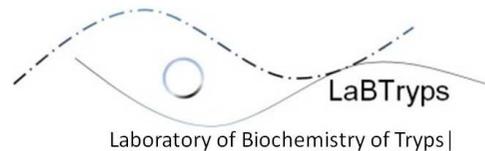


# Aspectos contemporâneos da parasitologia

BMP0104

## *Plasmodium* sp.



Ariel Mariano Silber  
Depto de Parasitologia  
ICB-USP



@Ariel\_Lab

# Plasmodium sp.

Chromalveolata

Cryptophyceae  
Haptophyta  
Stramenopiles

Cryptomonadales, Goniomonadales  
Pavlovophyceae, Prymnesiophyceae  
Actinophryidae, Bacillariophyta, *Bolidomonas*, Bicosoecida,  
Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatales,  
Hypochytriales, Labyrinthulomycetes, Opalinata,  
Pelagophyceae, Peronosporomycetes, Phaeophyceae\*,  
Phaeothamniophyceae, Pinguichrysidales, Raphidiophyceae,  
*Schizochytrids*, Synurales, Xanthophyceae  
Apicomplexa, Ciliophora, Dinozoa

Alveolata

CHROMALVEOLATA Adl et al., 2005 (P?)

Plastid from secondary endosymbiosis with an ancestral archaeplastid; plastid secondarily lost or reduced in some; with tertiary reacquisition of a plastid in others. **Note 13.**

- Alveolata Cavalier-Smith, 1991  
Cortical alveolae; alveolae sometimes secondarily lost; with ciliary pit or micropore; cristae tubular or ampulliform.
- Apicomplexa Levine, 1980, emend. Adl et al., 2005  
At least one stage of the life cycle with flattened subpellicular vesicles and an apical complex consisting of one or more polar rings, rhoptries, micronemes, conoid, and subpellicular microtubules; sexuality, where known, by syngamy followed by immediate meiosis to produce haploid progeny; asexual reproduction of haploid stages occurring by binary fission, endodyogeny, endopolyogeny, and/or schizogony; locomotion by gliding, body flexion, longitudinal ridges, and/or flagella. All parasitic except Colpodellida.
- Aconoidasida Mehlhorn, Peters, and Haberkorn, 1980 (P)  
Incomplete apical complex (conoid not present) in asexual motile stages; some diploid motile zygotes (öokinetes) with conoid; macrogametes and microgametes forming independently; heteroxenous.
- Haemospororida Danilewsky, 1885  
Zygote motile (öokinete) with conoid; flagellated microgametes produced by schizogonous process; öocyst formed in which sporozoites develop. *Mesnilium*, *Plasmodium*.

# *Plasmodium* sp.

Chromalveolata

Cryptophyceae  
Haptophyta  
Stramenopiles

Cryptomonadales, Goniomonadales  
Pavlovophyceae, Prymnesiophyceae  
Actinophryidae, Bacillariophyta, *Bolidomonas*, Bicosoecida,  
Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatales,  
Hypochoytriales, Labyrinthulomycetes, Opalinata,  
Pelagophyceae, Peronosporomycetes, Phaeophyceae\*,  
Phaeothamniophyceae, Pinguichrysidales, Raphidiophyceae,  
~~Schizochalka~~, Synurales, Xanthophyceae  
Apicomplexa, Ciliophora, Dinozoa

Alveolata

CHROMALVEOLATA Adl et al., 2005 (P?)

Plastid from secondary endosymbiosis with an ancestral archaeplastid; plastid secondarily lost or reduced in some; with tertiary reacquisition of a plastid in others. **Note 13.**

- Alveolata Cavalier-Smith, 1991  
Cortical alveolae; alveolae sometimes secondarily lost; with ciliary pit or micropore; cristae tubular or ampulliform.
- Apicomplexa Levine, 1980, emend. Adl et al., 2005  
At least one stage of the life cycle with flattened subpellicular vesicles and an apical complex consisting of one or more polar rings, rhoptries, micronemes, conoid, and subpellicular microtubules; sexuality, where known, by syngamy followed by immediate meiosis to produce haploid progeny; asexual reproduction of haploid stages occurring by binary fission, endodyogeny, endopolyogeny, and/or schizogony; locomotion by gliding, body flexion, longitudinal ridges, and/or flagella. All parasitic except Colpodellida.

J. Eukaryot. Microbiol., 52(5), 2005 pp. 399–451  
© 2005 by the International Society of Protistologists  
DOI: 10.1111/j.1550-7408.2005.00053.x

## The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists

SINA M. ADL,<sup>a</sup> ALASTAIR G. B. SIMPSON,<sup>a</sup> MARK A. FARMER,<sup>b</sup> ROBERT A. ANDERSEN,<sup>c</sup>  
O. ROGER ANDERSON,<sup>d</sup> JOHN R. BARTA,<sup>c</sup> SAMUEL S. BOWSER,<sup>f</sup> GUY BRUGEROLLE,<sup>g</sup>  
ROBERT A. FENSOME,<sup>h</sup> SUZANNE FREDERICQ,<sup>i</sup> TIMOTHY Y. JAMES,<sup>j</sup> SERGEI KARPOV,<sup>k</sup>  
PAUL KUGRENS,<sup>l</sup> JOHN KRUG,<sup>m</sup> CHRISTOPHER E. LANE,<sup>n</sup> LOUISE A. LEWIS,<sup>o</sup> JEAN LODGE,<sup>p</sup> DENIS H. LYNN,<sup>q</sup>  
DAVID G. MANN,<sup>r</sup> RICHARD M. MCCOURT,<sup>s</sup> LEONEL MENDOZA,<sup>t</sup> ØJVIND MOESTRUP,<sup>u</sup>  
SHARON E. MOZLEY-STANDRIDGE,<sup>v</sup> THOMAS A. NERAD,<sup>w</sup> CAROL A. SHEARER,<sup>x</sup> ALEXEY V. SMIRNOV,<sup>y</sup>  
FREDERICK W. SPIEGEL<sup>z</sup> and MAX F. J. R. TAYLOR<sup>aa</sup>

# *Plasmodium* sp.

**Reino:** Protista

**Sub-reino:** Protozoa

**Filo:** Apicomplexa

Classe	Ordem	Família	Gênero
Conoidasida	Eucoccidiida	Eimeriidae	<i>Isospora</i>
		Cryptosporidiidae	<i>Cryptosporidium</i>
		Sarcocystidae	<i>Sarcosystis</i> <i>Toxoplasma</i>
Aconoidasida	Hemosporodida	Plasmodiidae	<i>Plasmodium</i>

# *Plasmodium* sp.

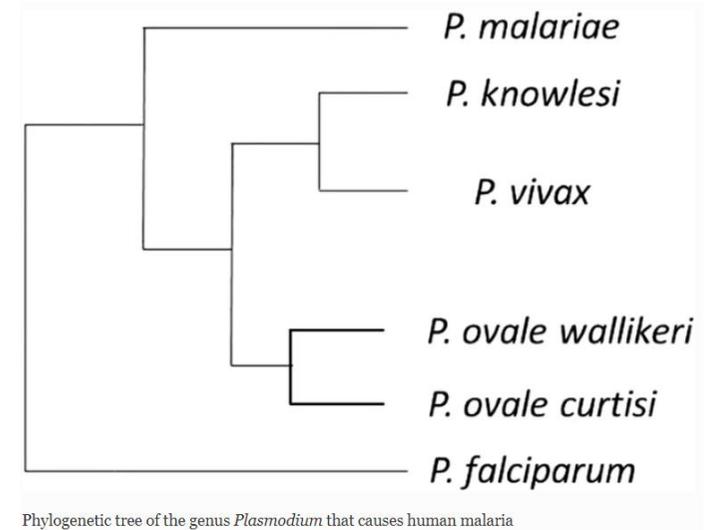
*Plasmodium*

*P. vivax*  
*P. falciparum*  
*P. malariae*  
*P. ovale*  
*P. knowlesi*

>200 outras espécies

~22 infectam macacos

~50 infectam aves ou répteis



Genetics, Evolution, and Phylogeny - Review | Published: 06 November 2018

*Plasmodium* genomics: an approach for learning about and ending human malaria

[José Antonio Garrido-Cardenas](#) , [Lilia González-Cerón](#), [Francisco Manzano-Agugliaro](#) & [Concepción Mesa-Valle](#)

[Parasitology Research](#) **118**, 1–27(2019) | [Cite this article](#)

# *Plasmodium* sp.

<i>Plasmodium</i>	<i>P. vivax</i>	Febre terçã benigna (48 hs.)
	<i>P. falciparum</i>	Febre terçã maligna (36 a 48 hs.)
	<i>P. malariae</i>	Febre quartã (72 hs.)
	<i>P. ovale</i>	Febre terçã benigna (48 hs)
	<i>P. knowlesi</i>	Febre terçã maligna (48 hs)
	>200 outras espécies	
	~22 infectam macacos	
	~50 infectam aves ou répteis	

# *Plasmodium* sp.

<i>Plasmodium</i>	<i>P. vivax</i>	Febre terçã benigna (48 hs.)	} Brasil
	<i>P. falciparum</i>	Febre terçã maligna (36 a 48 hs.)	
	<i>P. malariae</i>	Febre quartã (72 hs.)	
	<i>P. ovale</i>	Febre terçã benigna (48 hs)	
	<i>P. knowlesi</i>	Febre terçã maligna (48 hs)	
	>200 outras espécies		
	~22 infectam macacos		
	~50 infectam aves ou répteis		

# *Plasmodium* sp.

## Ciclo de vida complexo

**Hospedeiros definitivos:** mosquitos do gênero *Anopheles*

### **Hospedeiros intermediários:**

Só infectam humanos excepto *P. ovale* e *P. knowlesii* (podem infectar algumas espécies de macacos)

No hospedeiro intermediário infectam inicialmente tecido hepático e posteriormente hemácias

### **Formas:**

**Esporozoito:** forma desenvolvida no mosquito, infectiva para o homem

**Hipnozoito:** pode permanecer “dormente” no fígado (só *P. falciparum*)

**Trofozoito:** jovem (forma de anel) -> maduro (forma “ameboide”), formas replicativas intraeritrocíticas

**Merozoito:** formas invasivas para as hemácias provenientes de hepatócitos

**Esquizonte:** forma infectiva para as hemácias provenientes de hemácias

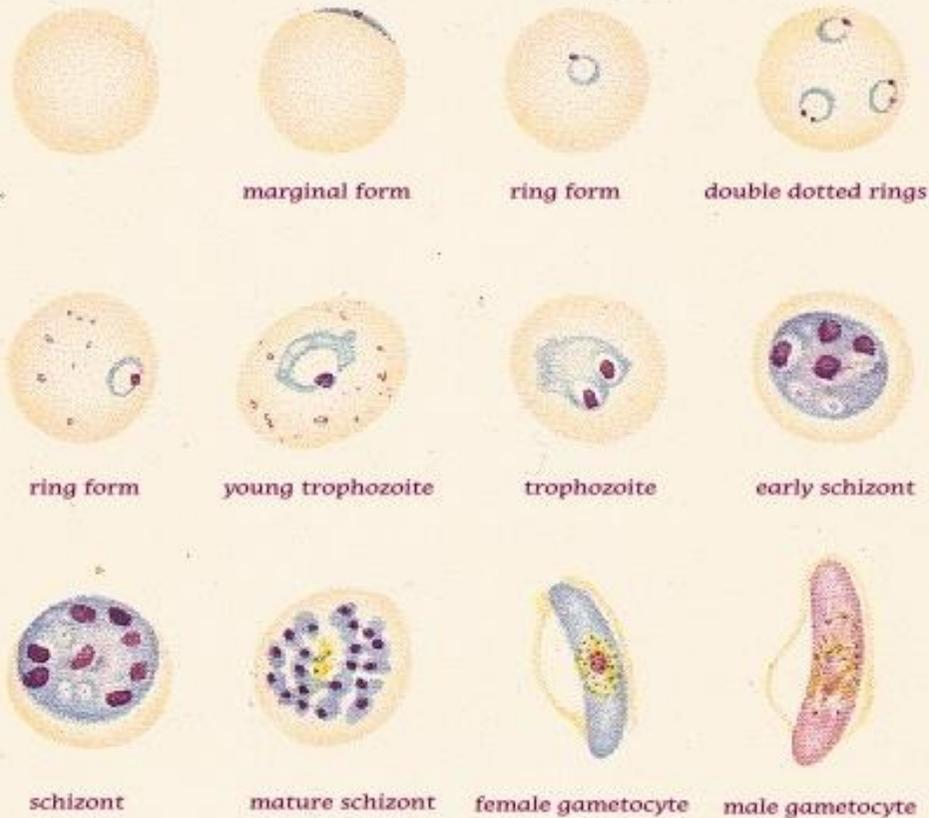
**Gametócitos:** formas sexuais

**Oocineto:** forma móvel dentro do inseto, produto da diferenciação do zigoto

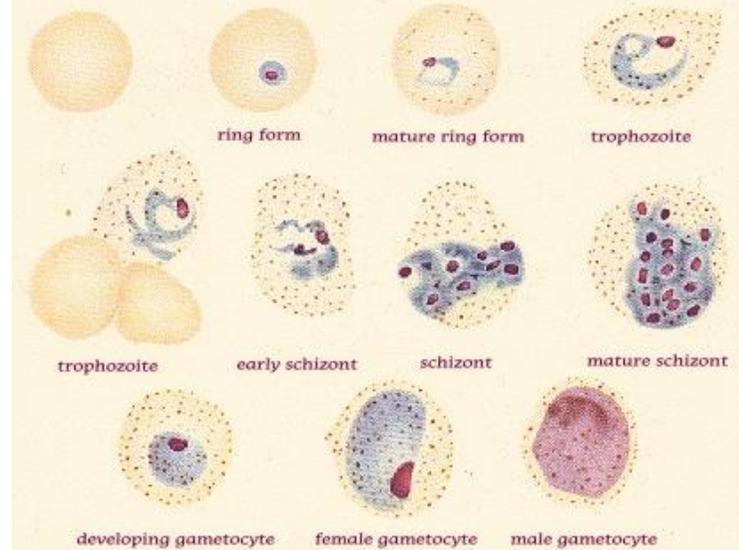
**Oocisto:** forma alojada na glândula salivar do inseto que libera os esporozoitos

