

# Imunologia & Doenças Infecciosas e Parasitárias

EDIÇÃO X

## Capítulo 23

### TOXOPLASMOSE: O PAPEL DO CICLO DE VIDA DO *TOXOPLASMA GONDII* NA TRANSMISSÃO POR ALIMENTOS

PAOLA DANIELA TUSO LEMA<sup>1</sup>  
JENNIFER MICAELA ARMAS CHUQUIMARCA<sup>1</sup>  
STIVEN ANDRES CAMAPAÑA ALMEIDA<sup>1</sup>

1. Discente - Medicina Veterinária, Universidad Central del Ecuador.

*Palavras-chave: Toxoplasma gondii; Transmissão Alimentar; Revisão da Literatura.*

DOI

10.59290/2662020021

EDITORA  
**P** PASTEUR



## INTRODUÇÃO

*Toxoplasma gondii* é um protozoário parasita intracelular com distribuição mundial, capaz de interagir com uma ampla variedade de hospedeiros, o que lhe confere um impacto significativo na saúde pública, uma vez que pode afetar seres humanos (TONG *et al.*, 2021). Seu ciclo de vida é complexo e envolve um hospedeiro definitivo, principalmente gatos, que podem excretar grandes quantidades de oocistos em suas fezes, e diversos hospedeiros intermediários, incluindo todos os vertebrados de sangue quente, ou seja, animais domésticos e selvagens, e até mesmo seres humanos. Este parasita pode persistir no ambiente por longos períodos, contribuindo para sua disseminação.

A infecção ocorre por ingestão ou inalação. Em humanos, a principal via de transmissão é o consumo de água ou alimentos contaminados, como carne, frutas e vegetais crus, malpassados ou desinfetados de forma inadequada. Também tem sido associada ao leite e derivados não pasteurizados, que podem causar uma série de manifestações clínicas e até mesmo a morte (AGUIRRE *et al.*, 2019). Os diversos produtos de seu ciclo de vida estão envolvidos na cadeia de propagação e infecção deste parasita, o que levanta preocupações sobre a implementação de medidas de controle e prevenção dentro da abordagem "Uma Só Saúde". Esta revisão bibliográfica concentra-se na análise de cada fase do ciclo de vida e sua relação com a transmissão dessa zoonose por meio de alimentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ciclo biológico de *Toxoplasma gondii*

*Toxoplasma gondii* apresenta um ciclo biológico complexo e heterógeno que envolve hospedeiros definitivos e intermediários, bem co-

mo estágios ambientalmente resistentes que facilitam sua transmissão. Essa estratégia biológica permite que o parasita persista na natureza e se transmita de forma eficiente por diversas vias, incluindo a exposição por alimentos (ROBERT-GANGNEUX, 2016; OPSTEEGH *et al.*, 2016).

Os felídeos, tanto domésticos quanto silvestres, atuam como hospedeiros definitivos de *T. gondii*. Nesses hospedeiros, o parasita completa sua fase sexual no epitélio intestinal, resultando na produção de oocistos não esporulados que são eliminados ao ambiente por meio das fezes. Um único felídeo infectado pode excretar milhões de oocistos em um curto período, constituindo uma fonte relevante de contaminação ambiental e um ponto-chave para a transmissão zoonótica (DUBEY *et al.*, 2020).

Uma vez liberados no ambiente, os oocistos necessitam passar por um processo de esporulação para adquirir capacidade infectante. Esse processo ocorre geralmente em poucos dias, sob condições ambientais favoráveis, como umidade adequada e presença de oxigênio. Os oocistos esporulados apresentam elevada resistência a fatores físicos e químicos, o que lhes permite permanecer viáveis no solo e na água por longos períodos, aumentando o risco de exposição para animais e seres humanos (ROBERT-GANGNEUX, 2016; SHWAB & ZHU, 2019).

Os hospedeiros intermediários, que incluem uma ampla variedade de mamíferos e aves, adquirem a infecção principalmente pela ingestão de oocistos esporulados presentes em ambientes contaminados ou pelo consumo de cistos teciduais contidos em presas ou carne infectada. Nesses hospedeiros, *T. gondii* se multiplica de forma assexuada. Durante a fase aguda da infecção, os taquizoítos se disseminam rapidamente pelos tecidos, enquanto na fase crônica

se diferenciam em bradizoítos, que permanecem contidos no interior de cistos teciduais (ELMORE *et al.*, 2017).

