão (restrição à difusão) à periferia e hiperintensidade no mapa ADC e hipointensidade na sequência de difusão e na região central da lesão. Imagens retiradas do artigo “CARACTERIZAÇÃO DAS LESÕES DE LEUCOENCEFALOPATIA MULTIFOCAL PROGRESSIVA POR IMAGEM DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA PONDERADA EM DIFUSÃO”¹⁶.

Sequências de Inversão-Recuperação (IR)

As sequências de Inversão-Recuperação (IR) são importantes para o diagnóstico de lesões encefálicas. A atenuação do sinal do líquido cefalorraquidiano (LCR) e da gordura é possível através da escolha do tempo de inversão (TI), conforme o T1 do tecido a ser suprimido devido à ausência de captação de sinal de magnetização quando estiver passando pelo ponto zero em T1¹³.

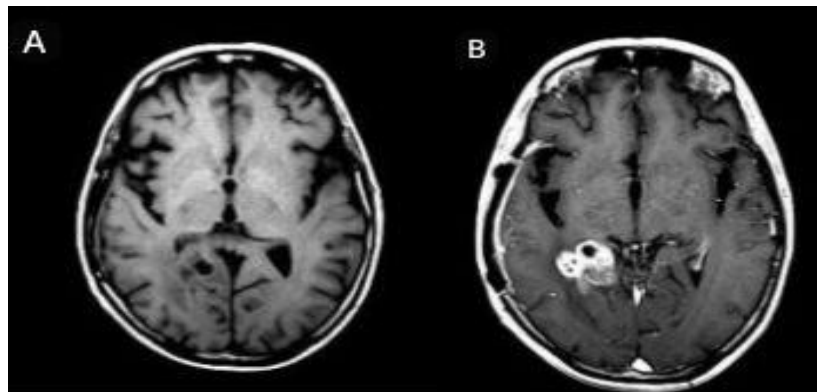


Imagens representativas às sequências FLAIR e STIR de pacientes distintos. Em **A**, corte axial na sequência FLAIR, apresenta processo inflamatório em hipersinal nas adjacências dos ventrículos laterais. Em **B**, corte

coronal na sequência STIR, apresenta lesão heterogênea na região occipital. Imagem A retirada do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³. Imagem B retirada do artigo “TUBERCULOSE DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL EM ADOLESCENTE: UM RELATO DE CASO”¹⁷.

Contraste Gadolínio

O gadolínio é o meio de contraste em Ressonância Magnética mais utilizado no Brasil devido seu alto momento magnético, gerando o aumento de intensidade de contraste na imagem. Esse fator, proporciona uma avaliação mais detalhada das regiões anatômicas desejadas em sequências T1, por exemplo, cujo contraste a base de gadolínio possui hipersinal, possibilitando um contraste adequado nessa sequência¹⁸.



Imagens em plano axial do mesmo paciente ponderadas em T1. Em A, sem administração do contraste. Em B, após o uso do contraste indicando lesão ativa em hipersinal. Elias-Junior (2008, apud Gomes, 2019) adaptado de RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: PRINCÍPIOS BÁSICOS NA FORMAÇÃO DA IMAGEM COM ÊNFASE NA UTILIZAÇÃO DO CONTRASTE GADOLÍNIO.

PROTOCOLO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NA AVALIAÇÃO DA NEUROCISTICERCOSE

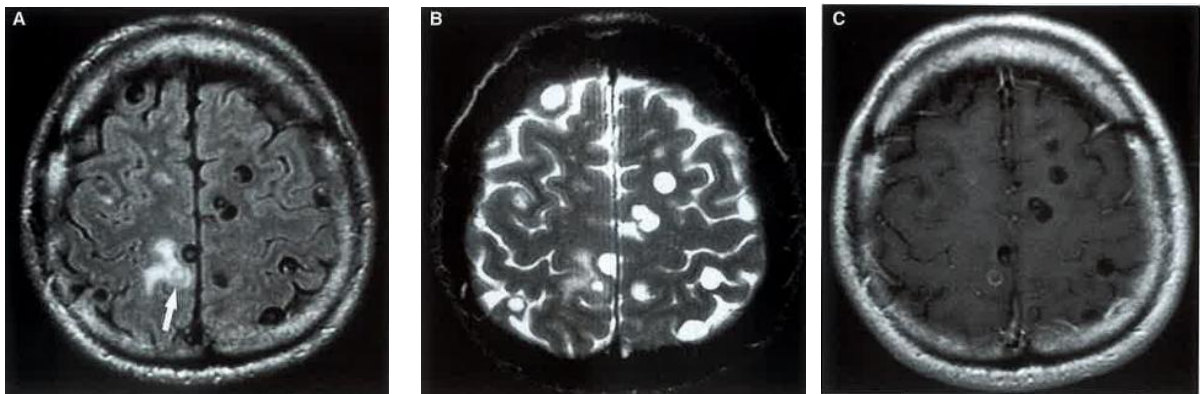
Como citado anteriormente, a neurocisticercose apresenta quatro estágios no parênquima cerebral: fase ventricular, fase coloidal, fase granular e fase calcificada. O alojamento dos cisticercos nos ventrículos, especialmente no quarto ventrículo, também é significativo¹⁹.