# Plasmodium sp.

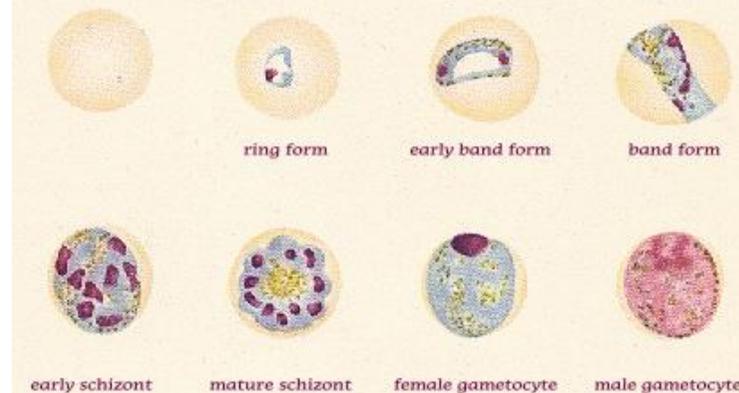
## *P. falciparum*



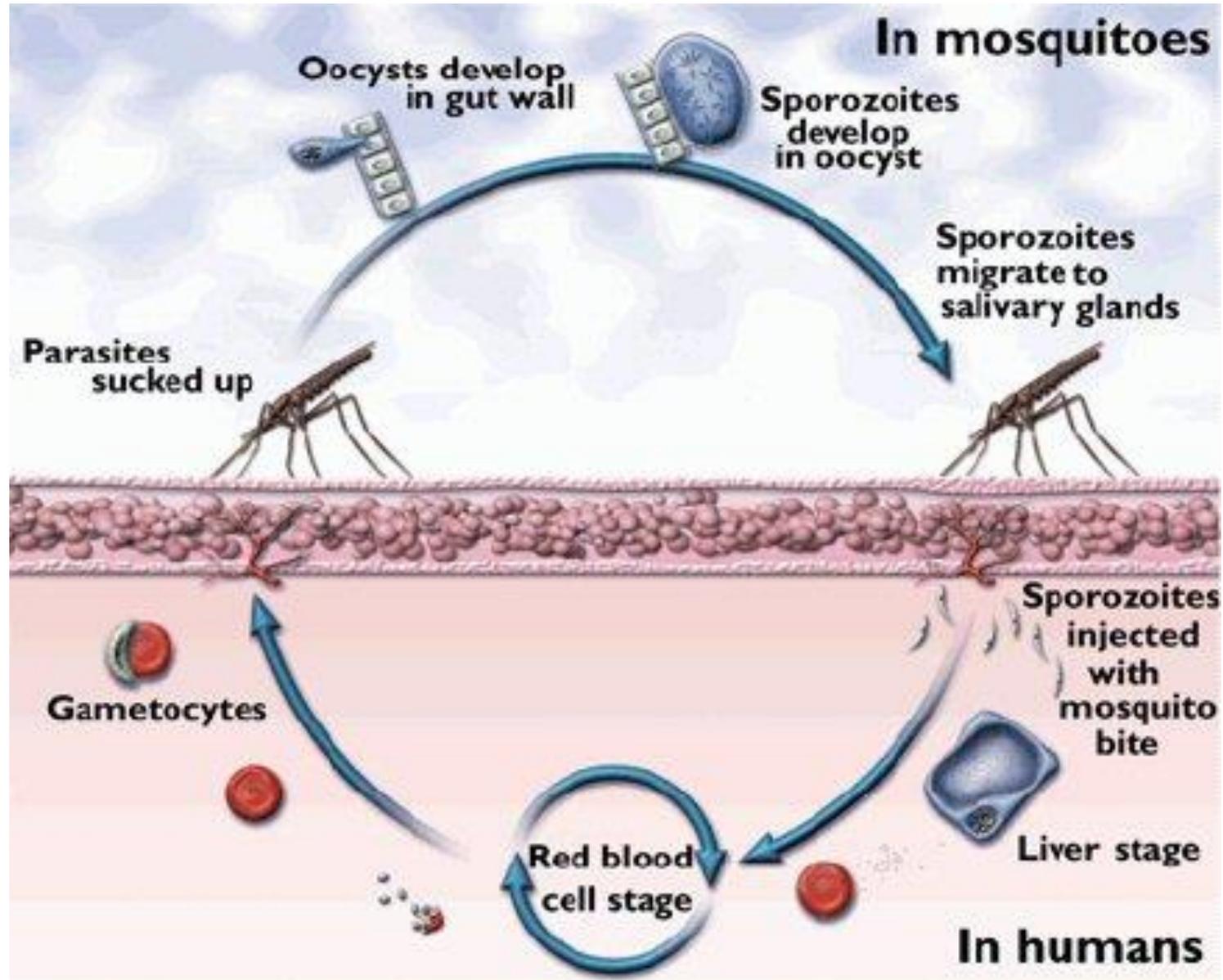
## *P. vivax*



## *P. malariae*



# *Plasmodium* sp.



# *Plasmodium* sp.

Populações Ribeirinhas

Criadouros naturais de anofelinos

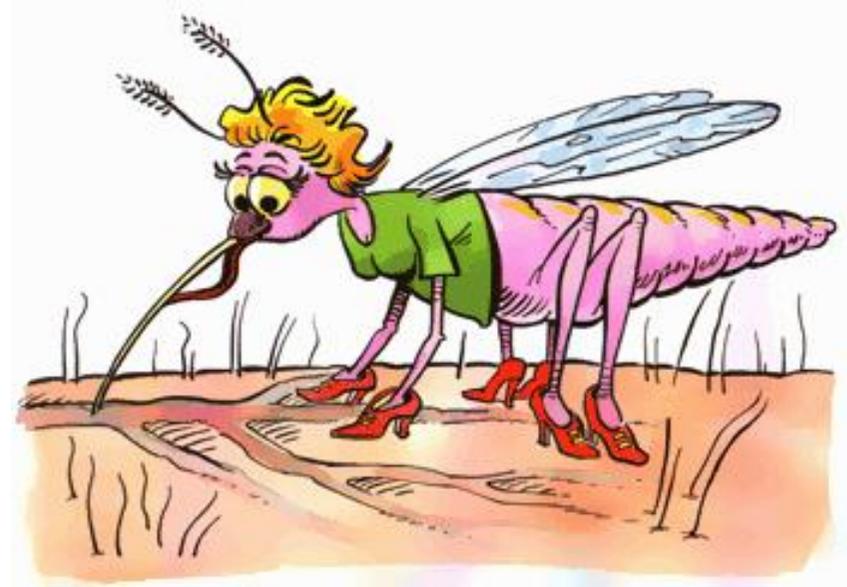
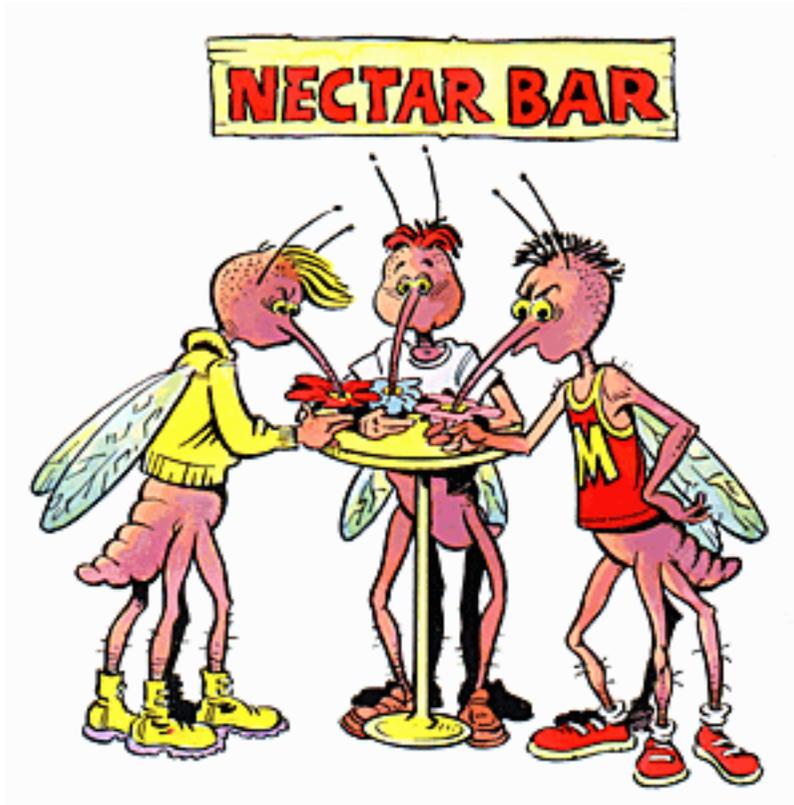


# *Plasmodium* sp.

**Vetores:** somente as fêmeas são vetores e hospedeiros definitivos

**Fêmeas:** hematófagas

**Machos:** fitófagos



# Plasmodium sp.

## Ciclo evolutivo no hospedeiro invertebrado

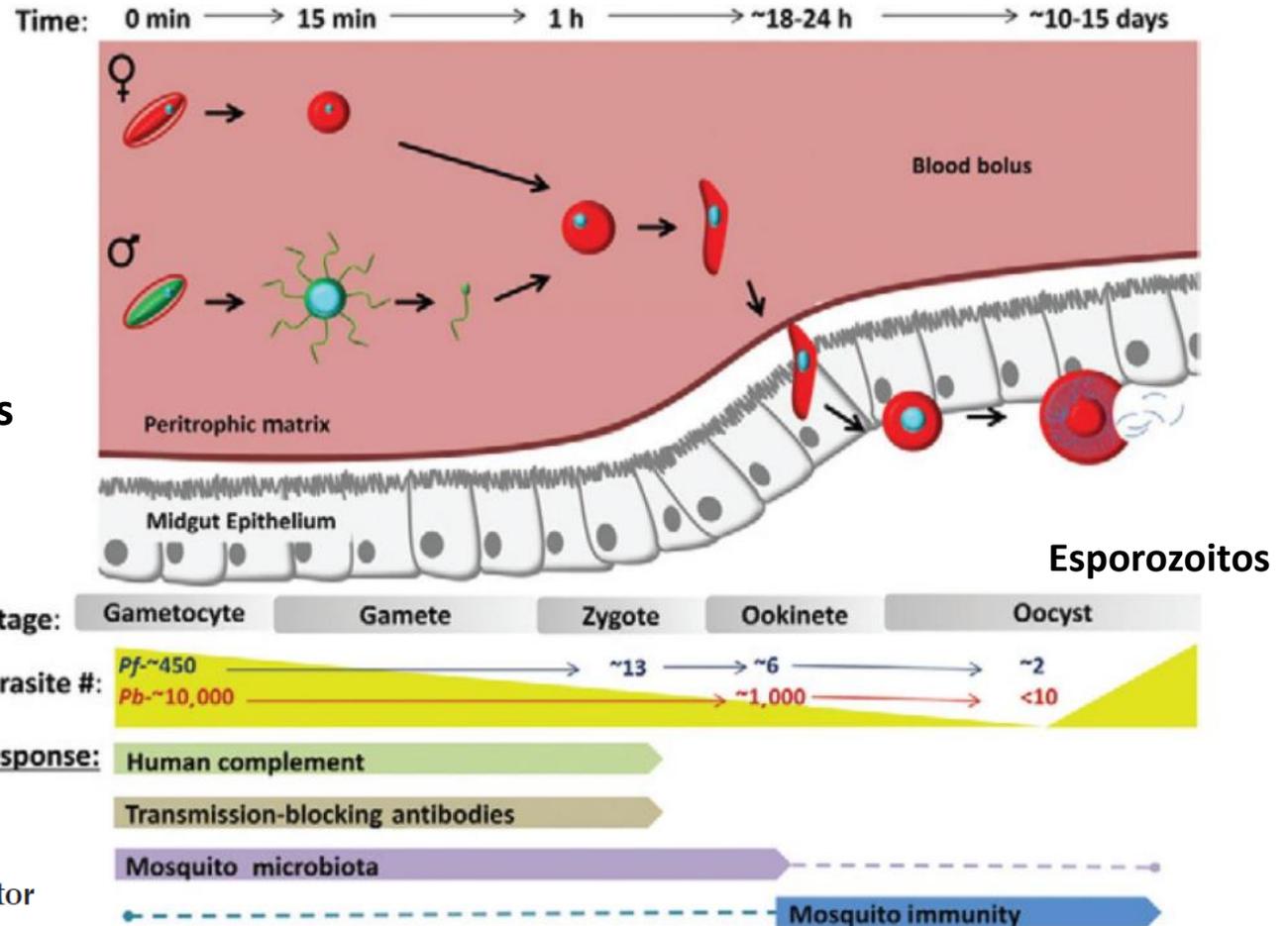
### Formação de gametas

Gametas masculinas:

replicação do DNA (8N)