Os cistos teciduais localizam-se principalmente no tecido muscular e no sistema nervoso central, onde podem persistir por longos períodos, inclusive por toda a vida do hospedeiro. Essa persistência adquire especial relevância em animais destinados à produção de alimentos, uma vez que cistos teciduais viáveis no músculo representam uma fonte direta de infecção para os seres humanos por meio do consumo de carne crua ou insuficientemente cozida. Dessa forma, a fase assexuada do parasita nos hospedeiros intermediários constitui a base biológica da transmissão alimentar associada à carne (OPSTEEGH *et al.*, 2016; EFSA, 2018).

#### **Oocistos e contaminação ambiental**

Os oocistos constituem um dos estágios epidemiologicamente mais relevantes de *Toxoplasma gondii* devido à sua capacidade de persistência ambiental e ampla disseminação. Os felídeos podem eliminar grandes quantidades de oocistos após a infecção primária, os quais, uma vez esporulados, adquirem elevada resistência frente a condições ambientais adversas, como variações de temperatura, umidade e ação de desinfetantes comuns (ROBERT-GANGNEUX, 2016).

Os oocistos esporulados podem persistir por meses ou até anos no solo e na água, favorecendo a contaminação de ambientes naturais e agrícolas. Estudos recentes indicam que a água superficial e o solo contaminado atuam como reservatórios importantes de *T. gondii*, especialmente em regiões com alta densidade de gatos e deficiências em saneamento básico (EFSA, 2018; SHWAB & ZHU, 2019).

Do ponto de vista da transmissão alimentar, a contaminação ambiental desempenha papel

fundamental na contaminação de produtos vegetais frescos. Frutas e hortaliças podem ser contaminadas pelo contato com solo ou água contaminados, bem como por práticas inadequadas durante a colheita e a manipulação. O consumo de vegetais crus ou minimamente processados tem sido identificado como um fator de risco significativo para a toxoplasmose humana (ROBERT-GANGNEUX, 2016).

Além disso, a contaminação ambiental por oocistos constitui a principal via de infecção para os hospedeiros intermediários, incluindo os animais de abate. Animais em pastagem podem ingerir oocistos presentes na forragem ou na água de bebida, estabelecendo o vínculo entre a contaminação ambiental e a posterior transmissão alimentar por meio da carne (OPSTEEGH *et al.*, 2016).

#### **Cistos teciduais na carne e transmissão alimentar**

Os cistos teciduais que contêm bradizoítos representam o estágio biológico mais importante na transmissão alimentar associada ao consumo de carne. Animais como suínos, ovinos, caprinos e aves de criação atuam como hospedeiros intermediários e se infectam principalmente pela ingestão de oocistos esporulados presentes em ambientes contaminados (ELMORE *et al.*, 2017).

Após a infecção, *T. gondii* se dissemina de forma sistêmica durante a fase aguda, seguida pela formação de cistos teciduais nos tecidos musculares. Esses cistos podem persistir sem causar sinais clínicos evidentes, o que dificulta sua detecção em animais vivos e representa um desafio para a inocuidade alimentar (EFSA, 2018).

Evidências epidemiológicas recentes associam de forma consistente a toxoplasmose humana ao consumo de carne crua ou insuficientemente cozida. Revisões e avaliações de risco

identificaram essa via como uma das principais fontes de infecção humana, particularmente em regiões onde existem práticas culinárias tradicionais que envolvem cocção inadequada da carne (OPSTEEGH *et al.*, 2016; EFSA, 2018).

### **Papel dos oocistos na transmissão zoonótica alimentar**

#### Produção e resistência ambiental

Os oocistos de *Toxoplasma gondii* são produzidos no epitélio intestinal dos felinos, hospedeiros definitivos do parasita, após a fase de reprodução sexuada. Durante a infecção primária, os gatos podem eliminar milhões de oocistos em um período relativamente curto, um evento crucial para a disseminação do parasita no ambiente (DUBEY, 2010). Uma vez excretados, os oocistos necessitam de um processo de esporulação que geralmente ocorre entre um e cinco dias, após o qual se tornam totalmente infecciosos (DUBEY & JONES, 2008).

