



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA, CLÍNICOPATOLÓGICA E
ULTRAESTRUTURAL DA ARTROGRIPOSE E AXONOPATIA NA MEDULA
ESPINHAL DE BEZERROS NASCIDOS DE VACAS QUE CONSUMIRAM
REBROTA DE *Sorghum* spp. DURANTE A GESTAÇÃO**

ANA LÍVIA VASCONCELOS DE SOUSA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

**Brasília/DF
setembro, 2025**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA, CLINICOPATOLÓGICA E
ULTRAESTRUTURAL DA ARTROGRIPOSE E AXONOPATIA NA MEDULA
ESPINHAL DE BEZERROS NASCIDOS DE VACAS QUE CONSUMIRAM
REBROTA DE *Sorghum* spp. DURANTE A GESTAÇÃO**

**ALUNA: ANA LÍVIA VASCONCELOS DE SOUSA
ORIENTADOR: DR. MIZAEEL MACHADO
CO-ORIENTADOR: DR. MÁRCIO BOTELHO DE CASTRO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

Publicação: /2025

**Brasília/DF
setembro, 2025**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

**CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA, CLINICOPATOLÓGICA E
ULTRAESTRUTURAL DA ARTROGRIPOSE E AXONOPATIA NA MEDULA
ESPINHAL DE BEZERROS NASCIDOS DE VACAS QUE CONSUMIRAM
REBROTA DE *Sorghum* spp. DURANTE A GESTAÇÃO**

ANA LÍVIA VASCONCELOS DE SOUSA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA
AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS ANIMAIS, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS
ANIMAIS.**

APROVADA POR:

**MIZAEL MACHADO (Doutor, *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria* - INIA,
Uruguay)
(ORIENTADOR)**

**MÁRCIO BOTELHO DE CASTRO (Doutor, Universidade de Brasília)
(CO-ORIENTADOR)**

**IVO PIVATO (Doutor, Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**RICARDO ANTONIO AMARAL DE LEMOS (Doutor, Universidade Federal do Mato
Grosso do Sul)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 10 DE SETEMBRO DE 2025

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

SOUSA, A. L. V. **Caracterização epidemiológica, clinicopatológica e ultraestrutural da artrogripose e axonopatia na medula espinhal de bezerros nascidos de vacas que consumiram rebrota de *Sorghum* spp. durante a gestação.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. 2025, 30p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal autorizando a reprodução desta dissertação para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e encontra-se arquivado na Secretaria do Programa. A autora e seu orientador reservam para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Dissertação de Mestrado pode ser reproduzida sem a autorização escrita da autora ou de seu orientador. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA:

SOUSA, Ana Livia Vasconcelos de. Caracterização epidemiológica e clínico patológica da artrogripose e axonopatia na medula espinhal de bezerros nascidos de vacas que consumiram rebrota de *Sorghum* spp. Durante a gestação. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. 2025, 30p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Animais) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2025.

1. Artrogripose. 2. Axonopatia. 3. Bovinos. 4. Glicosídeos cianogênicos. 5. Perdas reprodutivas. 6. Plantas tóxicas.

Às minhas irmãs, Thais e Ana Larissa. Minha referência de equipe e parceria. Meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que, na Sua infinita bondade e justiça, me permitiu trilhar este caminho com saúde, força e resiliência; e à espiritualidade amiga e benfeitora, que, com a permissão de Deus, fortalece minha fé, vela sobre mim, me protege e me guia, com sabedoria, nos momentos de desafio e decisão.

À minha família, por me proporcionar os melhores meios para alcançar todos os meus objetivos, sendo o ponto-chave para cada uma das minhas conquistas. Agradeço ao meu pai, Jurandir, por ser meu suporte e alicerce; à minha mãe, Ana Mileny, por sempre me incentivar e me fortalecer; à Daniela, por me aconselhar e me acolher com tanto carinho; e às minhas irmãs, Thais e Ana Larissa, por serem meu campo de proteção e confidencialidade. Às minhas amigas Sofia, Karoline e Isabela, agradeço o amor, companheirismo e amizade. Sou grata por sempre me apoiarem e torcerem pelo meu sucesso.

Ao meu orientador, Dr. Mizael Machado, meu mentor nesta jornada, a quem eu tenho muita admiração. Sou grata por acreditar e confiar na minha capacidade. Agradeço a paciência, o empenho e a dedicação em me treinar ao longo deste processo. Sua orientação e suporte foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento profissional.

Ao meu co-orientador, Dr. Márcio Botelho de Castro, pela incansável dedicação à educação, que, desde a residência, tem me ensinado e apoiado profissionalmente. Agradeço por me permitir integrar a equipe do Laboratório de Patologia e Perícia da Universidade de Brasília (LPPV-UnB) e por toda a orientação ao longo desta jornada.

Ao Dr. Franklin Riet-Correa, nossa grande referência, cuja experiência e dedicação à ciência é uma verdadeira inspiração. Agradeço pela colaboração e orientação essenciais neste trabalho e pela generosidade em compartilhar seu conhecimento. É uma honra tê-lo como parte desta caminhada.

Ao Dr. Davi Emanuel, pelo suporte no aprendizado, tanto na rotina diária do LPPV-UnB quanto fora dele. Agradeço pelo companheirismo, pela constante presença e por me ensinar que, para fazer ciência, pessoas precisam de pessoas. Agradeço, ainda, a participação ativa na investigação dos casos deste trabalho.

À Prof. Cintia R. R. Queiroz-Machado, da *Universidad de la República del Uruguay* (UdelaR), sou imensamente grata pela receptividade e hospitalidade durante os momentos em que estive em Tacuarembó, Uruguai. Agradeço a participação ativa no estudo de investigação e por gentilmente revisar os artigos deste projeto.

Ao Dr. Alexandre Hataka e à Isabeli Contel, da Universidade Estadual Paulista (UNESP-Botucatu), e ao Dr. Muller Carrara Martins, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por compartilharem conosco casos de sua rotina.

Ao Msc. Anderson Saravia, do *Instituto Nacional de Investigación Agropecuária* (INIA, Uruguai), por gentilmente desenvolver o mapa ilustrado no estudo de investigação.

Ao Dr. Edson Moleta Colodel, da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), pela parceria, apoio técnico e revisão do estudo de investigação.

Ao Dr. Aníbal Armién, da University of California (Davis, US), que nos apoiou no processamento e análise ultraestrutural das lesões descritas neste trabalho.

À equipe da *Plataforma de Investigación en Salud Animal* (PSA), do INIA, Uruguai. Agradeço, especialmente, ao Dr. Alejo Menchaca (Coordenador da PSA-INIA), por me permitir ter a oportunidade de acompanhar a rotina da plataforma e de desenvolver parte deste trabalho na Instituição. Agradeço, ainda, à Alejandra Custodio (PSA Tacuarembó, INIA), pela assistência técnica histológica.