### Formação de 8 microgametas masculinas

Exflagelação (eclosão da hemácia infectada)



### The *Plasmodium* bottleneck: malaria parasite losses in the mosquito vector

Ryan C Smith, Joel Vega-Rodríguez, Marcelo Jacobs-Lorena<sup>†</sup>

Department of Molecular Microbiology, Malaria Research Institute, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health and Immunology, Baltimore, MD, USA

# Plasmodium sp.

## Ciclo evolutivo no hospedeiro invertebrado

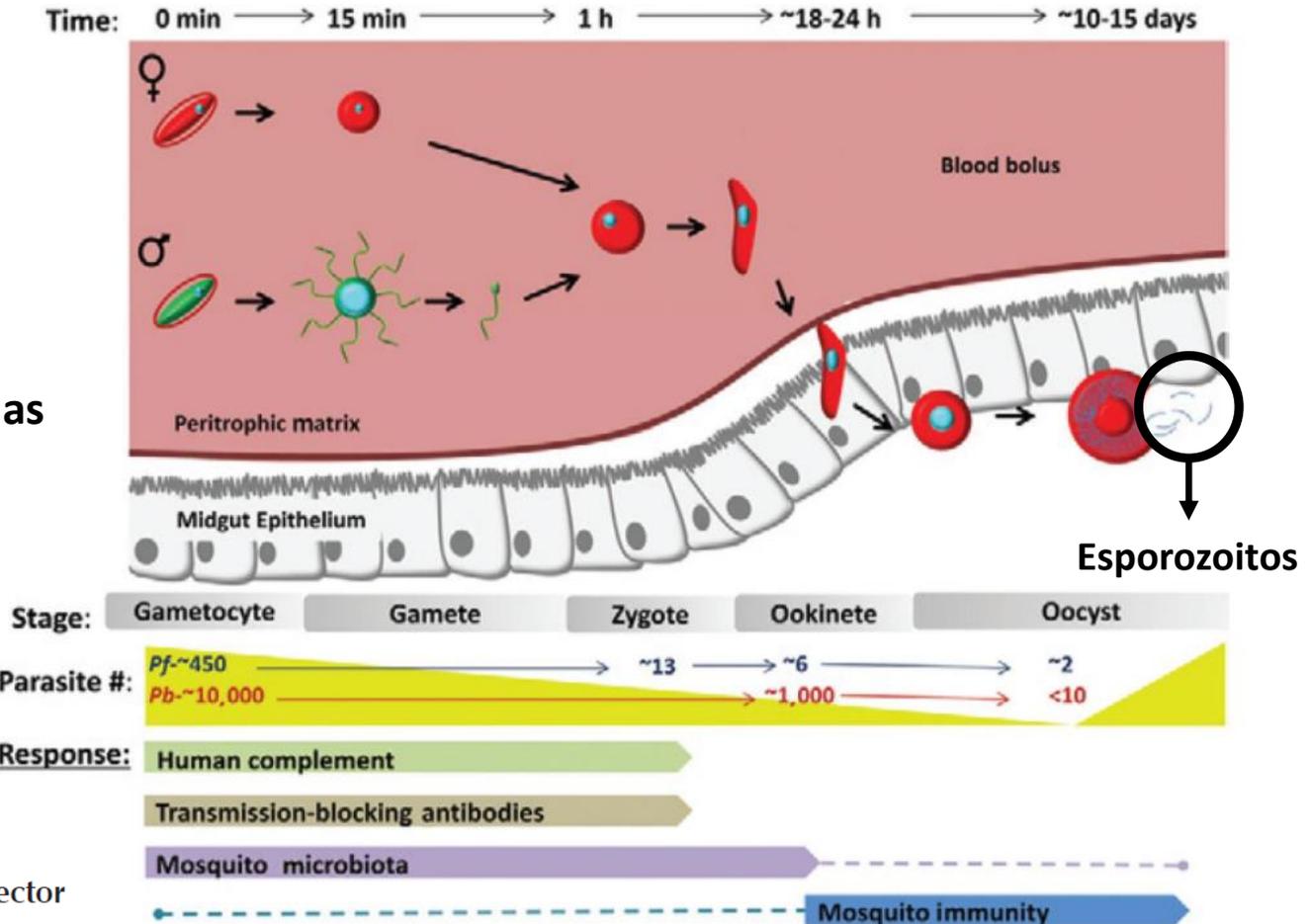
### Formação de gametas

Gametas masculinas:

replicação do DNA (8N)

### Formação de 8 microgametas masculinas

Exflagelação (eclosão da hemácia infectada)



### The *Plasmodium* bottleneck: malaria parasite losses in the mosquito vector

Ryan C Smith, Joel Vega-Rodríguez, Marcelo Jacobs-Lorena<sup>†</sup>

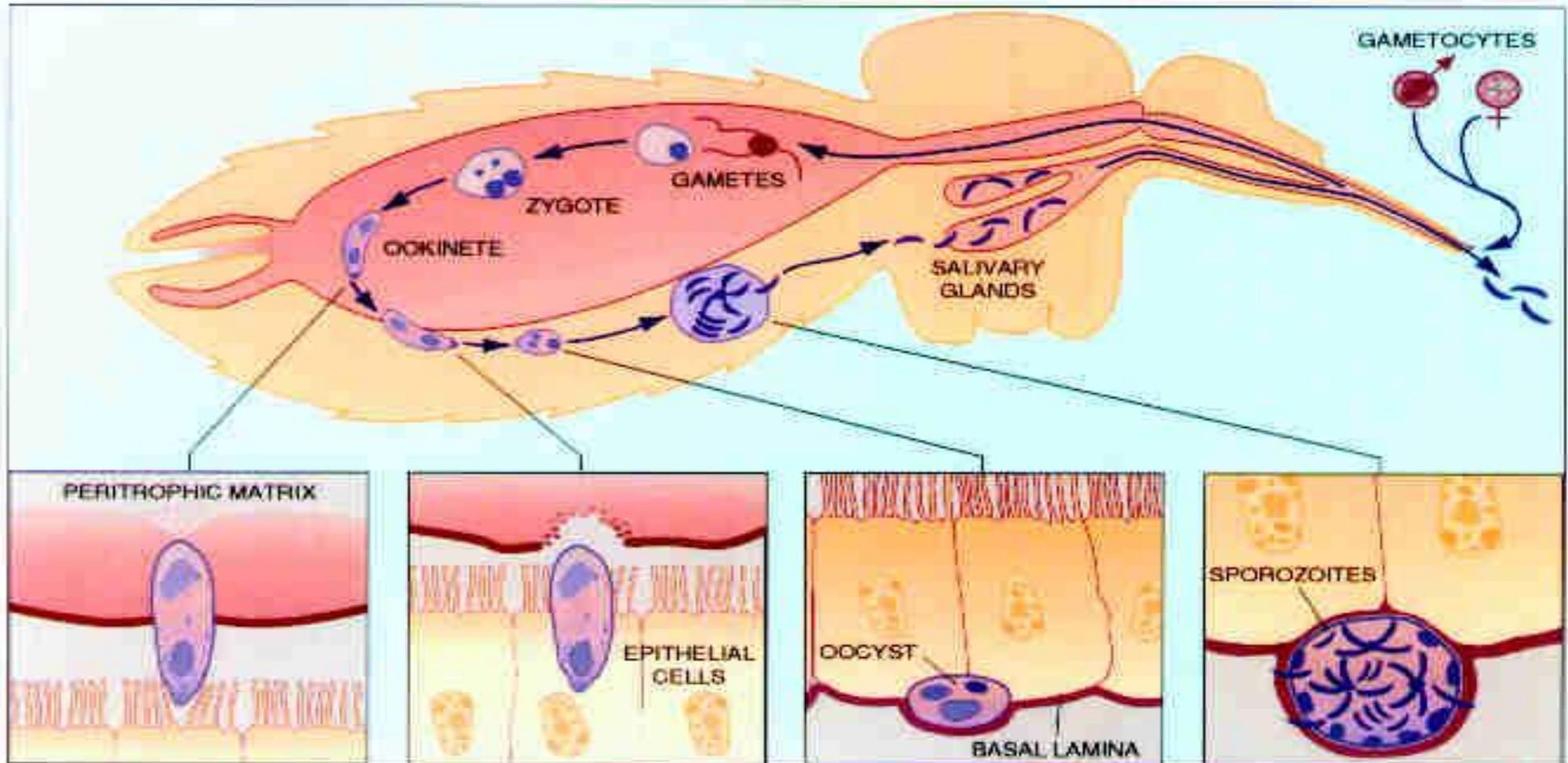
Department of Molecular Microbiology, Malaria Research Institute, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health and Immunology, Baltimore, MD, USA