Fases Vesicular e Coloidal

Durante a fase vesicular, o ovo não provoca processos inflamatórios nos tecidos adjacentes e possui paredes finas com densidade de sinal semelhante ao líquido nas sequências

de Ressonância Magnética. É possível identificar um nódulo central representando o escólex do parasita, especialmente na sequência FLAIR¹³.

Na fase coloidal, o desenvolvimento de um processo inflamatório resulta em aumento da viscosidade do líquido e espessamento tecidual perilesional. O ovo apresenta sinais distintos do líquido, e após o uso de contraste gadolínio, observa-se realce do edema ao redor da lesão¹³.



Imagens no plano axial do mesmo paciente. Em **A**, FLAIR com ovos da mesma densidade de sinal que o líquido, destacando um nódulo central em realce representando o escólex do parasita, no estágio vesicular. Além disso, observa-se um ovo (seta) com realce perilesional, característica do estágio coloidal. Em **B**, ponderação em T2, o sinal perilesional do ovo em fase coloidal permanece. Em **C**, imagem em T1 após a administração do gadolínio destaca o realce adjacente do ovo no estágio coloidal. Imagens retiradas do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

Fases Granular e Calcificada

Nos estágios granular e calcificado, o parasita está inativo. Na fase granular, a redução do edema e a formação de tecido granulomatoso tornam a lesão semissólida, com realce nodular ou periférico. Na fase calcificada, os nódulos apresentam hipossinal em T2 e T2*, com sinal semelhante ao do tecido ósseo. Mesmo inativo, os ovos podem reativar, evidenciando edema perilesional residual, indicativo de inflamação em curso¹³.

Além disso, a capacidade de realizar imagens tridimensionais com cortes finos oferece uma visão detalhada da relação entre as lesões calcificadas e as estruturas cerebrais adjacentes, o que é crucial para o planejamento cirúrgico ou tratamento clínico¹³.



Imagens do mesmo paciente no plano axial. Em **A**, ovo em estágio granular com realce perilesional em FLAIR com zona central em hipossinal caracterizando início da calcificação do ovo. Edema perilesional começa a regredir nessa fase. Em **B**, observa-se lesões puntiformes na região do parênquima cerebral em ponderação T2*. Em **C**, diversas lesões com realce após o uso do contraste gadolínio em ponderação T1. Imagens retiradas do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

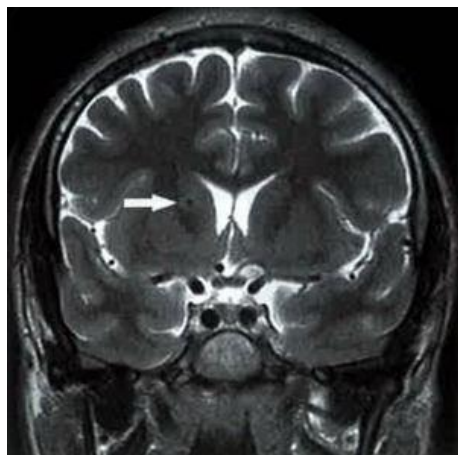
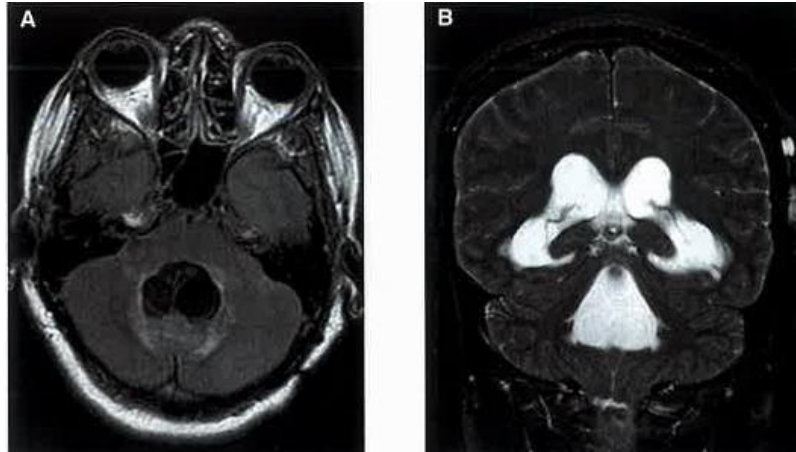