Os oocistos esporulados apresentam alta resistência a condições ambientais adversas, incluindo variações de temperatura e umidade, e à ação da maioria dos desinfetantes comuns. Essa notável capacidade de persistência permite que permaneçam viáveis por meses e até anos em solos úmidos e corpos d'água, contribuindo para a contaminação ambiental contínua e o risco permanente de exposição para humanos e animais (SHAPIRO *et al.*, 2019).

#### Contaminação de alimentos e água

Do ponto de vista epidemiológico, os oocistos desempenham um papel central na contaminação da água potável, de fontes de água superficiais e da água utilizada para irrigação agrícola, bem como de frutas e vegetais crus. Diversos estudos demonstraram a presença de oocistos de *T. gondii* em matrizes ambientais e alimentares, reforçando sua importância como veículo de transmissão alimentar, particularmente

em regiões com saneamento inadequado e uso de água não tratada (FERREIRA *et al.*, 2019; SHAPIRO *et al.*, 2019).

#### Importância epidemiológica

A transmissão mediada por oocistos é especialmente relevante em áreas com alta população felina e saneamento precário. Atualmente, essa via é considerada um dos principais determinantes da transmissão zoonótica de *T. gondii* por via alimentar em nível populacional, com um impacto particularmente significativo em países em desenvolvimento e áreas rurais (FERREIRA *et al.*, 2019).

### **Papel dos taquizoítos na transmissão alimentar características biológicas**

Os taquizoítos representam a fase de replicação rápida do *T. gondii* e são responsáveis pela infecção aguda e disseminação sistêmica do parasita no hospedeiro. Essas formas invadem ativamente as células nucleadas e se multiplicam por endodiogenia, permitindo a rápida expansão do parasita durante os estágios iniciais da infecção (DUBEY, 2010).

Ao contrário dos oocistos e bradizoítos, os taquizoítos apresentam baixa resistência fora do hospedeiro, sendo rapidamente inativados pelo calor, dessecação e pelo ambiente gástrico ácido. Essa sobrevivência limitada reduz sua importância na transmissão alimentar em larga escala (TENTER *et al.*, 2000).

#### Transmissão por alimentos e relevância epidemiológica

Apesar de sua fragilidade ambiental, os taquizoítos podem estar presentes em certos alimentos de origem animal, especialmente leite cru e produtos lácteos não pasteurizados, bem como em carne fresca minimamente processada de animais infectados. Casos de toxoplasmose humana foram descritos em associação com o

consumo de leite cru, particularmente leite de cabra, indicando que essa via de transmissão, embora menos frequente, não deve ser subestimada em comunidades rurais e sistemas de produção tradicionais (DUBEY, 2008; SHAPIRO *et al.*, 2019).

### **Papel dos bradizoítos em cistos teciduais na transmissão alimentar**

#### Persistência e cronicidade

Os bradizoítos estão contidos em cistos teciduais localizados principalmente nos músculos e órgãos dos hospedeiros intermediários. Esses cistos podem persistir ao longo da vida do hospedeiro sem causar manifestações clínicas óbvias, facilitando sua entrada não detectada na cadeia alimentar (DUBEY, 2010).

#### Transmissão pelo consumo de carne

O consumo de carne crua ou malpassada contendo cistos teciduais é uma das vias mais bem estabelecidas de infecção humana por *T. gondii*. As carnes mais frequentemente implicadas incluem carne suína, ovina, caprina e de aves, embora a relevância de cada uma varie dependendo da região, dos sistemas de produção animal e das práticas culinárias locais (TENTER *et al.*, 2000). Os bradizoítos apresentam relativa resistência aos processos de cura, defumação ou congelamento quando estes não são aplicados corretamente, aumentando o risco de transmissão (ZHU *et al.*, 2023).

O cozimento completo da carne é altamente eficaz na inativação dos cistos teciduais, o que destaca a importância de boas práticas de manuseio e preparo para alimentos de origem animal (DUBEY, 2010).