# *Plasmodium* sp.

Ciclo evolutivo no hospedeiro invertebrado

Processo de formação dos esporocistos

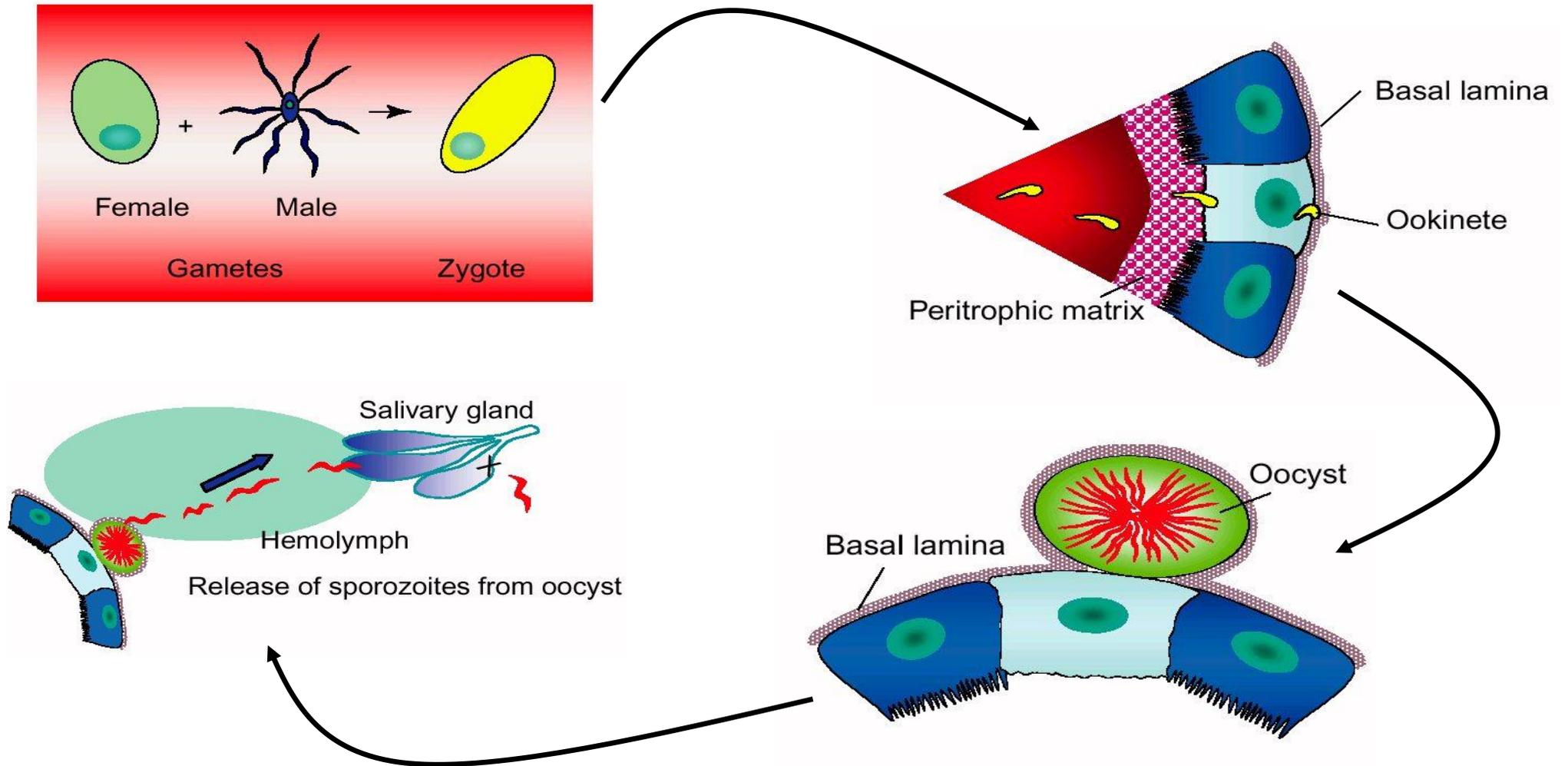
**Sporogony**



JAN WORFPLE; ADAPTED FROM ALON WARBURG AND LOUIE H. MILLER  
SCIENCE 285:448-450; JANUARY 24, 1962

# *Plasmodium* sp.

## Ciclo de vida no mosquito



# *Plasmodium* sp.

**Oocineto deve atravessar:**  
matriz peritrófica  
epitelio

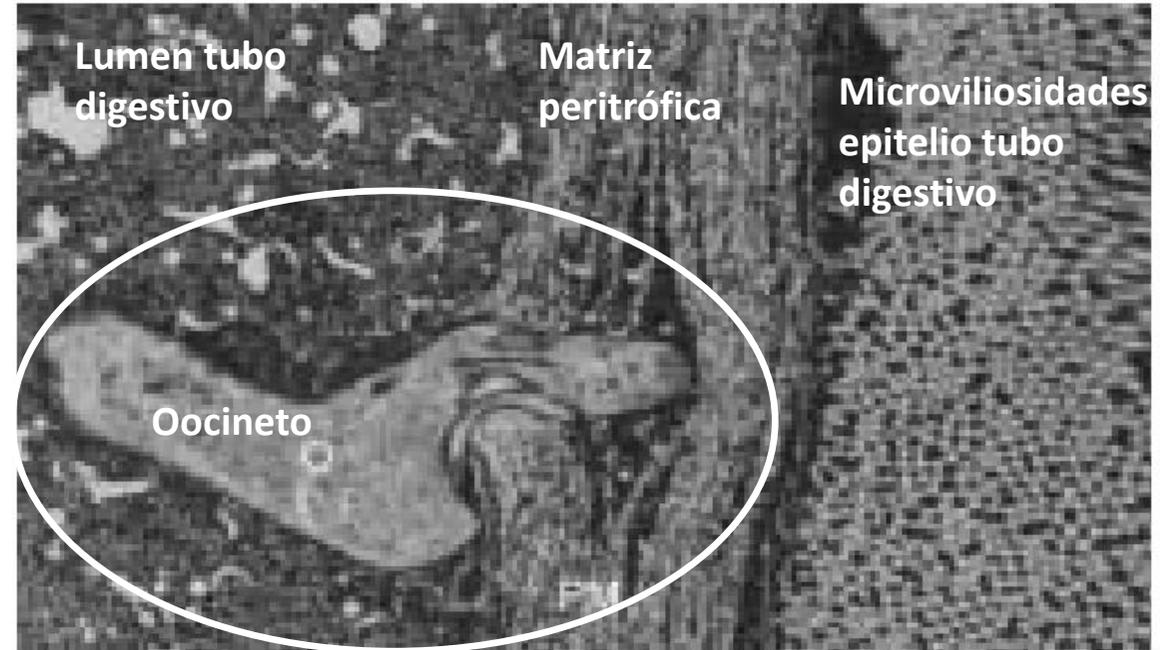
**Trends in Parasitology**

Volume 17, Issue 6, 1 June 2001, Pages 269-272



Opinion  
*Plasmodium* ookinete-secreted chitinase and  
parasite penetration of the mosquito peritrophic  
matrix

Rebecca C Langer, Joseph M Vinetz



**Fig. 1.** Ookinete (O) penetration of the chitin-containing peritrophic matrix (PM) of the mosquito midgut. The parasite is exiting the bloodmeal on the left producing chitinase focally to disrupt the peritrophic matrix, en route to the microvilli of the midgut epithelial surface at the right. Reproduced, with permission, from Ref. 2.

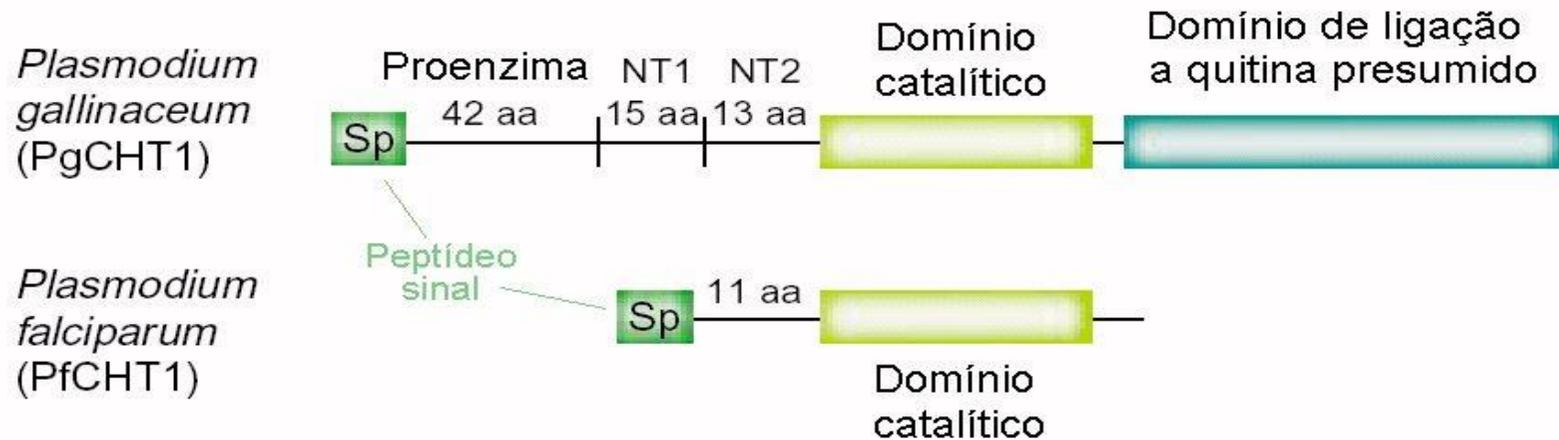
# *Plasmodium* sp.

**Matriz peritrófica composta por:**

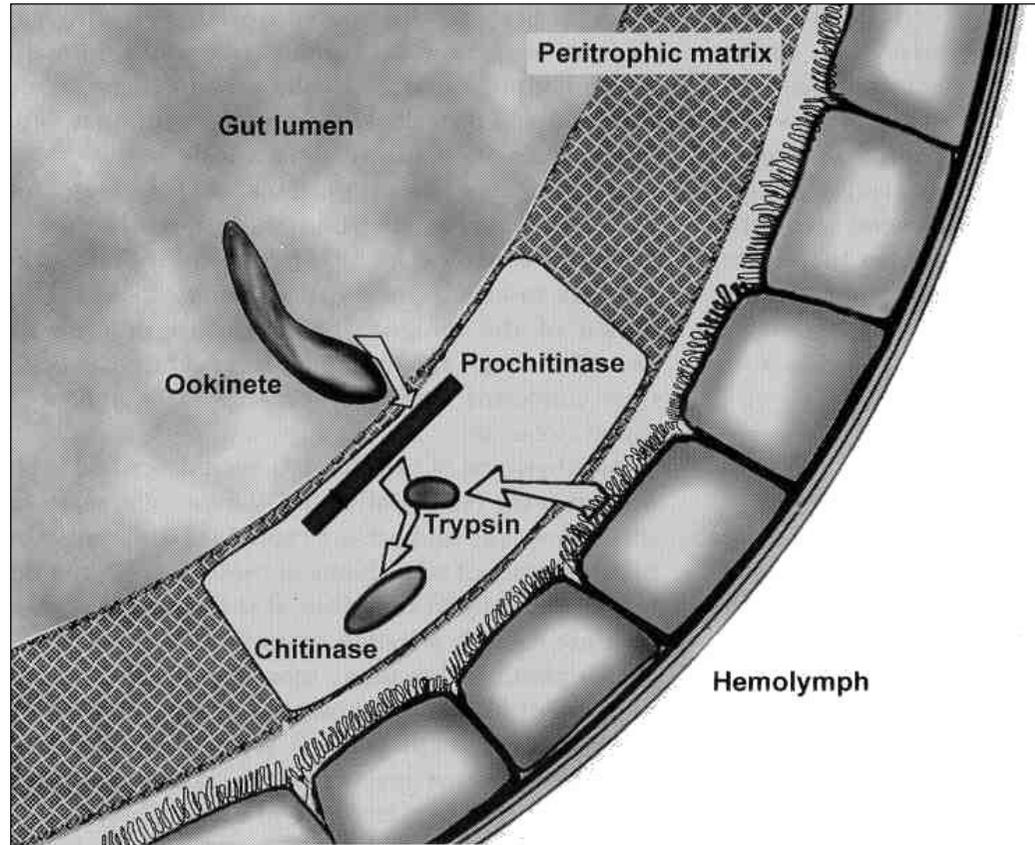
fibras de quitina

matriz glico-proteica

**Quitinases são fundamentais para atarvesar a matrix peritrófica**



# *Plasmodium* sp.



**proteases intestinais aumentam a atividade quitinase de *Plasmodium***

Extrato de Intestino Médio  
Tripsina purificada

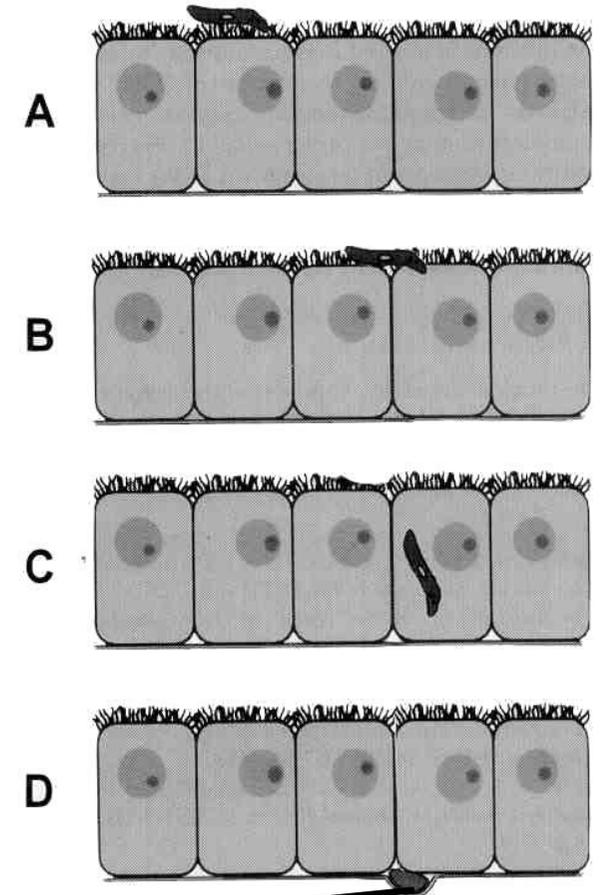


**Atividade quitinase**

# *Plasmodium* sp.

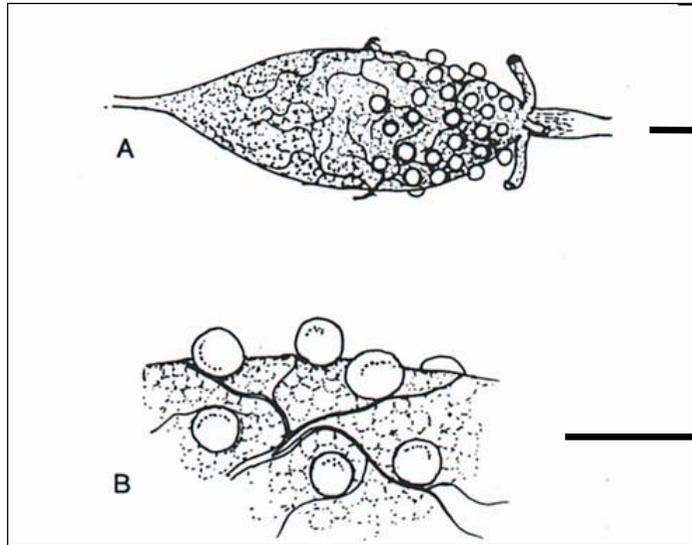
## Travessia dos oocinetos pela Matriz Peritrófica de *Anopheles* sp.

- MP: barreira física para o processo de desenvolvimento esporogônico, porém não pode bloquear oocinetos maduros;
- Oocinetos: capazes de atravessar a MP com alta eficiência através da expressão de quitinase;
- Quitinase: secretada pelos oocinetos como uma pro-quitinase;
- Pro-quitinase: suscetível de ser ativada pela tripsina gástrica do mosquito;
- tripsina: sinalizadora para migração



**O oocisto se desenvolve e madurece entre o epitélio e a lâmina basalde *Anopheles* sp.**

# *Plasmodium* sp.



→ Oocistos em desenvolvimento

→ Oocistos 3-4 dias após o início do desenvolvimento



# Plasmodium sp.

## Oocineto, oocisto (rompimento) e liberação de esporozoítos Oocisto

ciclo replicativo que dura 1 a 2 semanas  
produção de milhares de esporozoítos  
liberação de esporozoítos na hemolinfa  
invasão da glândula salivar

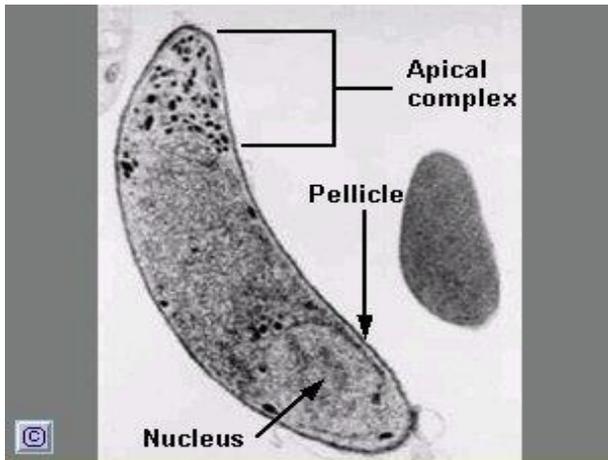
## Trends in Parasitology

Volume 32, Issue 12, December 2016, Pages 979-990

Review

*Plasmodium* Oocysts: Overlooked Targets of Mosquito Immunity

Ryan C. Smith<sup>1</sup>, Carolina Barillas-Mury<sup>2</sup>



Picture: A micrograph section of a mature ookinete. The anterior apical complex is involved in midgut penetration.



Picture: A *P. falciparum* oocyst rupturing to release sporozoites.