Ao LPPV-UnB, onde tive a oportunidade de aprender patologia diariamente. Agradeço aos técnicos Msc. Antônio Djalma e Leandro Santos pelo processamento histológico dos casos apresentados. Sou, especialmente, grata às minhas companheiras de pós-graduação, Luana, Liz e Yasmin, que tornaram a rotina, por vezes árdua, muito mais leve, sempre com muita parceria e amizade, me ensinando e auxiliando dentro e fora do laboratório.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Animais (Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV), da Universidade de Brasília, pela oportunidade; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo fornecimento da bolsa.

*Se não for hoje, será amanhã;
se não for nesta vida, será na outra.*

Item 12, “Motivos de resignação”,
Capítulo 5, “Bem-aventurados os aflitos”,
em O Evangelho segundo o Espiritismo.

Allan Kardec.

ÍNDICE

RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problemática e relevância	2
1.2. Objetivos	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Sorghum spp. e sua produção global	3
2.2. Determinação do princípio tóxico.....	3
2.3. Glicosídeos cianogênicos.....	4
2.4. Intoxicação hiperaguda/aguda por HCN.....	4
2.5. Acúmulo de nitrato e nitrito	5
2.6. Síndrome cistite-ataxia	6
2.7. Artrogripose e axonopatia congênita	7
2.8. Controle e profilaxia	8
CAPÍTULO 2	9
SORGHUM POISONING IN RUMINANTS AND HORSES: A REVIEW	9
CAPÍTULO 3	10
ARTHROGRYPOSIS AND AXONOPATHY IN THE SPINAL CORD IN OFFSPRING OF BEEF CATTLE GRAZING REGROWTH SORGHUM SPP. IN BRAZIL	10
CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA, CLINICOPATOLÓGICA E ULTRAESTRUTURAL DA ARTROGRIPOSE E AXONOPATIA NA MEDULA ESPINHAL DE BEZERROS NASCIDOS DE VACAS QUE CONSUMIRAM REBROTA DE *Sorghum* spp. DURANTE A GESTAÇÃO

Ana Livia Vasconcelos de Sousa¹, Márcio Botelho de Castro², Mizael Machado³

¹Médica Veterinária/Mestranda - Programa de Pós-graduação em Ciências Animais.

²Médico Veterinário/Doutor - Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, Brazil.

³Médico Veterinário/Doutor - *Plataforma de Investigación en Salud Animal* (PSA), *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria* (INIA), Tacuarembó, Uruguay.

O sorgo é uma gramínea amplamente utilizada na produção de grãos, distribuída em todo o território nacional. O pastejo de palhada de sorgo é uma estratégia crescente na bovinocultura brasileira em sistemas de integração devido à facilidade no cultivo e alto valor nutritivo. Perdas econômicas relacionadas ao sorgo na pecuária têm sido documentadas desde o século XIX. A intoxicação hiperaguda/aguda associada ao cianeto ou ao nitrato/nitrito ocorre frequentemente em ruminantes que consomem grandes quantidades de sorgo em crescimento e rebrotações após períodos de seca, seguidos de chuvas, respectivamente. A síndrome de cistite-ataxia crônica afeta principalmente equinos após semanas de pastejo em pastagens de sorgo, enquanto a artrogripose e a axonopatia congênita têm sido observadas em ovelhas e vacas prenhes que pastoreiam brotos de sorgo. As manifestações hiperagudas/agudas resultam do bloqueio da cadeia respiratória pelo cianeto. No entanto, a patogênese da exposição crônica, responsável pelas lesões na medula espinhal, bem como os potenciais efeitos teratogênicos do cianeto, incluindo abortos e deformidades nos membros, permanecem desconhecidos. Descrevemos os aspectos epidemiológicos, clínicos e patológicos de nove surtos de artrogripose e axonopatia associadas ao sorgo em bovinos de corte no Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (2014-2023). As vacas prenhas afetadas pastorearam a palha de sorgo entre 25 dias e 4 meses. Elas apresentaram abortos, nascimento de bezerros com artrogripose ou com déficits proprioceptivos. Lesões neurohistológicas típicas em quatro bezerros necropsiados incluíram esferóides axonais na substância cinzenta dos cornos dorsal e ventral da medula espinhal cervical. Ultraestruturalmente, as principais lesões incluem corpos residuais axonais e organelas degeneradas, o que confirma a degeneração axonal. O histórico epidemiológico e as lesões medulares nos bezerros afetados constituem achados característicos e confirmam o diagnóstico. Este é o primeiro relato nas Américas da síndrome congênita associada ao sorgo em bovinos de corte.

Palavras-chave: Artrogripose; Axonopatia; Bovinos; Glicosídeos cianogênicos; Perdas reprodutivas; Plantas tóxicas.

ABSTRACT

EPIDEMIOLOGICAL, CLINICOPATHOLOGICAL, AND ULTRASTRUCTURAL CHARACTERIZATION OF ARTHROGRYPOSIS AND AXONOPATHY IN THE SPINAL CORD IN OFFSPRING OF CATTLE THAT CONSUMED REGROWTH *Sorghum* SPP. DURING PREGNANCY

Ana Livia Vasconcelos de Sousa¹, Márcio Botelho de Castro², Mizael Machado³

¹Médica Veterinária/Mestranda - Programa de Pós-graduação em Ciências Animais,

²Médico Veterinário/Doutor - Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, Brazil.

³Médico Veterinário/Doutor - *Plataforma de Investigación en Salud Animal (PSA), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)*, Tacuarembó, Uruguay.

Sorghum is a grass widely cultivated for grain production and distributed throughout Brazil. Grazing on sorghum stover has become an increasingly adopted strategy in Brazilian beef cattle farming within integrated crop-livestock systems due to its ease of cultivation and high nutritional value. Economic losses associated with sorghum in livestock production have been documented since the 19th century. Hyperacute/acute poisoning related to cyanide or nitrate/nitrite frequently occurs in ruminants that consume large amounts of growing sorghum or regrowth following drought periods, followed by rainfall. Chronic cystitis-ataxia syndrome primarily affects horses after several weeks of grazing on sorghum pastures, while arthrogryposis and congenital axonopathy have been observed in pregnant sheep and cows grazing on sorghum sprouts. The hyperacute/acute manifestations result from the inhibition of the respiratory chain by cyanide. However, the pathogenesis of chronic exposure, responsible for spinal cord lesions, as well as the potential teratogenic effects of cyanide, including abortions and limb deformities, remain unknown. This study describes the epidemiological, clinical, and pathological aspects of nine outbreaks of arthrogryposis and axonopathy associated with sorghum in beef cattle herds from the Midwest and Southeast regions of Brazil between 2014 and 2023. The affected pregnant cows grazed on sorghum stover for 25 days to 4 months. These animals subsequently presented abortions or gave birth to calves with arthrogryposis or proprioceptive deficits. Typical neurohistological lesions observed in four necropsied calves included axonal spheroids within the gray matter of the dorsal and ventral horns of the cervical spinal cord. Ultrastructurally, the main lesions consisted of residual axonal bodies and degenerated organelles, confirming axonal degeneration. The epidemiological history associated with the spinal cord lesions in affected calves reveals characteristic findings, supporting the diagnosis. This is the first report in the Americas of this congenital syndrome associated with sorghum in beef cattle.