Imagem em coronal T2 representando lesão no parênquima cerebral (seta) com densidade de sinal semelhante ao sinal ósseo, sugerindo cisticerco em estágio calcificado. Imagem retirada do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

Neurocisticercose Intraventricular

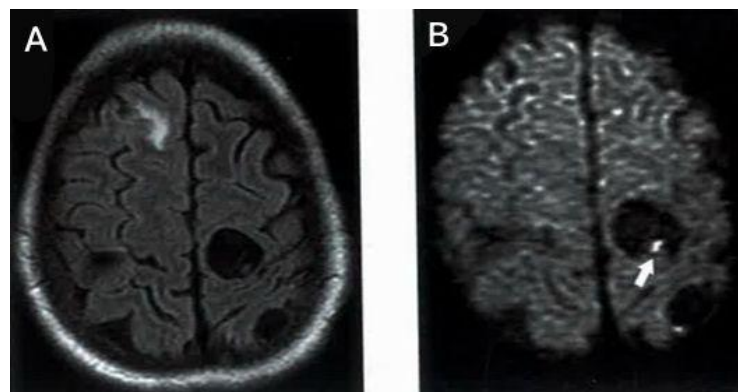
Em casos de neurocisticercose intraventricular, a distinção entre os sinais dos ovos e do líquido é sutil. A mobilidade do ovo pode causar deslocamento entre os ventrículos, levando a hipertensão intracraniana por hidrocefalia¹⁹.



Imagens em axial e coronal sequencialmente, retiradas do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³. Em ponderações FLAIR e T2, respectivamente, observa-se a dilatação do 3º e 4º ventrículo por um material sutilmente distinto do líquido.

Sequência de Difusão

A sequência de difusão é relevante para o diagnóstico da neurocisticercose, permitindo a identificação do escólex do parasita em hipersinal, que corresponde à viscosidade do líquido no ovo¹³.



Imagens em plano axial do mesmo paciente. Em A, observa-se lesão frontal direita em hipersinal em FLAIR. Em B, é possível identificar o escólex do parasita em hipersinal na sequência ponderada em difusão, definindo o diagnóstico de neurocisticercose. Imagens retiradas do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

ESPECTROSCOPIA PARA NEUROCISTICERCOSE

A ressonância magnética é um método importante para a espectroscopia, sendo capaz de estudar diversos núcleos, mais comumente o hidrogênio e o carbono. A Ressonância

Magnética fornece informações relevantes sobre a quantidade de átomos magneticamente distintos do isótopo estudado, como por exemplo, é possível determinar o número de cada tipo de próton não equivalente distintos do hidrogênio ao estudá-lo²⁰.

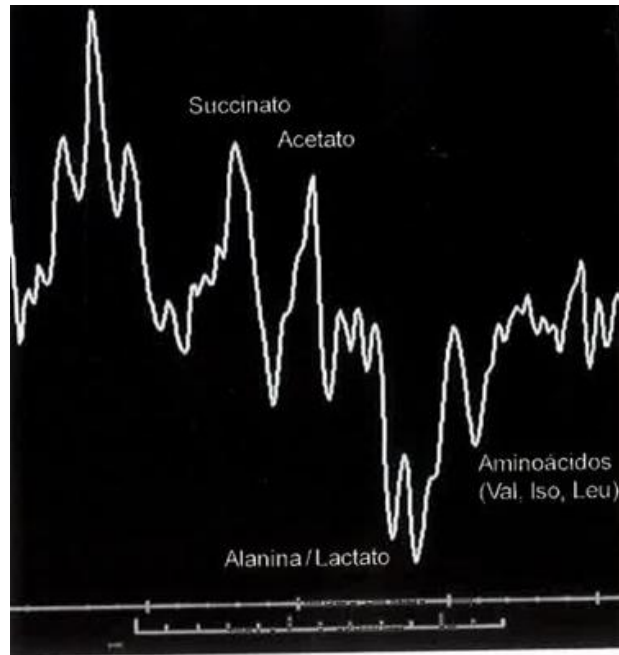
Durante a captação de sinal, observa-se primeiro um tipo de hidrogênio, em seguida outro, até que todos os prótons distintos (vinila, metila, fenila etc.) entrem em ressonância. Outrossim, um método mais moderno e facilitador é usar uma descarga energética de alta potência (pulso) que excita todos os núcleos magnéticos de uma molécula de uma só vez. Este pulso possui uma faixa de frequências que é grande o suficiente para excitar, com um único pulso, todos os diferentes tipos de hidrogênio da molécula²¹.