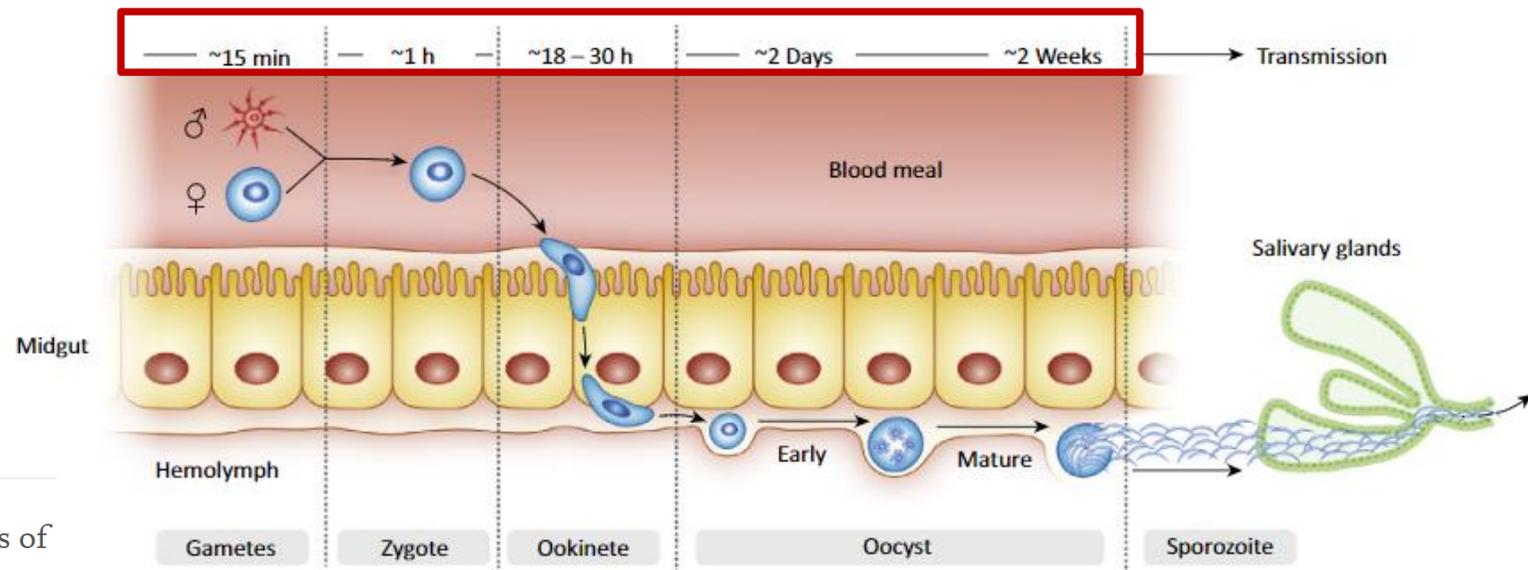
Picture: SEM of invasive forms of *P. falciparum* (sporozoites) in a mosquito.

# Plasmodium sp.

## Oocineto, oocisto (rompimento) e liberação de esporozoítos

### Oocisto

ciclo replicativo que dura 1 a 2 semanas  
produção de milhares de esporozoítos  
liberação de esporozoítos na hemolinfa  
invasão da glândula salivar



## Trends in Parasitology

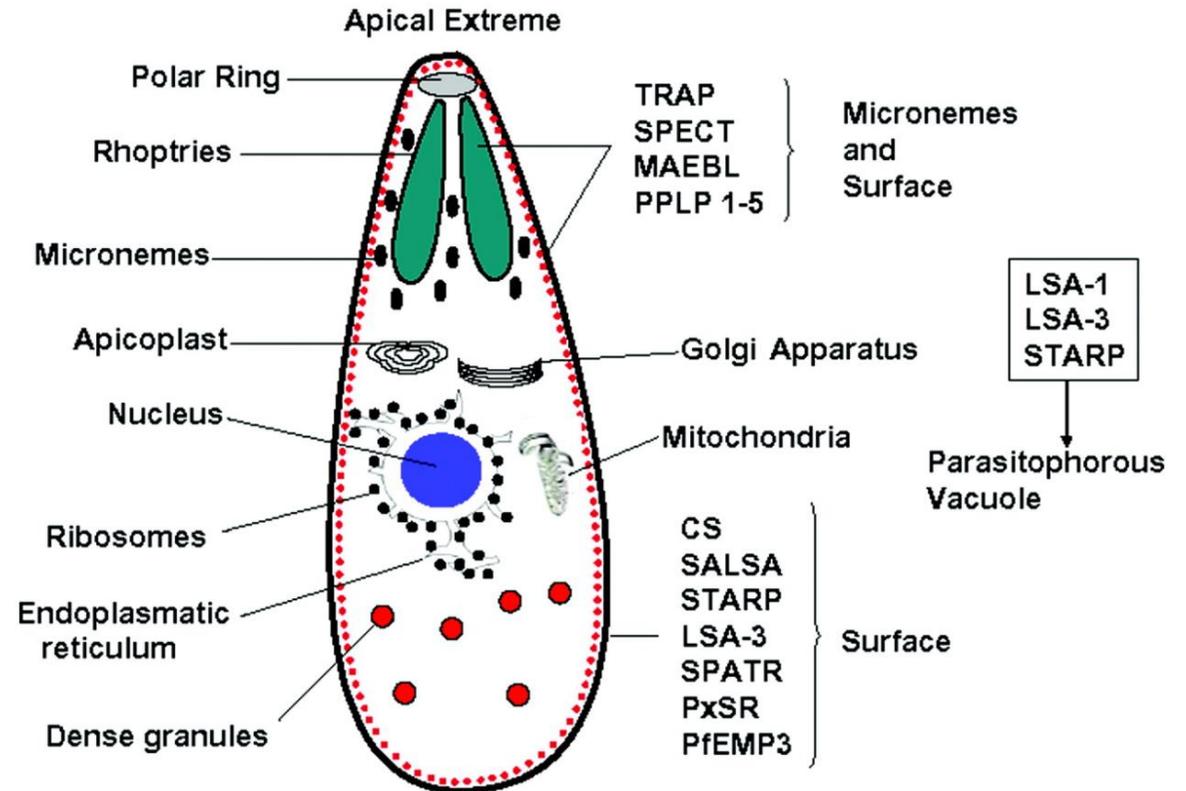
Volume 32, Issue 12, December 2016, Pages 979-990

Review  
*Plasmodium* Oocysts: Overlooked Targets of Mosquito Immunity

Ryan C. Smith<sup>1</sup>, Carolina Barillas-Mury<sup>2</sup>

# Plasmodium sp.

## Esporozoito de *Plasmodium* sp



CLINICAL MICROBIOLOGY REVIEWS, Oct. 2006, p. 686-707  
0893-8512/06/\$08.00+0 doi:10.1128/CMR.00063-05  
Copyright © 2006, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

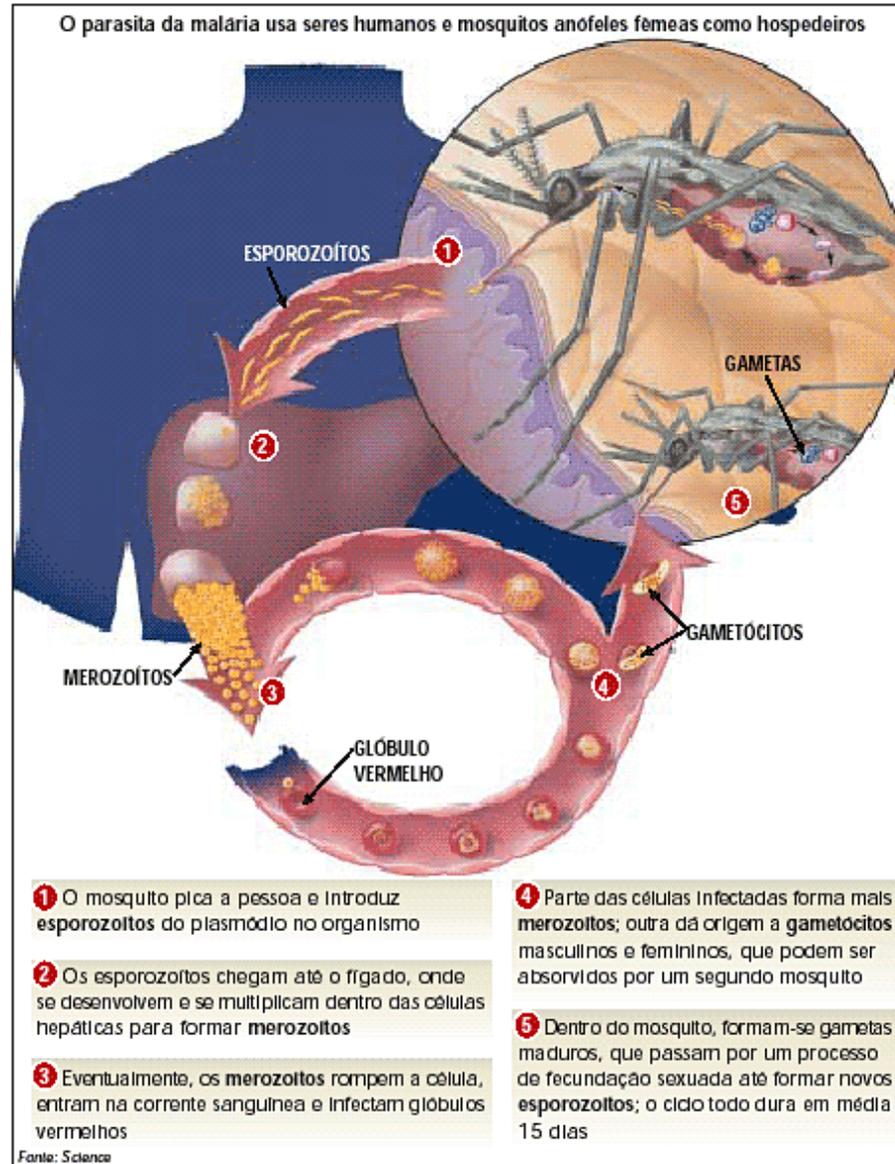
Vol. 19, No. 4

### Developmental Biology of Sporozoite-Host Interactions in *Plasmodium falciparum* Malaria: Implications for Vaccine Design

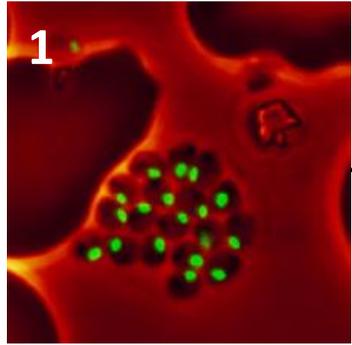
Javier E. Garcia,<sup>1,2</sup> Alvaro Puentes,<sup>1</sup> and Manuel E. Patarroyo<sup>1,2\*</sup>

Fundacion Instituto de Immunologia de Colombia<sup>1</sup> and Universidad Nacional de Colombia,<sup>2</sup> Bogotá, Colombia

# Plasmodium sp.



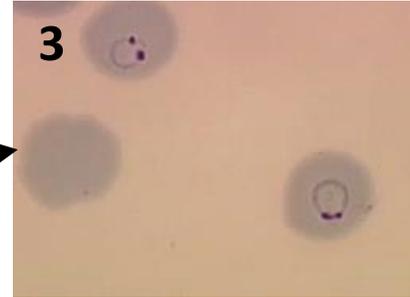
# *Plasmodium* sp.