Keywords: Arthrogryposis; Axonopathy; Cattle; Cyanogenic glycosides; Reproductive losses; Poisonous plants.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de carne bovina, sendo a sanidade do rebanho um aspecto sempre relevante e de importância nacional. Atualmente, o rebanho bovino no Brasil compreende 238,6 milhões de animais (IBGE 2023) e os dados sobre as perdas anuais desse rebanho são escassos. Segundo Pessoa et al. (2013), foi estimada uma perda anual aproximada de 1,3 milhões de animais por intoxicações por plantas no Brasil. Na América do Sul, são conhecidas 219 plantas tóxicas de interesse pecuário (Riet-Correa et al. 2023), que podem causar danos à saúde, à produtividade do rebanho e até a morte dos animais de produção, sob condições naturais (Tokarnia et al. 2012). Dessas, 162 estão no Brasil e um número substancial dessas plantas tóxicas é forrageira que, em certas circunstâncias, causa graves perdas econômicas diretas ou indiretas (Riet-Correa et al. 2023).

Dentre as plantas tóxicas de interesse pecuário, alguns gêneros como *Sorghum*, *Manihot*, *Prunus*, *Anadenanthera*, *Piptadenia*, *Cnidoscolus*, *Cynodon* e *Passiflora* apresentam grande toxicidade por conterem glicosídeos cianogênicos e seu consumo leva à intoxicação por ácido cianídrico (HCN) (Riet-Correa et al. 2023). O sorgo é uma gramínea amplamente utilizada na produção de grãos, distribuída em todo o território nacional, que vem sendo cada vez mais empregada na alimentação de bovinos devido à facilidade no cultivo e alto valor nutritivo (Juffo et al. 2012).

O pastejo de palhada de sorgo é uma estratégia crescente na bovinocultura brasileira em sistemas de integração, devido ao seu valor nutritivo superior e capacidade de rebrota (Medeiros et al., 2019). No entanto, esse manejo pode favorecer intoxicações, especialmente após chuvas, quando as brotações apresentam altos teores de glicosídeos cianogênicos. A intoxicação por *Sorghum* spp. em bovinos, pode causar quadros hiperagudos ou agudos, decorrentes de HCN ou do acúmulo de nitrato e nitrito; síndrome de cistite-ataxia de evolução crônica; e, de forma mais rara, uma síndrome congênita caracterizada pela ocorrência de artrogripose e axonopatia (Sousa et al., 2025).

1.1. Problemática e relevância

A expansão significativa das áreas de cultivo de sorgo, impulsionada por sua rusticidade e menores custos de produção, tem contribuído para o aumento do consumo de brotações da planta, especialmente das palhadas após as chuvas. Esse consumo representa um risco considerável à saúde animal devido à presença de glicosídeos cianogênicos, compostos potencialmente tóxicos para ruminantes. Dentre as formas de intoxicação associadas ao sorgo, a síndrome congênita, caracterizada por aborto, artrogripose e axonopatia, é raramente reportada, anteriormente descrita em bovinos apenas na Austrália. No entanto, neste trabalho, essa condição foi identificada e caracterizada pela primeira vez no Brasil, por meio da investigação de surtos ocorridos em regiões de alta produção de sorgo. Nesse contexto, os dados apresentados contribuem de forma inédita para a compreensão dos aspectos epidemiológicos, clínicos e anatomopatológicos da intoxicação natural por sorgo em bovinos de corte no país.

Esta dissertação é composta por dois artigos, incluindo uma revisão de literatura e um artigo de investigação. O capítulo 2 apresenta uma revisão abrangente sobre a intoxicação por sorgo mundialmente, reunindo informações relacionadas à história da enfermidade, espécies acometidas, epidemiologia, princípio tóxico, patogênese, sinais clínicos, aspectos patológicos, tratamento, controle e medidas de profilaxia. Esta revisão foi publicada na revista *Toxicon*, Elsevier (10.1016/j.toxicon.2025.108375). No capítulo 3, é apresentado um estudo de investigação dos aspectos epidemiológicos, clínicos e patológicos de nove surtos de artrogripose e axonopatia associadas ao sorgo em bovinos de corte no Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (2014-2023). Este estudo foi publicado na revista *Toxicon*, Elsevier (10.1016/j.toxicon.2025.108439).

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral contribuir para o diagnóstico da artrogripose e axonopatia associadas ao consumo de sorgo em bovinos de corte. Como objetivos específicos, buscou-se caracterizar as condições epidemiológicas, distribuição geográfica, aspectos clínicos, anatomopatológicos e ultraestruturais de casos em bovinos de corte no Brasil a partir de um estudo de investigação realizado pelo Laboratório de Patologia e Perícia Veterinária da Universidade de Brasília (UnB) e o Serviço de Patologia Veterinária da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Sorghum* spp. e sua produção global

O gênero *Sorghum*, pertencente à família Poaceae, compreende diversas espécies adaptadas a regiões de clima tropical e subtropical, que apresentam capacidade de sintetizar glicosídeos cianogênicos, principalmente durante a fase de rebrota, o que as torna potencialmente tóxicas para ruminantes (Tokarnia et al., 2012; Riet-Correa & Mendonça, 2023). Apesar desse risco, o sorgo tem sido cada vez mais explorado como alternativa forrageira, especialmente em razão de sua tolerância a condições adversas de solo e clima, bem como por seu bom valor nutricional (Juffo et al., 2012).

As espécies *Sorghum bicolor*, *Sorghum sudanense* e seus híbridos estão entre as mais cultivadas para fins forrageiros no mundo (Mackay & Smith, 2015). Por outro lado, algumas espécies como *Sorghum halepense*, embora utilizadas como fonte de alimento para animais, são consideradas plantas invasoras em diversos continentes (Nóbrega et al., 2006; Giantin et al., 2024). O ranking de países produtores de sorgo é liderado por EUA, Nigéria e Brasil, respectivamente (USDA, 2025). No Brasil, a produção anual é estimada em aproximadamente 5 milhões de toneladas, sendo as regiões Centro-Oeste e Sudeste responsáveis pelas maiores áreas de cultivo, com cerca de 800 mil hectares plantados (IBGE 2023; USDA, 2025).

2.2. Determinação do princípio tóxico

Os primeiros registros de intoxicação associada ao consumo de sorgo por animais de produção foram descritos em 1858, em Lyon, durante um surto de mortalidade aguda em vacas que haviam pastejado brotos da planta (Rodet, 1858). Inicialmente atribuída ao nitrito de potássio, a toxicidade dos brotos foi posteriormente associada à presença de açúcares cristalizáveis e glicose em concentrações variáveis conforme o estágio da planta (Cornevin, 1893).