Assim que esse pulso é interrompido, os *spins* relaxam, emitindo radiação eletromagnética e, com a diversidade de núcleos, a radiação de cada um é diferente. Esse fenômeno é chamado de Sinal de Decaimento de Indução Livre (DIL) e, cai gradativamente assim que todos os núcleos perdem sua excitação. Com isso, as frequências dos diferentes núcleos são extraídas individualmente através de um computador e o método matemático de análise transformadora²¹.

Na espectroscopia para a neurocisticercose, é possível identificar metabólitos específicos como^{13,22}:

- Succinato: associado a processos inflamatórios e à presença de ovos parasitários;
- Alanina: associado a processos patológicos, como infecções e abscessos;
- Acetato: relacionada a atividade metabólica das células, podendo elevar-se em condições inflamatórias.

Por conseguinte, essa técnica também permite a avaliação do ambiente metabólico lesionado, monitoramento de resposta ao tratamento, diferenciação da lesão e o estudo de lesões calcificadas, colaborando para um diagnóstico e acompanhamento fiel à neurocisticercose.



Espectroscopia de prótons por Ressonância Magnética, com padrões pouco comuns de picos metabólicos anormais (succinato, acetato, alanina/lactato e aminoácidos). Imagem retirada do livro “NEURORRADIOLOGIA-DIAGNÓSTICO POR IMAGEM DAS ALTERAÇÕES ENCEFÁLICAS”¹³.

CONCLUSÃO

As particularidades da Ressonância Magnética se destacam no diagnóstico e tratamento da neurocisticercose, considerando as sequências com alta definição e qualidade para a identificação de processos inflamatórios e acompanhamento da evolução dos ovos presentes no parênquima cerebral.

Tendo isso em vista, na fase vesicular e coloidal, evidenciam-se as sequências FLAIR, devido a avaliação de edema perilesional e a visualização do escólex do cisticerco na sequência de Difusão. Nas fases granular e calcificada, sequências como, FLAIR, T2 e T2* se sobressaem devido a observação da redução do edema perilesional e a relação de densidade de sinal dos ovos com a do tecido ósseo, sendo condizente com o estágio calcificado. Ademais, a espectroscopia por Ressonância Magnética também evidencia seu valor, com a apresentação de padrões metabólicos específicos da neurocisticercose, contribuindo para um diagnóstico médico fidedigno.

Embora seu diagnóstico seja preciso e fiel, a população mais afetada por essa parasitose encontra-se nas periferias e zona rural, com condições sanitárias reduzidas e educação primária falha referente a higienização e saúde. À vista disso, o alto custo do exame é um empecilho para alcançar a cura e um tratamento eficaz para esse público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NEUROCYSTICERCOSIS by autoinfection. **Neurology India**, v. 72, n. 4, p. 905-906, 2024. Disponível em: <http://journals.lww.com/neur>.
2. PFUETZENREITER, Márcia Regina; ÁVILA-PIRES, Fernando Dias de. Epidemiologia da teníase/cisticercose por *Taenia solium* e *Taenia saginata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 541-548, 2000. DOI: 10.1590/S0103-84782000000300029.
3. LIMA, Sheyla Mara de Souza et al. Neurocisticercose intraventricular: um relato de caso. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 8, p. 1-9, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n8-056.
4. RODRÍGUEZ-LEYVA, Ildefonso et al. Neurocysticercosis and epilepsy: imaging and clinical characteristics. **Epileptic Disorders**, v. 25, n. 1, p. 94-103, 2023. DOI: 10.1002/epd2.20060
5. COELI, Gustavo Nunes Medina et al. Neurocisticercose nodular calcificada com sinais de reativação. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 291-293, set./out. 2012. DOI: 10.1590/S0100-39842012000500015
6. CARABIN, Hélène et al. Clinical manifestations associated with neurocysticercosis: a systematic review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 5, n. 5, e1152, 2011. DOI: 10.1371/journal.pntd.0001152.
7. TAKAYANAGUI, Osvaldo Massaiti; HAES, Tissiana Marques de. Update on the diagnosis and management of neurocysticercosis. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo, v. 80, supl. 1, p. 296-306, 2022. DOI: 10.1590/0004-282X-ANP-2022-S115.
8. NEVES, David Pereira. **Parasitologia humana**. 11. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2005. p. 227-237.
9. YUNG, Allen; McDONALD, Malcolm; SPELMAN, Denis; STREET, Alan; JOHNSON, Paul; SORRELL, Tania; McCORMACK, Joe (Ed.). **Infectious Diseases: A Clinical Approach**. 2. ed. East Hawthorn, Victoria: IP Communications, 2005. ISBN 095786177X. 602 p. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3373035>
10. COSTA, Anaídia Lopes da; SILVA FILHO, Wilson Seraine da; FRAZÃO, Denys Wanderson Pereira. A importância da Ressonância Magnética na fase nodular calcificada intermitente da Neurocisticercose: um estudo de prospecção da literatura científica.

- Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 78899-78915, out. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n10-356.
11. HAGE, Maria Cristina Ferrarini Nunes Soares; IWASAKI, Masao. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1287-1295, jul. 2009. ISSN 0103-8478.
 12. MAZZOLA, Alessandro A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. **Revista Brasileira de Física Médica**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 117-129, 2009.
 13. LEITE, Claudia da Costa; LUCATO, Leandro Tavares; AMARO JÚNIOR, Edson. **Neurorradiologia: diagnóstico por imagem das alterações encefálicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 6-17; p. 290-298.
 14. GONÇALVES, Juliana Therezinha Fajoses; PAZ, Wagner Antônio; RANGEL, Kerstin Kapp. Ressonância magnética das mamas: revisão da literatura. **Revista Brasileira de Mastologia**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 100-104, 2012.
 15. KOH, Dow-Mu; COLLINS, David J. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology. **American Journal of Roentgenology**, v. 188, n. 6, p. 1622–1635, jun. 2007. DOI: 10.2214/AJR.06.1403.
 16. BARATA TAVARES, Joana; GERALDO, Ana F.; NETO, Lia; REIMÃO, Sofia; CAMPOS, Jorge G. Caracterização das lesões de leucoencefalopatia multifocal progressiva por imagem de ressonância magnética ponderada em difusão. **Acta Médica Portuguesa**, Lisboa, v. 25, supl. 1, p. 34-37, jul./ago. 2012.
 17. SOUZA, Lídia Acyole de; ALVES, Giovanna Lourenco Luz; FERREIRA, Mariane Martins; SANTOS, Sandra Oliveira; SOUZA, Alvaro Paulo Silva e; OLIVEIRA, Luiz Fernando Alves de. Tuberculose do sistema nervoso central em adolescente: um relato de caso. **Revista Contemporânea**, Goiânia, v. 5, n. 2, p. 1-15, 2025. DOI: 10.56083/RCV5N2-081.
 18. GOMES, Raíssa Cipriano; CARNEIRO, Cristiene Costa. Ressonância magnética: princípios básicos na formação da imagem com ênfase na utilização do contraste gadolínio.

- Connectionline**, v. 21, p. 164-175, 2019. ISSN 1980-7341. Disponível em: <https://periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/1406/1507>.
19. GARCIA, H. H. Imaging findings in neurocysticercosis. **Brain Research Bulletin**, Peru, 2003. DOI: 10.1016/S0001-706X (03)00057-3.
 20. TOGNARELLI, J. M.; DAWOOD, M.; SHARIFF, M. I. F.; GROVER, V. P. B.; CROSSEY, M. M. E.; COX, I. J.; TAYLOR-ROBINSON, S. D.; McPHAIL, M. J. W. *Magnetic resonance spectroscopy: Principles and techniques: Lessons for Clinicians*. **J. Clin. Exp. Hepatol.**, v. 5, n. 4, p. 320-328, dez. 2015. DOI: 10.1016/j.jceh.2015.10.006. PMCID: PMC4723643.
 21. PAVIA, Donald L.; LAMPMAN, Gary M.; KRIZ, George S.; VYVYAN, James R. Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear – Parte 1: Componentes básicos. In: _____. *Introdução à espectroscopia*. Tradução da 4. ed. norte-americana. **Revisão técnica de Paulo Sergio Santos**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 101-106.
 22. CHAWLA, Sanjeev; ASADOLLAHI, Shadi; GUPTA, Pradeep Kumar; NATH, Kavindra; BREM, Steven; MOHAN, Suyash. Advanced magnetic resonance imaging and spectroscopy in a case of neurocysticercosis from North America. **Neuroradiol. J.**, v. 35, n. 1, p. 119–125, fev. 2022. DOI: 10.1177/19714009211026889. PMCID: PMC8826293.