#### Importância relativa

Em regiões onde o consumo de carne é alto e as práticas culinárias incluem carne malpassada, os bradizoítos representam uma importante

fonte de infecção humana. No entanto, sua importância relativa varia consideravelmente entre países e contextos de produção, ressaltando a necessidade de estratégias de controle adaptadas a cada sistema de produção animal e padrão de consumo (ZHU *et al.*, 2023).

### **Discussão**

A literatura científica identifica diferentes abordagens para a compreensão da transmissão zoonótica de *Toxoplasma gondii* por alimentos. Algumas concepções restritivas têm se concentrado principalmente no papel da carne contaminada como o principal fator de risco para humanos, sem considerar de forma abrangente a complexidade do ciclo de vida do parasita e os fatores ambientais (DUBEY, 2010). No entanto, revisões mais recentes têm enfatizado que *T. gondii* é um parasita com múltiplas formas infectantes (oocistos, bradizoítos e taquizoítos) envolvidas em diferentes vias de transmissão, exigindo uma perspectiva mais ampla para a compreensão de sua epidemiologia transmitida por alimentos (ATTIAS *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, os oocistos esporulados têm sido descritos como o principal elo entre o hospedeiro definitivo (felinos) e o ambiente, devido à sua alta resistência e capacidade de persistir no ambiente, permitindo-lhes contaminar a água e alimentos frescos, como frutas e verduras (SHAPIRO *et al.*, 2019). Essa característica ecológica explica por que a transmissão por oocistos está frequentemente associada a surtos de toxoplasmose relacionados à água potável e a produtos frescos, conforme documentado em estudos recentes em diversos países (FERREIRA *et al.*, 2019).

Os bradizoítos contidos em cistos teciduais, por sua vez, são amplamente reconhecidos como a principal forma associada ao consumo de

carne crua ou malpassada de animais de criação, especialmente suínos, ovinos e caprinos, tornando esses produtos veículos eficientes de transmissão alimentar (ZHU *et al.*, 2023). No entanto, a importância relativa dessa via varia consideravelmente entre as regiões, demonstrando que as práticas culinárias, os sistemas de produção animal e os controles sanitários influenciam o risco de infecção (SHAPIRO *et al.*, 2019)

Embora os taquizoítos tenham sido tradicionalmente considerados de menor importância epidemiológica devido à sua fragilidade no ambiente, estudos têm demonstrado que eles podem sobreviver no leite cru, particularmente no leite de cabra, sugerindo que essa via pode ser relevante em contextos de produção artesanal de laticínios e em comunidades rurais (SHAPIRO *et al.*, 2019). Esta descoberta destaca que, em certos sistemas de produção tradicionais, a transmissão alimentar não se limita apenas à carne ou a produtos vegetais contaminados, podendo envolver outros fluidos animais que exigem medidas específicas de controle sanitário.

Sob a perspectiva de Saúde Única, esses achados corroboram a noção de que a transmissão alimentar de *T. gondii* não pode ser compreendida isoladamente; ela requer intervenções coordenadas que integrem o manejo da população felina, a implementação de boas práticas agrícolas, a melhoria do saneamento ambiental e a educação do consumidor (ATTIAS *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2019). A fragmentação das estratégias de controle atuais continua sendo uma limitação significativa para a redução da incidência de toxoplasmose, ressaltando a necessidade de abordagens abrangentes que considerem a biologia do parasita em todos os seus estágios infecciosos.

## CONCLUSÃO

Este estudo indica que o ciclo de vida do *Toxoplasma gondii* desempenha um papel crucial na transmissão zoonótica por alimentos, com cada um de seus estágios de desenvolvimento contribuindo de maneiras distintas e complementares. Os oocistos esporulados representam a principal ligação entre o ambiente e os alimentos frescos, sendo responsáveis pela contaminação da água, frutas e vegetais, enquanto os bradizoítos contidos nos cistos teciduais constituem a principal fonte de infecção associada ao consumo de carne crua ou malpassada de animais de criação. Os taquizoítos, embora menos relevantes em nível populacional, representam um risco potencial em contextos específicos por meio da ingestão de leite cru.