Entre 1877 e 1895, surtos semelhantes foram descritos na Índia, muitas vezes associados a períodos de seca (Pease, 1897). No Sudão e na Austrália, entre o final do século XIX e início do XX, observou-se aumento da toxicidade do sorgo em condições adversas, como déficit hídrico e presença de pulgões, embora a influência direta desses fatores não tenha sido confirmada (Balfour, 1904; Crawford, 1906).

A hipótese do nitrato de potássio como agente tóxico foi refutada por análises químicas (Hiltner, 1900), sendo substituída pela teoria de que a intoxicação seria decorrente da liberação de HCN a partir da hidrólise do glicosídeo cianogênico dhurrin por enzimas presentes na planta jovem (Slade, 1902; Dunstan & Henry, 1902). Esses achados foram confirmados por análises experimentais e observações de campo, consolidando o HCN como principal agente tóxico no sorgo em brotação (Peters et al., 1903).

2.3. Glicosídeos cianogênicos

O glicosídeo cianogênico presente no sorgo é chamado dhurrin ((S)-4-hydroxymandelonitrile β -D-glucoside) (Giantin et al., 2024). Este por si só não é tóxico, mas torna-se perigoso ao ser hidrolisado pelas enzimas β -glicosidase e liase presentes na própria planta, liberando assim o HCN. Essa hidrólise ocorre quando a matéria vegetal é degradada, por exemplo na mastigação (Tokarnia et al. 2012, Constable et al. 2017a).

Além da mastigação, os ruminantes possuem microrganismos ruminais que produzem β -glicosidase, e hidrolisam rapidamente glicosídeos cianogênicos, fazendo com que esses animais sejam mais propensos à intoxicação (Constable et al. 2017a). Após a hidrólise, o HCN é rapidamente absorvido no trato digestório e acessa a circulação sanguínea. Uma parte do HCN é eliminada pelos pulmões, e a grande maioria é transformada em tiocianetos no fígado, substâncias menos tóxicas que posteriormente serão excretadas na urina (Constable et al. 2017a).

Quatro manifestações clínicas relacionadas à intoxicação por sorgo foram descritas em ruminantes e equinos: forma hiperaguda e aguda por HCN ou por acúmulo de nitrato e nitrato; síndrome cistite-ataxia; e, mais raramente, síndrome congênita caracterizada por artrogripose e axonopatia em bezerros nascidos de vacas que consumiram sorgo durante a gestação (Sousa et al., 2025).

2.4. Intoxicação hiperaguda/aguda por HCN

Essa forma da intoxicação por sorgo em bovinos é bem reconhecida e amplamente documentada na literatura, com relatos descritos na França (Rodet, 1858), Índia (Pease, 1897; Sinha et al., 2019; Rajasokkappan et al., 2020; Chavhan et al., 2024; Kaliappan et al., 2025), EUA (Hiltner, 1900; Slade, 1902; Peters et al., 1903; True, 1911; Mathews, 1932), Egito (Dustan and Henry, 1902), Sudão (Balfour, 1904), Austrália (Crawford, 1906; Petrie, 1913), África do Sul (Steyn, 1934), Nova Zelândia (Gibb et al., 1974), Uruguai (Riet-Correa et

al., 1987; García y Santos & Riet, 2004), Brasil (Nóbrega et al., 2006; Juffo et al., 2012), Argentina (García et al., 2017), Espanha (Arroyo et al., 2017), e Itália (Giantin et al., 2024). Casos também têm sido reportados em equinos no Sudão (Balfour, 1904), caprinos no Brasil (Melo et al., 2005; Câmara et al., 2006), e búfalos na Índia (Muwel et al., 2018; Chavhan et al., 2024).

As intoxicações hiperagudas/agudas de fato ocorrem quando doses tóxicas são ingeridas em curto período (2 a 4 mg de HCN por kg de peso do animal, por hora) (Tokarnia et al., 2012). O HCN atua no bloqueio da cadeia respiratória, a partir da inibição da porção citocromo $\alpha\alpha 3$ do complexo IV, e a troca de oxigênio é suspensa, sendo retida no sangue, o que faz com que o animal entre em hipóxia (Giantin et al., 2024).

A principal manifestação da intoxicação hiperaguda por HCN é a anóxia cerebral seguida de morte (Constable et al. 2017a). Nos casos agudos, que são mais comuns, os sinais clínicos de intoxicação aparecem logo após ou já durante a ingestão da planta e os animais apresentam depressão, cambaleio, tremor muscular intenso, dispneia e decúbito, seguido de morte (Tokarnia et al. 2012, Constable et al. 2017a). Na autópsia, podem ser observados fragmentos da planta em meio ao conteúdo estomacal ou ruminal e, em casos muito agudos, o sangue venoso pode apresentar coloração vermelho-vivo. Congestão e hemorragias também podem ser encontradas na traqueia, pulmões, coração e trato gastrointestinal. Não há lesões histológicas características em casos hiperagudos ou agudos (Constable et al. 2017a, Riet-Correa & Mendonça 2023).

2.5. Acúmulo de nitrato e nitrito

A intoxicação por nitrato e nitrito em ruminantes é um problema amplamente reconhecido, decorrente do acúmulo dessas substâncias em forragens frescas, fenos ou silagens, especialmente sob condições ambientais como adubação nitrogenada, rebrota após períodos de seca seguidos de chuvas intensas e solos ricos em matéria orgânica (Casteel & Schaeffer, 2015).

O sorgo destaca-se como planta acumuladora de nitrato, com múltiplos relatos de mortalidade bovina associados ao seu consumo (Case, 1957; Carrigan & Gardner, 1982; Boermans, 1990; Odriozola, 2011; Abdisa & Dilbato, 2024). A patogenia envolve a oxidação do ferro do heme (Fe^{2+} para Fe^{3+}) pelo nitrito, levando à formação de metemoglobina e consequente anóxia; a ingestão direta de nitrito pode acelerar a manifestação clínica (Constable et al., 2017b).

Os sinais clínicos incluem fraqueza, intolerância ao exercício, dificuldade respiratória, cianose de mucosas, ataxia, tremores, convulsões e, frequentemente, morte súbita.

Exposições subletais prolongadas podem resultar em abortos e natimortos (Constable et al., 2017b). Embora não haja lesões anatomopatológicas específicas, são comuns a congestão vascular generalizada e a coloração escura das vísceras e do sangue. O diagnóstico é realizado por meio da análise química de soro, humor aquoso e forragem (Casteel & Schaeffer, 2015).