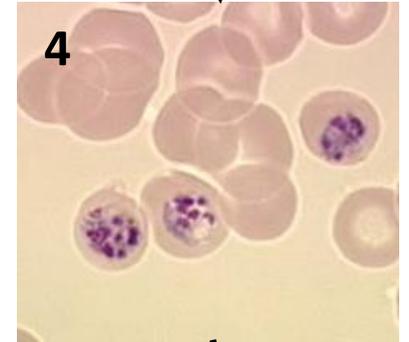
**Esquizogonia hepática**



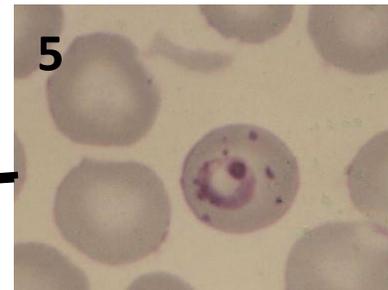
**Merozoítos**



**Anel**



**Trofozoíto**



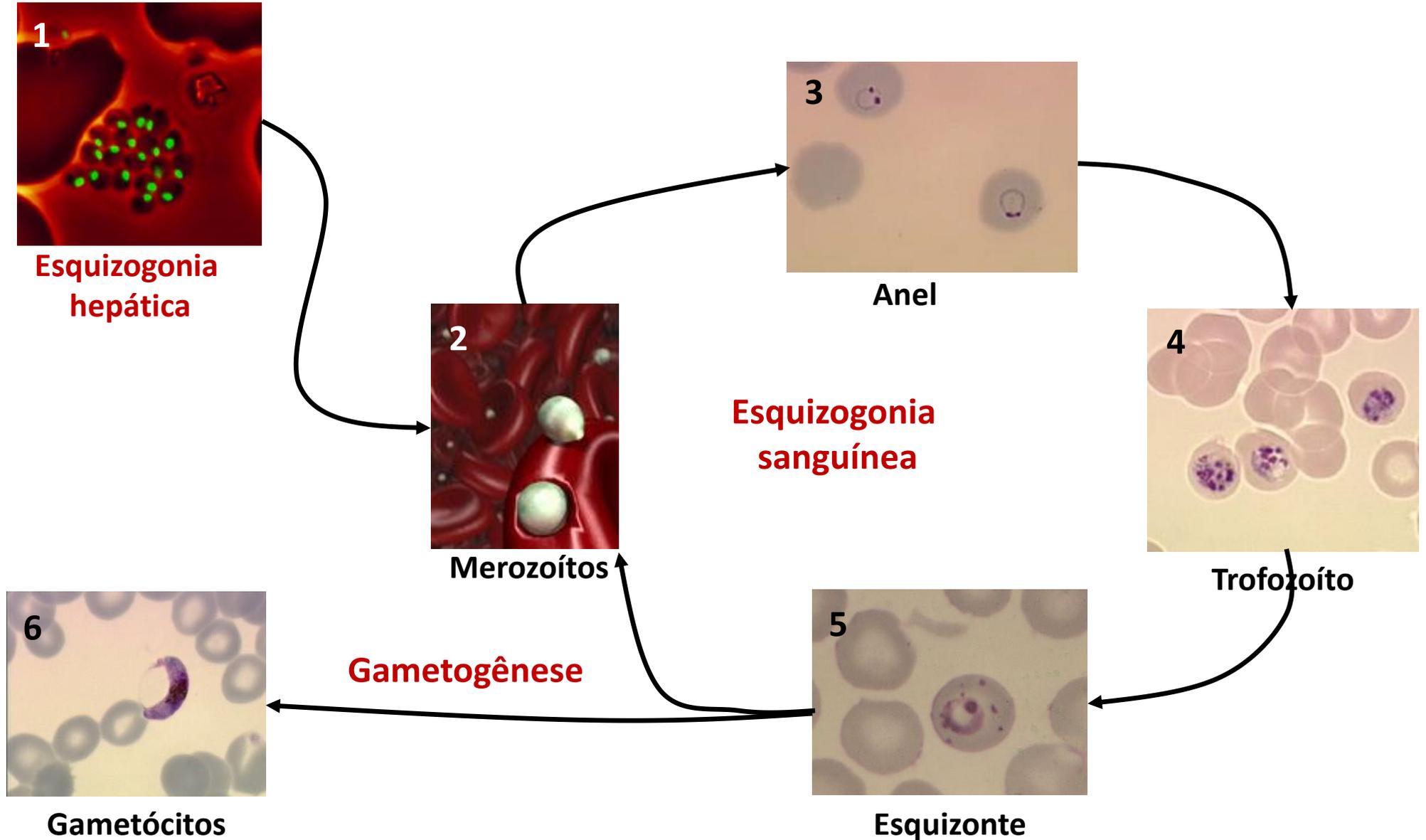
**Esquizonte**



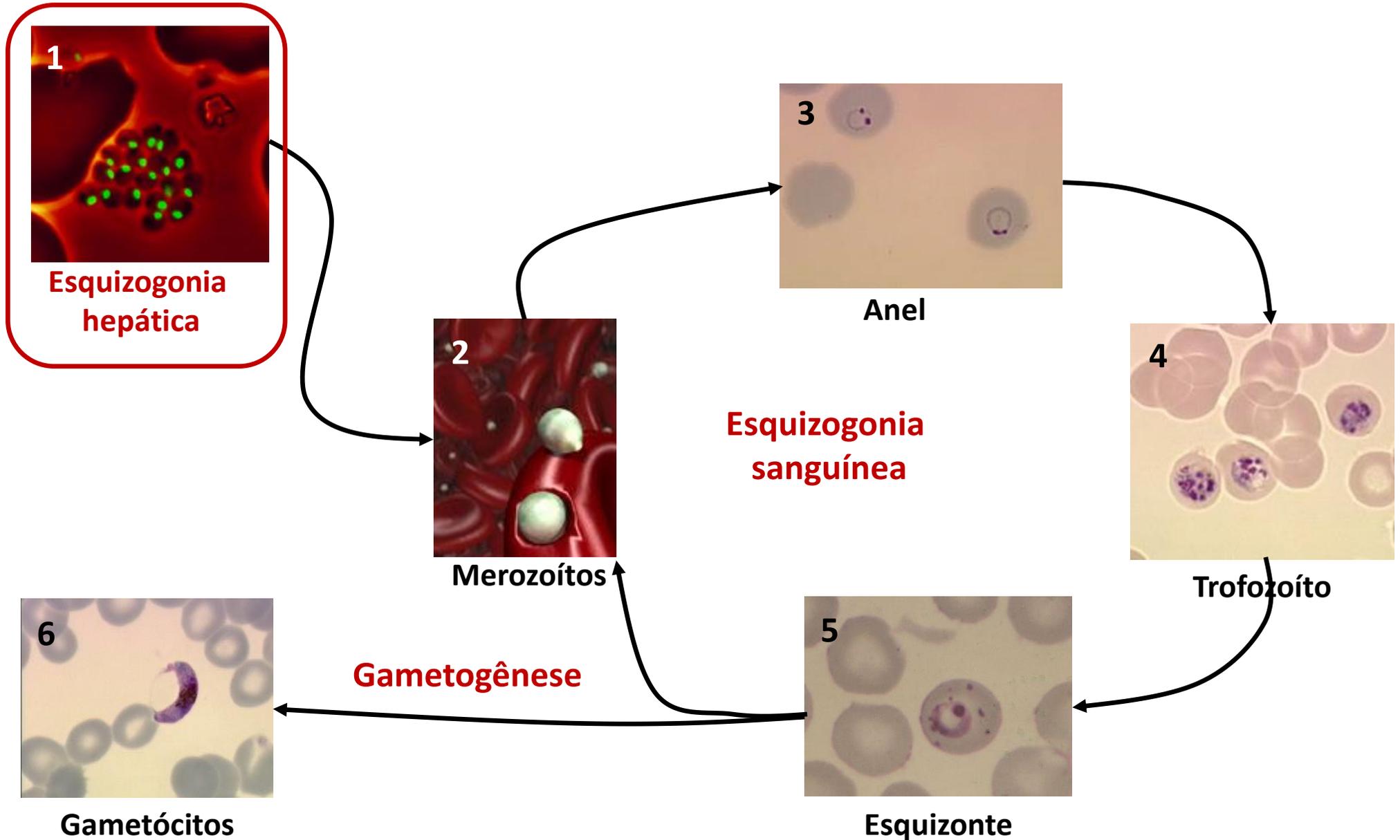
**Gametócitos**

**Esquizogonia sanguínea**

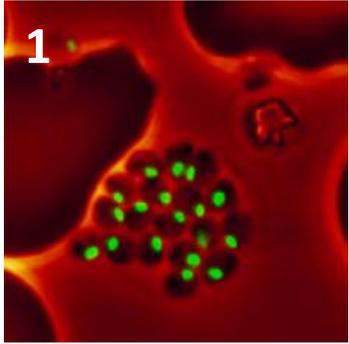
**Gametogênese**



# *Plasmodium* sp.



# *Plasmodium* sp.

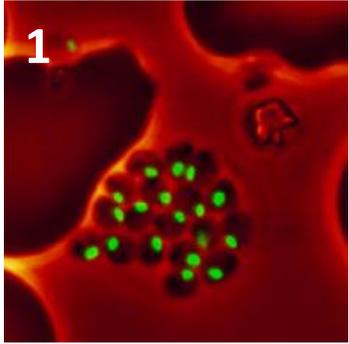


**Esquizogonia  
hepática**

## **Esquizogonia:**

divisão celular asexuada  
3 ou mais divisões nucleares  
seguidas por  
citocinese  
resultando em 8 ou mais células filhas

# *Plasmodium* sp.



**Esquizogonia  
hepática**

## **Esquizogonia hepática:**

primeiro ciclo replicativo de *Plasmodium* sp. No hospedeiro mamífero assintomático  
iniciado por esporozoítos, que invadem hepatócitos  
produz merozoítos capazes de infectar hemácias

## **Esquizogonia hepática:**

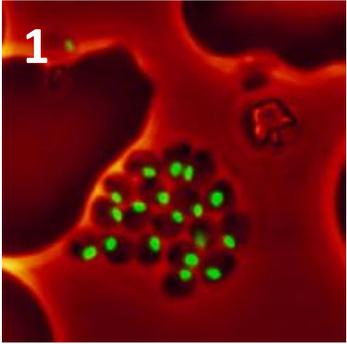
a sua existência foi hipotetizada mas não demonstrada até os anos '40

por ser assintomática é de difícil estudo em seres humanos

só começou a ser estudada quando foram descobertas espécies de *Plasmodium* capazes de infectar roedores:

*Plasmodium yoeli*  
*Plasmodium berghei* } **Relevância dos modelos experimentais**

# *Plasmodium* sp.



**Esquizogonia  
hepática**

## **Esquizogonia hepática:**

primeiro ciclo replicativo de *Plasmodium* sp. No hospedeiro mamífero assintomático  
iniciado por esporozoítos, que invadem hepatócitos  
produz merozoítos capazes de infectar hemácias

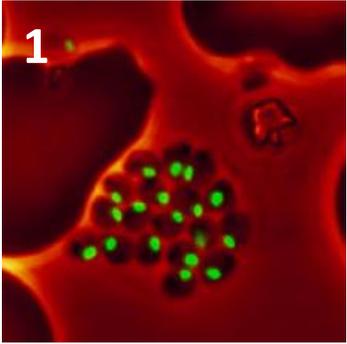
## **Esquizogonia hepática:**

só começou a ser estudada quando foram descobertas espécies de *Plasmodium* capazes de infectar roedores:

*Plasmodium yoeli*  
*Plasmodium berghei* } **Relevância dos modelos experimentais**

**Atualmente:** esquizogonia hepática de espécies humanas de *Plasmodium* pode ser estudada em:  
hepatocitos humanos em cultura  
camundongos com fígado “humanizado”

# *Plasmodium* sp.



**Esquizogonia  
hepática**

## **Esquizogonia hepática:**

primeiro ciclo replicativo de *Plasmodium* sp. No hospedeiro mamífero assintomático  
iniciado por esporozoítos, que invadem hepatócitos  
produz merozoítos capazes de infectar hemácias

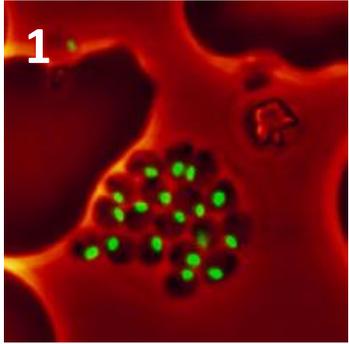
## **Esquizogonia hepática:**

só começou a ser estudada quando foram descobertas espécies de *Plasmodium* capazes de infectar roedores:

*Plasmodium yoeli*  
*Plasmodium berghei* } **Relevância dos modelos experimentais**

**Atualmente:** esquizogonia hepática de espécies humanas de *Plasmodium* pode ser estudada em:  
hepatocitos humanos em cultura  
camundongos com fígado “humanizado”

# *Plasmodium* sp.



**Esquizogonia  
hepática**

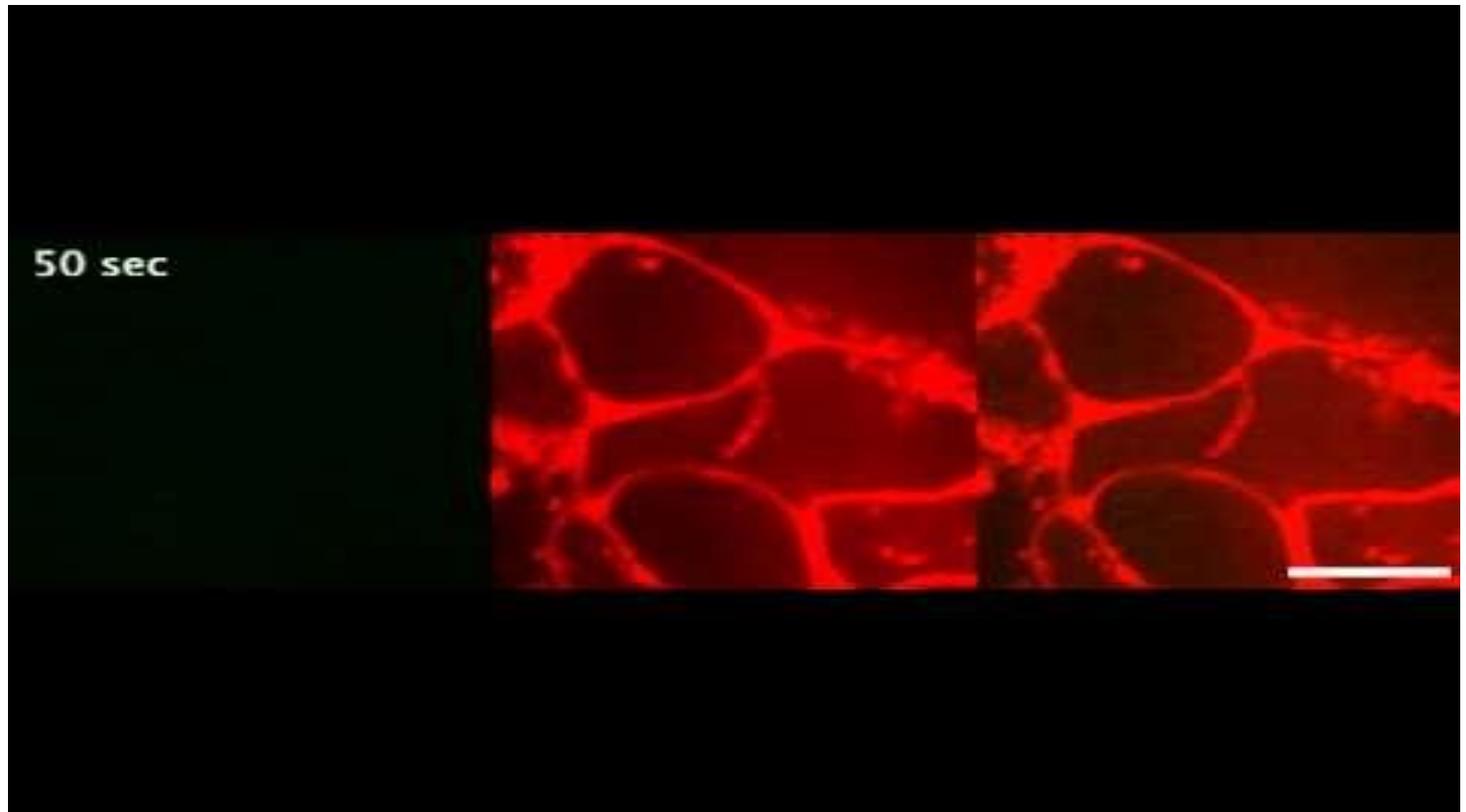
## **Esporozoitos:**

muito móveis

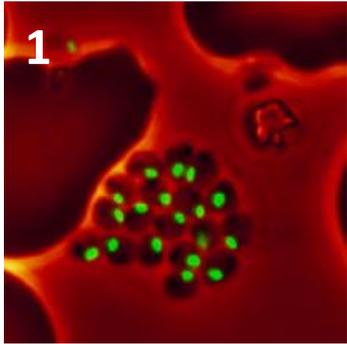
podem atravessar pele, tecidos e células (transmigration)