As evidências disponíveis sugerem que a importância relativa de cada via de transmissão é condicionada por fatores geográficos, ambientais e socioculturais, destacando a necessidade de políticas de saúde animal e segurança alimentar que priorizem estratégias de controle adaptadas a cada região e sistema de produção. Uma compreensão detalhada do papel de cada fase do ciclo de vida permite a identificação de pontos críticos de controle ao longo da cadeia alimentar e orienta intervenções preventivas direcionadas à pecuária. No entanto, são necessários mais estudos para avaliar a eficácia dessas medidas em diferentes sistemas de produção e contextos epidemiológicos, a fim de fortalecer a abordagem "Uma Só Saúde" e reduzir de forma sustentável o impacto da toxoplasmose na saúde pública.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, A.A. *et al.* The One Health approach to toxoplasmosis: epidemiology, control, and prevention strategies, *EcoHelath*, v. 16, 2019. doi: 10.1007/s10393-019-01405-7.
- ATTIAS, M. *et al.* The life-cycle of *Toxoplasma gondii* reviewed using animations. *Parasites Vectors*, v. 13, p. 588, 2020. doi: 10.1186/s13071-020-04445-z.
- DUBEY, J.P. *Toxoplasmosis of animals and humans*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- DUBEY, J.P. *Toxoplasma gondii*. In: WEISS, L.M. & KIM, K., editors. *Toxoplasma gondii: the model apicomplexan – perspectives and methods*. London: Academic Press, 2014.
- DUBEY, J.P. & JONES, J.L. *Toxoplasma gondii* infection in humans and animals in the United States. *International Journal for Parasitology*, v. 38, p. 1257, 2018. doi: 10.1016/j.ijpara.2008.03.007.
- DUBEY, J.P. *et al.* *Toxoplasma gondii* infections in cats and humans. *Trends in Parasitology*, v. 36, p. 772, 2020. doi: 10.1016/j.ijpara.2008.03.007.
- ELMORE, S.A. *et al.* *Toxoplasma gondii*: epidemiology, feline clinical aspects, and prevention. *Trends in Parasitology*, v. 33, p. 563, 2017. doi: 10.1016/j.pt.2010.01.009.
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY - EFSA. Public health risks associated with food-borne parasites. *EFSA Journal*, v. 16, e05495, 2018. doi:10.2903/j.efsa.2018.5495.
- FERREIRA, F.P. *et al.* Patterns of Transmission and Sources of Infection in Outbreaks of Human Toxoplasmosis. *Emerging Infectious Diseases*, v. 25, p. 2177, 2019. doi: 10.3201/eid2512.181565.
- OPSTEEGH, M. *et al.* *Toxoplasma gondii* in meat: an overview of prevalence, risk factors and control options. *Trends in Parasitology*, v. 32, p. 541, 2016.
- ROBERT-GANGNEUX, F. Epidemiology of toxoplasmosis: recent developments. *Trends in Parasitology*, v. 32, p. 749–761, 2016.
- SHAPIRO, K. *et al.* Environmental transmission of *Toxoplasma gondii*: Oocysts in water, soil and food. *Food and Waterborne Parasitology*, v. 15, e00049, 2019. doi: 10.1016/j.fawpar.2019.e00049.
- SHWAB, E.K. & ZHU, X.Q. Environmental transmission of *Toxoplasma gondii*. *Current Clinical Microbiology Reports*, v. 6, p. 27, 2019. doi: 10.1016/j.fawpar.2019.e00049.
- TENTER, A.M. *et al.* *Toxoplasma gondii*: from animals to humans. *International Journal for Parasitology*, v. 30, p. 1217, 2000. doi: 10.1016/s0020-7519(00)00124-7.
- TONG, W.H. *et al.* Behavioral biology of *Toxoplasma gondii* infection. *Parasites & Vectors*, v. 14, 2021. doi: 10.1186/s13071-020-04528-x.
- ZHU, S. *et al.* Quantitative risk assessment of oocyst versus bradyzoite foodborne transmission of *Toxoplasma gondii* in Brazil. *Pathogens*, v. 12, p. 870, 2023. doi: 10.3390/pathogens12070870.