2.6. Síndrome cistite-ataxia

Bovinos, ovinos e equinos com exposição crônica ao HCN são descritos apresentando a síndrome de cistite-ataxia. Esta forma clínica afeta principalmente cavalos nos EUA (Prichard & Voss, 1967; Romane et al., 1965; Adams et al., 1969; Morgan et al., 1990), Austrália (Knight, 1968), Índia (Varshney et al., 1996; Randhawa et al., 1997; Sharma et al., 2000) e Argentina (Róllon et al., 2017), bovinos na Austrália (Macadam, 1967; McKenzie & McMicking, 1977) e na Argentina (Odriozola et al., 2009), bem como caprinos na Austrália (Glastonbury et al., 1997). Nessas mesmas espécies, a síndrome já foi relatada sem a ocorrência cistite ou qualquer alteração urinária, com predomínio de manifestações neurológicas (Gaggino & Carrillo, 1964; Prichard & Voss, 1967; Bradley et al., 1995; Glastonbury et al., 1997; Allen et al., 2004; Davies, 2018).

Os primeiros sinais clínicos observados nos animais acometidos surgem aproximadamente após dois meses de consumo e incluem ataxia dos membros pélvicos, que evolui progressivamente para paresia caudal, agressividade, decúbito lateral e incontinência urinária (Bretschneider et al., 2008; Odriozola et al., 2009; Mackay & Smith, 2015). O gotejamento urinário frequentemente resulta em dermatite na região perineal (Constable et al., 2017a). A cistite observada nesses casos é geralmente severa e, em alguns animais, pode evoluir para pielonefrite secundária, potencialmente fatal (Mackay & Smith, 2015).

Não são observadas lesões macroscópicas evidentes no sistema nervoso central. Histologicamente, observam-se esferóides axonais e desmielinização na medula espinhal, além de lesões em cerebelo e tronco encefálico, como necrose neuronal (Gaggino e Carrillo, 1964; Odriozola et al., 2009; Davies, 2018). Lesões no trato urinário, como uretrite e cistite esclerosante, ocorrem secundariamente à paralisia neurogênica (Adams et al., 1969; Morgan et al., 1990).

Embora a toxina responsável por essa síndrome não tenha sido totalmente identificada, acredita-se que doses repetidas e subletais de HCN provoquem lesões neurológicas no sistema nervoso central, cuja progressão leva à paralisia e, secundariamente, à cistite por

estase urinária e infecção bacteriana (Mackay & Smith, 2015; Adams et al., 1969; Randhawa & Singh, 2020).

2.7. Artrogripose e axonopatia congênita

Durante a gestação, a ingestão de brotos de sorgo por éguas, vacas e ovelhas tem sido associada ao surgimento de uma síndrome congênita rara em seus descendentes. É caracterizada por aborto, natimortalidade, morte perinatal e artrogripose (Mackay & Smith, 2015; Constable et al., 2017a). Embora incomum, há relatos do quadro em equinos nos EUA (Prichard & Voss, 1967; Adams et al., 1969) e na Índia (Sharma et al., 2000), em ovinos nos EUA (Bradley et al., 1995) e em bovinos na Austrália (Seaman et al., 1981; Moloney & Treloar, 1997; Allen et al., 2004).

Nos ruminantes, a síndrome ocorre principalmente no terço final da gestação (Seaman et al., 1981; Bradley et al., 1995), enquanto em éguas é mais comum entre os dias 20 e 120 da gestação (Prichard & Voss, 1967). Abortos e distocia por artrogripose foram relatados em todas as espécies descritas (Prichard & Voss, 1967; Adams et al., 1969; Bradley et al., 1995; Allen et al., 2004).

Os neonatos apresentam artrogripose, fraqueza, rigidez muscular e dificuldade para mamar ou manter-se em pé, podendo evoluir para morte precoce (Prichard & Voss, 1967; Moloney & Treloar, 1997; Sharma et al., 2000; Allen et al., 2004). Em bezerros e cordeiros, há descrições de déficits neurológicos graves, como opistótono, nistagmo e cegueira (Moloney & Treloar, 1997; Bradley et al., 1995). Microscopicamente, é caracterizada por esferóides axonais, degeneração Walleriana extensa na medula espinhal, ponte e cerebelo, e, menos frequentemente, necrose neuronal no tronco encefálico (Seaman et al., 1981; Bradley et al., 1995; Moloney & Treloar, 1997; Allen et al., 2004).

A patogênese não é completamente compreendida, mas acredita-se que o HCN induza neurotoxicidade, resultando em desnervação e restrição de movimento fetal, levando à artrogripose (Cooper & Valentine, 2016; Bradley et al., 1995; Seaman et al., 1981). Estudos experimentais demonstram que o cianeto pode causar malformações, aborto e lesões neurológicas em várias espécies (Selby et al., 1971; Singh, 1981; Frakes et al., 1986; Soto-Blanco & Gorniak, 2004; Sousa et al., 2007; Gotardo et al., 2015; Rusdi et al., 2023).

Agentes infecciosos como o vírus da diarreia viral bovina (BVDV), o vírus Akabane (AKAV), o vírus Aino (AINOV) e o vírus Peaton (PEAV) foram testados e descartados como potenciais causas dos sinais teratogênicos (Seaman et al., 1981). De forma semelhante, em ovelhas, vírus como BVDV, vírus da febre do Vale do Cache (CVV) e vírus da língua azul (BTV), assim como outros teratógenos vegetais endêmicos da região, também foram descartados como agentes causadores dessas síndromes congênitas (Bradley et al., 1995).

2.8. Controle e profilaxia

A profilaxia da intoxicação por sorgo inclui evitar que os animais pastejem a planta antes de sete semanas de crescimento (Riet-Correa & Mendonça, 2023). Forragens com suspeita de altos teores de nitrato devem ser previamente cortadas, a fim de reduzir a concentração de nitratos/nitritos; além disso, os animais expostos devem receber carboidratos adequados na dieta, favorecendo a utilização ruminal do nitrato e diminuindo a formação de nitrito tóxico. Identificar e eliminar a fonte de nitrato é a medida mais eficaz (Wilson, 2015; Constable et al., 2017b). O recurso a dispositivos portáteis de medição oferece uma opção eficaz para avaliar a concentração de nitratos em pastagens (Simões et al., 2022). Nos casos de síndrome cistite-ataxia, a retirada do sorgo da dieta leva à melhora clínica gradual, embora a recuperação completa nem sempre ocorra (Mackay & Smith, 2015). Ainda que o uso de sorgo em sistemas de integração lavoura-pecuária seja vantajoso (Medeiros et al., 2019), há riscos após chuvas, devido ao consumo de rebrota. Nesses períodos, recomenda-se evitar que fêmeas gestantes pastejem sorgo, destinando-o a outras categorias, como machos reprodutores, novilhas não prenhes, garrotes e bezerros.

CAPÍTULO 2

SORGHUM POISONING IN RUMINANTS AND HORSES: A REVIEW

Conteúdo publicado na revista *Toxicon*. 2025;24:108375. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108375>.