podem ingresar a- e egresar de capilares sanguíneos

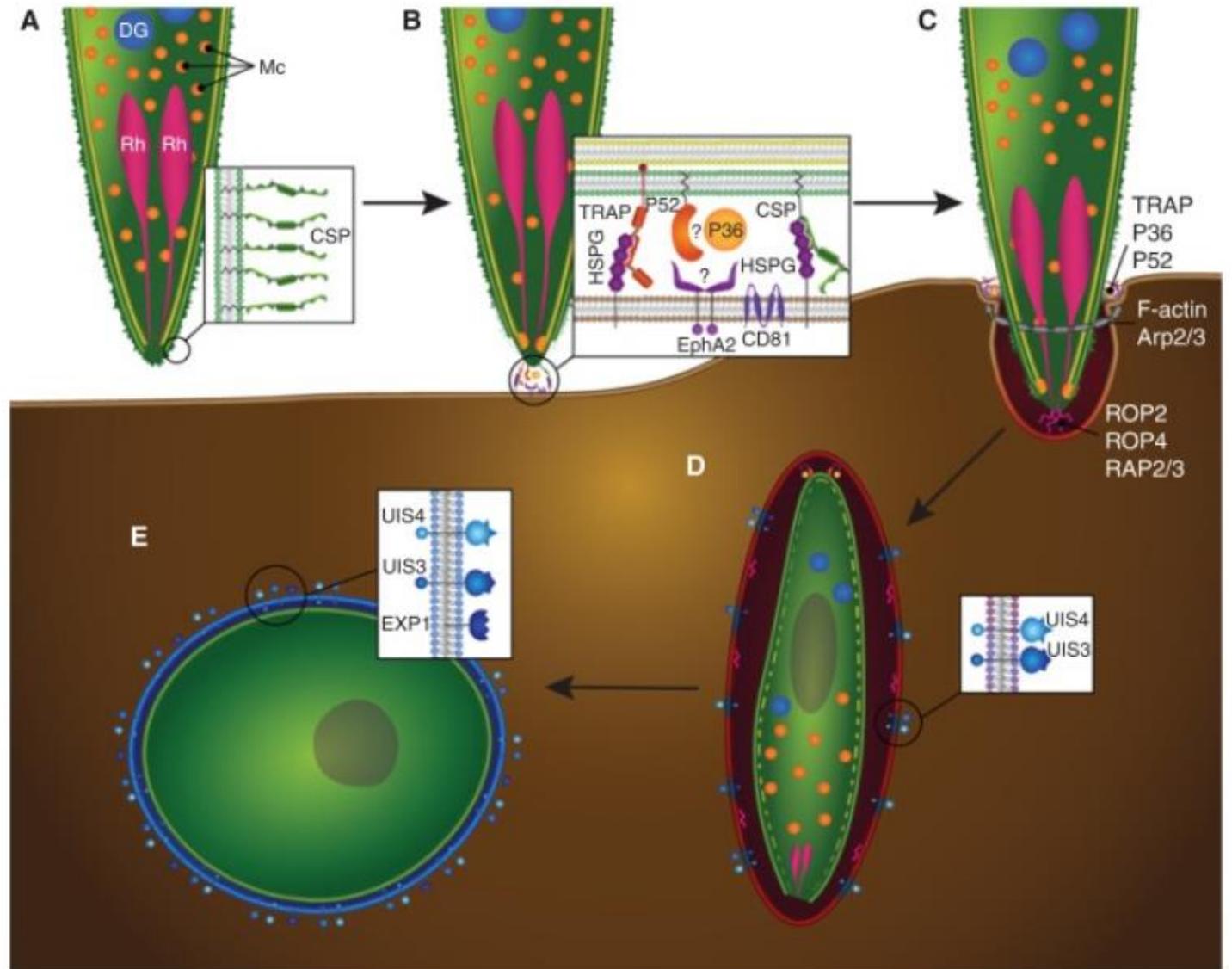
transportados pelo sistema circulatório até o fígado



# Plasmodium sp.



1  
Esquizogonia hepática



# Plasmodium sp.

Invasão de hepatócitos. (A) Superfície do esporozoito coberta com proteínas que interagem com componentes da superfície do hepatócito. (B, C) O contato com um hepatócito inicia o processo de secreção das proteínas da invasão nas Rh e Mc, incluindo proteínas adesivas que engajam o glideosoma. Proteínas do micronema podem interagir entre si e com receptores dos hepatócitos, o que inicia a formação do vacuolo parasitóforo (PV). A invasão resulta na invaginação da membrana plasmática do hepatócito e a liberação das proteínas das roptrias. (D) A invasão resulta em um esporozoito residindo dentro de um PV rodeado pela membrana do PV (PVM). A PVM é extensamente modificada pelo parasita mediante proteínas dos grânulos densos (algumas são translocadas para a PVM. Durante a desdiferenciação do esporozoito, o Complexo da Membrana Interna (dashed yellow line) e o complexo apical são desmontados. (E) Formação de um trofozoito (replicativo) com a sua própria membrana plasmática.

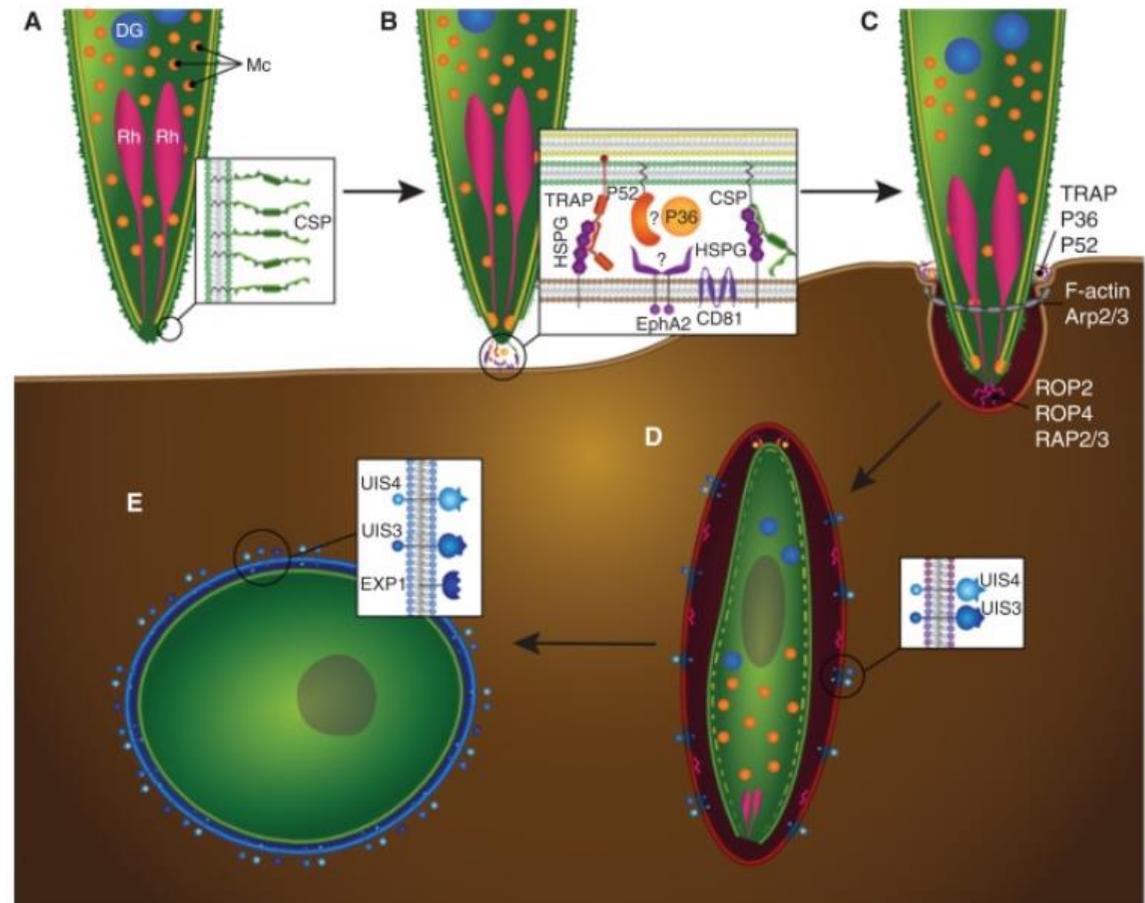


Cold Spring Harb Perspect Med. 2017 Jun; 7(6): a025486.  
doi: 10.1101/cshperspect.a025486

PMCID: PMC5453383  
PMID: 28242785

Malaria Parasite Liver Infection and Exoerythrocytic Biology

Ashley M. Vaughan<sup>1</sup> and Stefan H.J. Kappe<sup>1,2</sup>



# Plasmodium sp.



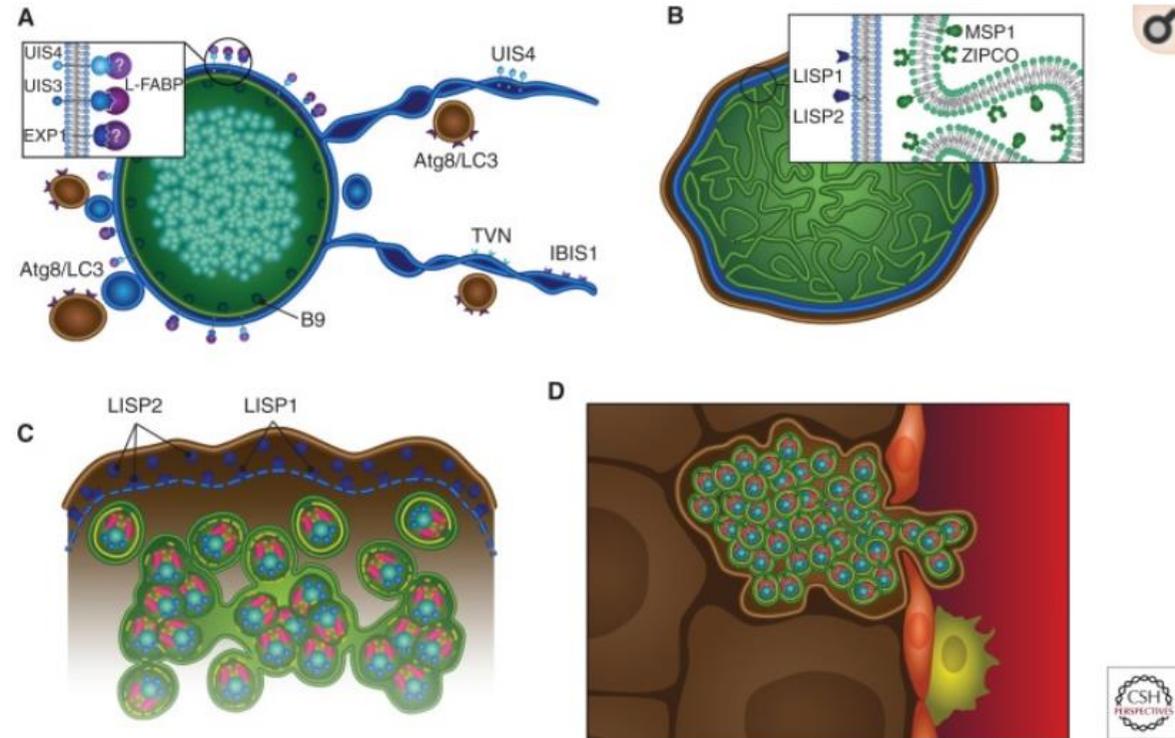
Desenvolvimento dos estágios hepáticos e formação de merozoítos.

(A) Rede tubulovesicular (TVN)—extensões de membrana originada na membrana do PV—interage com autofagossomos do hepatócito provavelmente para captação de nutrientes.

(B) Na medida em que o parasita madurece, formam-se múltiplas invaginações da membrana parasitária.