Reprodução e distribuição do conteúdo sob as leis de copyright.

CAPÍTULO 3

ARTHROGRYPOSIS AND AXONOPATHY IN THE SPINAL CORD IN OFFSPRING OF BEEF CATTLE GRAZING REGROWTH *SORGHUM* SPP. IN BRAZIL

Conteúdo publicado na revista *Toxicon*. 2025;24:108439. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108439>.

Reprodução e distribuição do conteúdo sob as leis de copyright.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribui para a compreensão dos aspectos epidemiológicos e caracterização anatomopatológica da artrogripose e axonopatia congênita associada ao consumo de sorgo por bovinos de corte. A característica marcante da doença é o nascimento de bezerros com artrogripose devido à lesão axonal observada principalmente nos cornos dorsal e ventral da medula espinhal cervical. A realização da avaliação epidemiológica, autópsia e exame histopatológico da medula espinhal de bezerros afetados é essencial para o correto diagnóstico da síndrome congênita associada ao sorgo. O mecanismo patogênico quanto à toxicose crônica do sorgo permanece desconhecido. O diagnóstico dessa enfermidade nas Américas reforça a necessidade de contínua investigação acerca dessa enfermidade.

Essa doença representa um grande desafio para os sistemas de produção integrada de lavoura-pecuária no Brasil. Este impacto é significativo para os produtores de bovinos de corte que dependem da palhada de sorgo durante períodos de escassez de forragem em regiões de cultivo de sorgo em grãos. Essas perdas podem ser agravadas pela mortalidade do gado devido à toxicidade aguda do sorgo ou a outras condições crônicas, como a síndrome cistite-ataxia. O conhecimento dessa enfermidade é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e manejo, visando reduzir as perdas econômicas na indústria pecuária. Nesse contexto, destaca-se a importância de incluir a artrogripose e a axonopatia associadas ao sorgo nos diagnósticos diferenciais para doenças causadoras de malformações fetais e lesões neurológicas em bovinos de corte no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDISA, T.; DILBATO, T. Toxic plants and their impact on livestock health and economic losses: a comprehensive review. *Journal of Toxicology*, p. 9857933, 2024.
- ADAMS, L. G.; DOLLAHITE, K. W.; ROMANE, W. M.; BULLARD, T. L.; BRIDGE, C. H. Cystitis and ataxia associated with sorghum ingestion by horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 155, n. 3, p. 518-524, 1969.
- ALLEN, J. G.; CREEPER, J. H.; FORSHAW, D.; KABAY, M. J.; MAIN, D. C.; RICHARDS, R. B. Plant-associated diseases, either new or new to the state, encountered over the last decade (1991–2001) in Western Australia. In: ACAMOVIC, T.; STEWART, C. S.; PENNYCOTT, T. W. *Poisonous plants and related toxins*. Chapter 81. 2004.
- ARROYO, R. G.; SOTILLO, A. J. Q.; MÉNDEZ, M. L. H.; SANTIYÁN, M. P. M. Agentes causales de intoxicaciones mortales en ganado bovino en España. *ITEA, Información Técnica Económica Agraria: revista de la Asociación*, 2017.
- BALFOUR, A. *First report of the Wellcome Research Laboratories at the Gordon Memorial College, Khartoum*. Department of Education, Sudan Government, 1904.
- BOERMANS, H. J. Diagnosis of nitrate toxicosis in cattle, using biological fluids and a rapid ion chromatographic method. *American Journal of Veterinary Research*, v. 51, n. 3, p. 491-495, 1990.
- BRADLEY, G. A.; METCALF, C.; REGGIARDO, C.; NOON, T. H.; BICKNELL, E. J.; ALARCON-LOZANO, F.; REED, R. E.; RIGGS, M. W. Neuroaxonal degeneration in sheep grazing *Sorghum* pasture. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, v. 7, n. 2, p. 229-236, 1995.
- BRETSCHNEIDER, G.; MATTERA, J.; SALADO, E. Intoxicación del ganado con ácido cianhídrico. Santa Fe, Argentina: Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, INTA, 2008.
- CÂMARA, H. P.; ARAÚJO, S. A. C.; ALVES, N. D.; SOTO-BLANCO, B. Case report of acute cyanide poisoning in goat by sorghum (*Sorghum* sp.). *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 28, n. 1, p. 38-40, 2006.

CARRIGAN, M. J.; GARDNER, I. A. Nitrate poisoning in cattle fed sudax (*Sorghum* sp. hybrid) hay. *Australian Veterinary Journal*, v. 59, n. 5, p. 155-157, 1982.

CASE, A. A. Some aspects of nitrate intoxication in livestock. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 130, n. 8, p. 323-329, 1957.

CASTEEL, S. W.; SCHAEFFER, J. W. Collapse and sudden death. In: SMITH, B. P. *Large animal internal medicine*. 5. ed. Missouri: Elsevier, 2015. p. 219-220.

CHAVHAN, S. G.; JADHAV, R. K.; AWANDKAR, S. P.; KONDRE, B. M.; KULKARNI, R. C. Gross pathology of *Sorghum bicolor* poisoning in bovines. *The Indian Veterinary Journal*, v. 101, n. 2, p. 27-29, 2024.

CONSTABLE, P. D.; HINCHCLIFF, K. W.; DONE, S. H.; GRUNBERG, W. Cyanogenic glycoside poisoning (cyanide hydrocyanic acid, prussic acid). In: *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs, and Goats*. 11. ed. Missouri: Elsevier, 2017a. p. 826–829..

CONSTABLE, P. D.; HINCHCLIFF, K. W.; DONE, S. H.; GRUNBERG, W. Nitrate and nitrite toxicosis. In: *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs, and Goats*. 11. ed. Missouri: Elsevier, 2017b. p. 829–832.

COOPER, B. J.; VALENTINE, B. A. Muscle and tendon. In: MAXIE, M. Grant (Ed.). *Jubb, Kennedy, and Palmer's Pathology of Domestic Animals*. 6. ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2016. v. 1.

CORNEVIN, C. *Les plantes vénéneuses et les empoisonnements qu'elles déterminent*. Paris, 1893.

CRAWFORD, A. C. The poisonous action of Johnson grass. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Bulletin n. 90, 1906.

DAVIES, M. Sorghum-associated neuroaxonal degeneration in Dorper lambs. *Flock and Herd Case Notes*, 2018. Disponível em: <https://www.flockandherd.net.au/sheep/ireader/neuroaxonal-degeneration-lambs.html>. Acesso em: 20 fev. 2025.

DUSTAN, W. R.; HENRY, T. A. Cyanogenesis in plants. Part II – The great millet, *Sorghum vulgare*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*, 1902.

FRAKES, R. A.; SHARMA, R. P.; WILLHITE, C. C.; GOMEZ, G. Effect of cyanogenic glycosides and protein content in cassava diets on hamster prenatal development. *Fundamental and Applied Toxicology*, v. 7, n. 2, p. 191-198, 1986.

GAGGINO, O. P.; CARRILLO, B. J. Ataxia de bovinos en pastoreo de sorgo. *IDIA: Informativo de Investigaciones Agrícolas*, n. 197, p. 28-30, 1964.

GARCÍA Y SANTOS, C.; RIET, F. Intoxicaciones diagnosticadas en bovinos en el laboratorio del área de toxicología de la facultad de veterinaria, entre 1993 y 2003. In: *XXXII Jornadas Uruguayas de Buiatría*, 2004.

GARCÍA, J. A.; CANTÓN, G. J.; GARCÍA, B. L.; MICHELOUD, J. F.; CAMPERO, C. M.; SPÄTH, E. J. A.; ODRIOZOLA, E. R. Retrospective analysis of cattle poisoning in Argentina (2000-2013). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 37, n. 3, p. 210-214, 2017.

GIANTIN, S.; FRANZIN, A.; BRUSA, F.; MONTEMURRO, V.; BOZZETTA, E.; CAPRAI, E.; FEDRIZZI, G.; GIROLAMI, F.; NEBBIA, C. Overview of cyanide poisoning in cattle from *Sorghum halepense* and *S. bicolor* cultivars in Northwest Italy. *Animals*, v. 14, p. 743, 2024.

GIBB, M. C.; CARBERY, J. T.; CARTER, R. G.; CATALINAC, S. Hydrocyanic acid poisoning of cattle associated with Sudax grass. *New Zealand Veterinary Journal*, v. 22, n. 7, p. 127, 1974.

GLASTONBURY, J. R. W.; EVERS, J.; CREIS, L. Neuroaxonal degeneration in sheep and goats associated with the ingestion of forage *Sorghum*. In: *Proceedings of the Annual Conference of the Australian Society for Veterinary Pathology*. Walkerville: Australian Society for Veterinary Pathology, 1997. p. 15-18.

GOTARDO, A. T.; HUEZA, I. M.; MANZANO, H.; MARUO, V. M.; MAIORCA, P. C.; GÓRNIK, S. L. Intoxication by cyanide in pregnant sows: prenatal and postnatal evaluation. *Journal of Toxicology*, 2015, Art. 407654, 2015.

HILTNER, R. S. The fatal effect of green sorghum: preliminary report. *Bulletin of the Agricultural Experiment Station of Nebraska*, n. 63. Lincoln: University of Nebraska, Agricultural Experiment Station of Nebraska, 1900.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agropecuária no Brasil de 2022. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/br>. Acesso em: 4 jun. 2025.

JUFFO, G. D.; PAVARINI, S. P.; WOUTERS, F.; OLIVEIRA, L. G. S.; ANTONIASSI, N. A. B.; CRUZ, C. E. F.; DRIEMEIER, D. Intoxicação espontânea por *Sorghum sudanense* em bovinos leiteiros no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 32, n. 3, p. 217–220, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012000300006>.

KALIAPPAN, S.; VENKATESH, A.; SUBRAMANIAN, S.; DEVARAJU, S.; RAMASAMY, R.; KALIYANNAN, M.; SWAMY, K. K. P.; RAMASWEE, C. S. Successful management of cyanogenic glycoside poisoning in a jersey crossbred cow. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, SP-9, n. 3, p. 75-77, 2025.

KNIGHT, P. R. Equine cystitis and ataxia associated with grazing of pastures dominated by *Sorghum* species. *Australian Veterinary Journal*, v. 44, p. 44, 1968.

MACADAM, J. F. Veterinary notes. *New South Wales Department of Agriculture*, v. 3, p. 14, 1967.

MACKAY, R. J.; SMITH, M. O. Sorghum toxicity. In: SMITH, B. P. *Large animal internal medicine*. 5. ed. Missouri: Elsevier, 2015. p. 1005-1006.

MATHEWS, F. P. Johnson grass (*Sorghum halepense*) poisoning. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 81, p. 663-666, 1932.

MCKENZIE, R. A.; MCMICKING, L. I. Ataxia and urinary incontinence in cattle grazing sorghum. *Australian Veterinary Journal*, v. 53, n. 10, p. 496-497, 1977.

MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. da C.; OLIVEIRA, L. O. F. de. Suplementação de bovinos de corte na integração lavoura-pecuária-floresta. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. cap. 34, p. 567-586.

MELO, C. H. P.; ARAÚJO, S. A. C.; SOTO-BLANCO, B. Intoxicação aguda pelo sorgo (*Sorghum* sp.) em caprino. *Revista Caatinga*, v. 18, n. 4, p. 279-282, 2005.

MOLONEY, B.; TRELOAR, G. Neuraxonal dystrophy in neonatal calves from dams grazing *Sorghum* pastures. In: *Proceedings of the Annual Conference of the Australian Society for Veterinary Pathology*. Walkerville: Australian Society for Veterinary Pathology, 1997. p. 19-20.

MORGAN, S. E.; JOHNSON, B.; BREWER, B.; WALKER, J. Sorghum cystitis ataxia syndrome in horses. *Veterinary and Human Toxicology*, v. 32, n. 6, p. 582, 1990.

MUWEL, N.; VERMA, R.; NIGWAL, D.; WASKEl, L.; MUWEL, M.; GURJAR, R. S.; INGOLE, M. Sorghum poisoning in buffaloes and its treatment. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 7, n. 3, p. 3737-3739, 2018.

NÓBREGA, J. E.; RIET-CORRÊA, F.; MEDEIROS, R. M. T.; DANTAS, A. F. M. Intoxicação por *Sorghum halepense* (Poaceae) em bovinos no semiárido. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 26, p. 201-204, 2006.

ODRIOZOLA, E. Poisoning by plants, mycotoxins, and algae in Argentinian livestock. In: RIET-CORRÊA, F.; PFISTER, J.; SCHILD, A. L.; WIERENGA, T. *Poisoning by Plants, Mycotoxins and Related Toxins*. UK: CAB International, 2011. p. 35-42.

ODRIOZOLA, E.; AGLIANO, S.; FIORITI, F.; MORENO, G.; CAMPERO, C.; CANTÓN, G. Ataxia and urinary incontinence in cattle grazing sorghum in Argentina. In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Poisonous Plants*, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2009.

PEASE, H. T. Poisoning of cattle by *Andropogon sorghum*. *The Journal of Comparative Medicine and Veterinary Archives*, v. 18, n. 11, p. 679-683, 1897.

PESSOA, C. R. M.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA, F. Importância econômica, epidemiologia e controle das intoxicações por plantas no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 33, n. 6, p. 752-758, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013000600011>.

PETERS, A. T.; SLADE, H. B.; AVERY, S. Poisoning of cattle by common sorghum and kafir corn. Bulletin 77. Lincoln: Nebraska Agricultural Experiment Station, 1903.

PETRIE, J. M. Hydrocyanic acid in plants. Part II. Its occurrence in the grasses of New South Wales. *Journal of Biological Chemistry*, n. 624, 1913.

PRICHARD, J. T.; VOSS, J. L. Fetal ankylosis in horses associated with hybrid Sudan pasture. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 150, p. 871-873, 1967.

RAJASOKKAPPAN, S.; RAJAN, T.; RAGHAVENDRAN, V. B. Sorghum poisoning in a cow and its successful management. *The Pharma Innovation Journal*, SP-9, n. 7, p. 164-165, 2020.

RANDHAWA, S. N. S.; SINGH, R. Ataxia - cystitis syndrome in equine. *Intas Polivet*, v. 21, n. II, p. 514-517, 2020.

RANDHAWA, S. N. S.; SINGH, R. Ataxia - cystitis syndrome in equine. *Intas Polivet*, v. 21, n. II, p. 514-517, 2020.

RIET-CORREA, F.; MACHADO, M.; MICHELOUD, J. F. Plants causing poisoning outbreaks of livestock in South America: a review. *Toxicon: X*, v. 17, p. 100150, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2023.100150>.

RIET-CORRÊA, F.; MENDONÇA, F. S. Plantas cianogênicas. In: RIET-CORRÊA, F. et al. *Doenças de ruminantes e equinos*. 4. ed. São Paulo: Medvet, 2023. v. 2, p. 295-299.

RIET-CORRÊA, F.; RIET-ALVARIZA, F.; SCHILD, A. L.; MÉNDEZ, M. C. Plantas tóxicas para bovinos en el Uruguay y Rio Grande del Sur. In: *XV Jornadas Uruguayas de Buiatría*, Paysandú, 1987.

RODET. Réflexions sur les causes d'empoisonnement de plusieurs vaches par le *Sorgho sucré*. *Journal de Médecine Vétérinaire de Lyon*, 1858.

ROLLÓN, N.; ROMERO, N.; AGUIRRE, F. O.; ANGELI, E.; PONTARELLI, F.; ALLASSIA, M.; RUIZ, M. F. Intoxicación por glucósidos cianogénicos en equinos. Reporte de un caso. *V Jornada de Difusión de la Investigación y Extensión*, 2017.

ROMANE, W. M.; ADAMS, L. G.; BULLARD, T. L.; DOLLAHITE, J. W. Cystitis syndrome in horses. In: *Proceedings of the Eleventh Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, 1965. p. 65-69.

- RUSDI, M. S.; NOVRIANTI, S.; HASANAH, N.; EFENDI, M. R.; ARMENIA, A. Effect of fermented cassava (*Manihot esculenta* Crantz) on maternal development and fetal teratogenicity in mice (*Mus musculus* L.). *Science, Engineering and Health Studies*, v. 17, Art. 23050017, 2023
- SEAMAN, J. T.; SMEAL, M. G.; WRIGHT, J. C. The possible association of a sorghum (*Sorghum sudanese*) hybrid as a cause of developmental defects in calves. *Australian Veterinary Journal*, v. 57, n. 7, p. 351-352, 1981.
- SELBY, L. A.; MENGES, R. W.; HOUSER, E. C.; FLATT, R. E.; CASE, A. A. Outbreak of swine malformations associated with the wild black cherry, *Prunus serotina*. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, v. 22, n. 4, p. 496-501, 1971.
- SHARMA, A. K.; KAUR, K.; RANDHAWA, S. S. Ataxia-cystitis syndrome in equines. *Punjab Veterinary Journal*, v. 8, p. 9-10, 2000.
- SHARMA, A. K.; KAUR, K.; RANDHAWA, S. S. Ataxia-cystitis syndrome in equines. *Punjab Veterinary Journal*, v. 8, p. 9-10, 2000.
- SIMÕES, J. G.; OLINDA, R. G.; MAIA, L. A.; CARVALHO, F. K. L.; DANTAS, A. F. M.; GALIZA, G. J. N.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA, F. Clinical and toxicological findings in nitrate and nitrite poisoning in cattle in Northeastern Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 42, e07038, 2022.
- SINGH, J. D. The teratogenic effects of dietary cassava on the pregnant albino rat: a preliminary report. *Teratology*, v. 24, p. 289-291, 1981. DOI: 10.1002/tera.1420240307.
- SINHA, R. K.; KUMARI, B.; KUMAR, A.; AZAD, C. S. Sorghum poisoning in cattle and its therapeutic management. *Journal of AgriSearch*, v. 6, p. 108-109, 2019.
- SLADE, H. B. Prussic acid in sorghum. *Journal of the American Chemical Society*, v. 25, n. 1, p. 55-59, 1902.
- SOTO-BLANCO, B.; GÓRNIK, S. L. Prenatal toxicity of cyanide in goats - a model for teratological studies in ruminants. *Theriogenology*, v. 62, n. 6, p. 1012-1026, 2004

SOUSA, A. B.; MAIORCA, P. C.; GONÇALVES, I. D.; SÁ, M. L. R.; GÓRNIK, S. L. Evaluation of effects of prenatal exposure to the cyanide and thiocyanate in Wistar rats. *Reproductive Toxicology*, v. 23, n. 4, p. 568-577, 2007.

SOUSA, A. L. V.; RIET-CORRÊA, F. R.; BOTELHO, M. B.; MACHADO, M. Sorghum poisoning in ruminants and horses: a review. *Toxicon*, v. 24, p. 108375, 2025

SOUSA, A. L. V.; RIET-CORREA, F.; BOTELHO DE CASTRO, M.; MACHADO, M. Sorghum poisoning in ruminants and horses: a review. *Toxicon*, v. 261, p. 108375, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108375>.

STEYN, D. G. *The toxicology of plants in South Africa*. South Africa: Central News Agency, 1934.

TOKARNIA, C. H.; BRITO, M. F.; BARBOSA, J. D.; PEIXOTO, P. V.; DÖBEREINER, J. Parte geral. p. 5-26. In: TOKARNIA, C. H. *et al.* (eds.). *Plantas tóxicas do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Helianthus, 2012.

TRUE, R. H. Poisons from sorghum. In: PAMMEL, L. H. *A manual of poisonous plants: chiefly of Eastern North America, with brief notes on economic and medicinal plants, and numerous illustrations (Part II)*. Iowa: The Torch Press, 1911.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Foreign Agricultural Service. *Sorghum explores*, 2024. Disponível em: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0459200&sel_year=2025&rankby=Production. Acesso em: 19 jul. 2025.

VARSHNEY, J. P.; GUPTA, A. K.; YADAV, M. P. Occurrence of ataxia-cystitis syndrome in horses fed on *Sorghum vulgare* in India. *Indian Veterinary Journal*, v. 73, p. 985-986, 1996.

WILSON, J. H. Poisonous plant. In: SMITH, B. P. *Large animal internal medicine*. 5. ed. Missouri: Elsevier, 2015. p. 1583-1584.