(C) Mais tardiamente no desenvolvimento do estágio hepático começa a formação dos merozoítos extraeritrocíticos.

(D) Os merozoítos rodeados pela membrana plasmática do hepatócito são liberados para a corrente sanguínea.



# Plasmodium sp.



Cold Spring Harbor  
Perspectives in Medicine



[Cold Spring Harb Perspect Med](#). 2017 Jun; 7(6): a025486.  
doi: [10.1101/cshperspect.a025486](#)

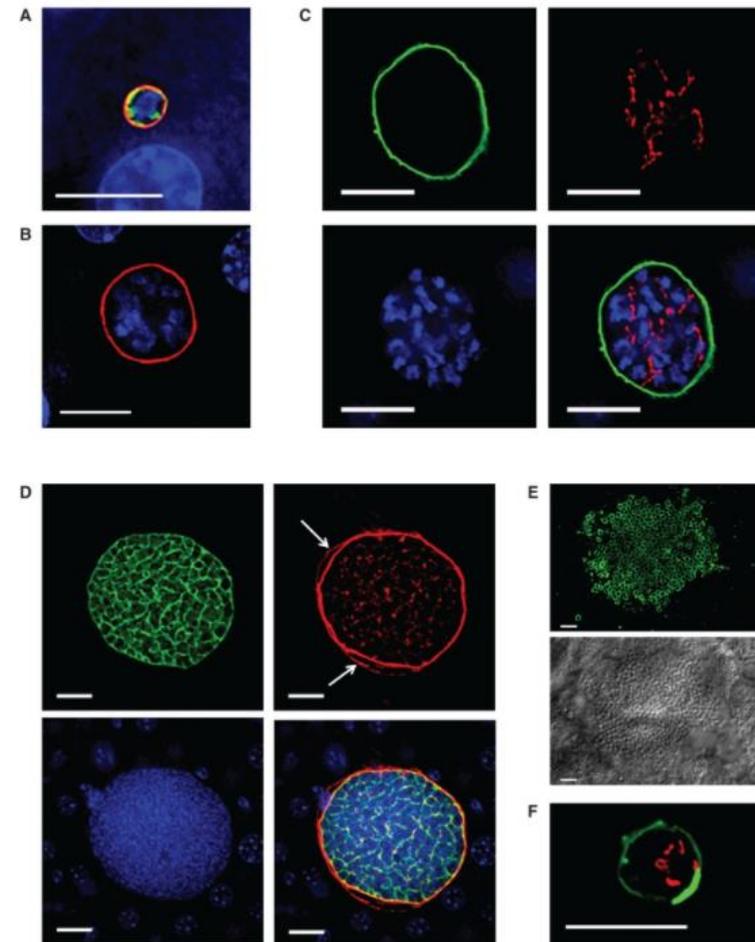
PMCID: PMC5453383  
PMID: [28242785](#)

Malaria Parasite Liver Infection and Exoerythrocytic Biology

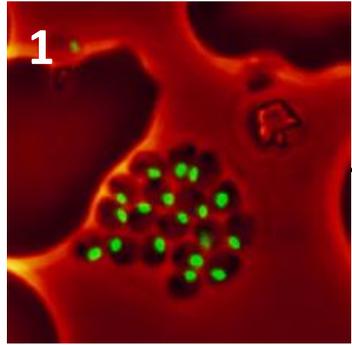
[Ashley M. Vaughan](#)<sup>1</sup> and [Stefan H.J. Kappe](#)<sup>1,2</sup>

Imagens de IFI do desenvolvimento dos estágios hepáticos.  
(A–E) Estágios hepáticos de *P. yoelii* em fígado de camundongo.

- (A) Esporozoíto 12 h depois da invasão (significativamente menor que o núcleo do hepatócito, em azul). PVM em vermelho, retículo endoplasmático (ER) em verde, centro nuclear (único) em azul.
- (B) Esquizogonia (24 h após invasão) (PVM em vermelho), múltiplos centros nucleares em azul.
- (C) Após múltiplas rodadas de replicação nuclear (30 h) núcleos em azul, apicoplasto ramificado (vermelho).
- (D) Mais tardiamente (48 h), a membrana plasmática parasitária forma invaginações (verde). Núcleos parasitários individuais em azul.
- (E) Desenvolvimento de Merozoítos (52 h) (membrana plasmática em verde). Podem ser observados por microscopia de luz.
- (F) Hipnozoíto (forma “dormente”) em um fígado de camundongo “humanizado”. Barras de escala: 10  $\mu\text{m}$ .



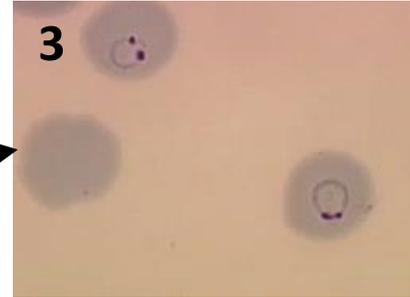
# *Plasmodium* sp.



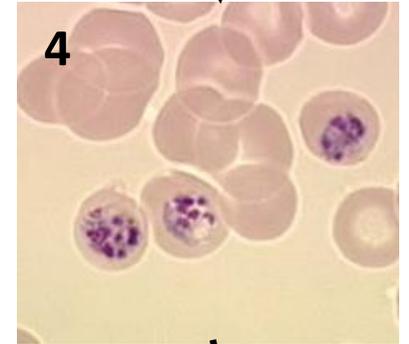
**Esquizogonia hepática**



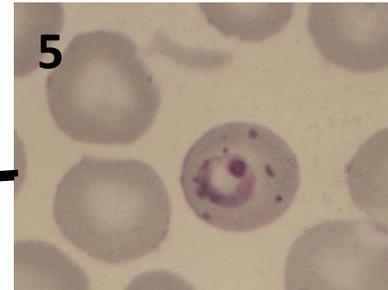
**Merozoítos**



**Anel**



**Trofozoíto**

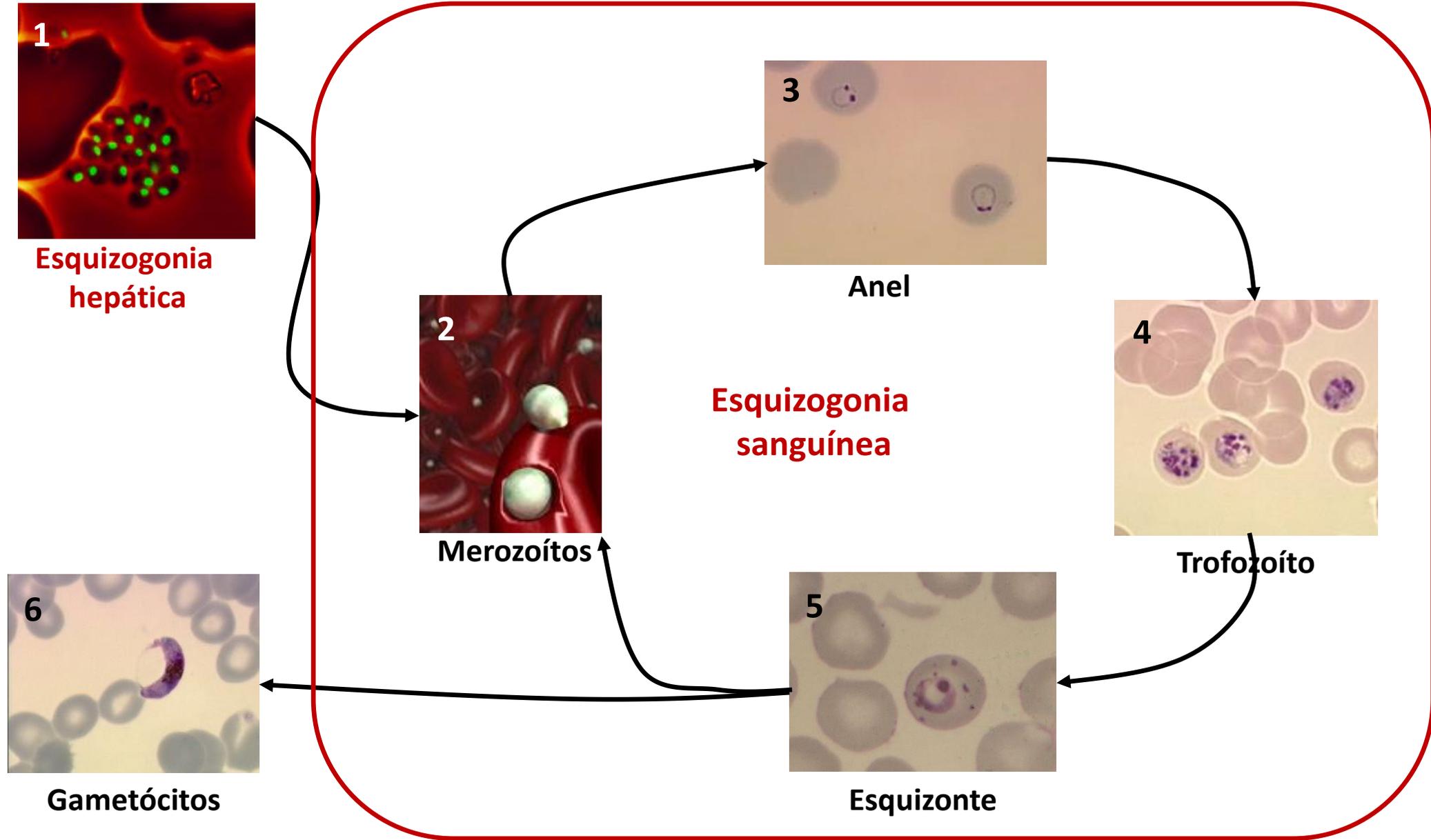


**Esquizonte**

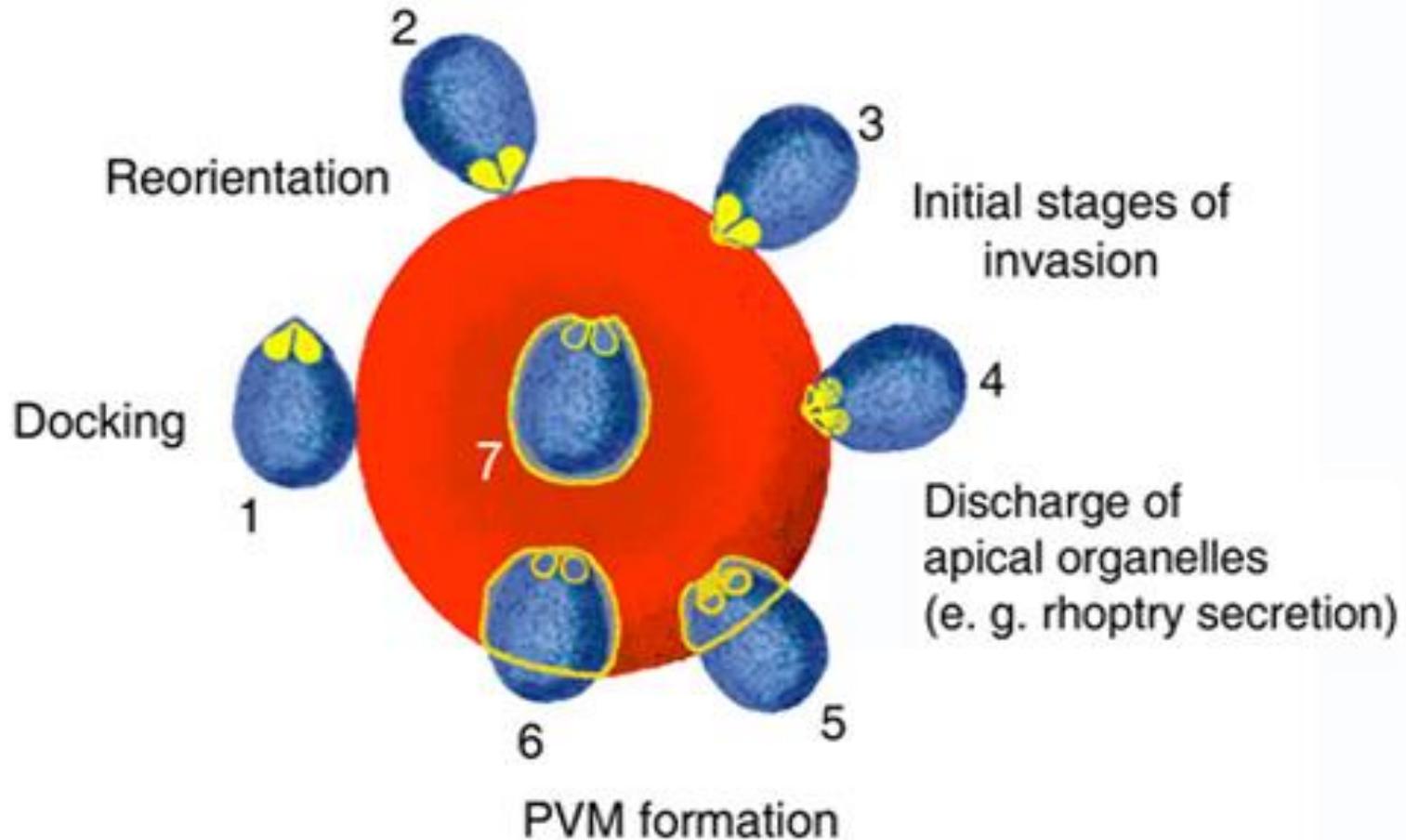


**Gametócitos**

**Esquizogonia sanguínea**



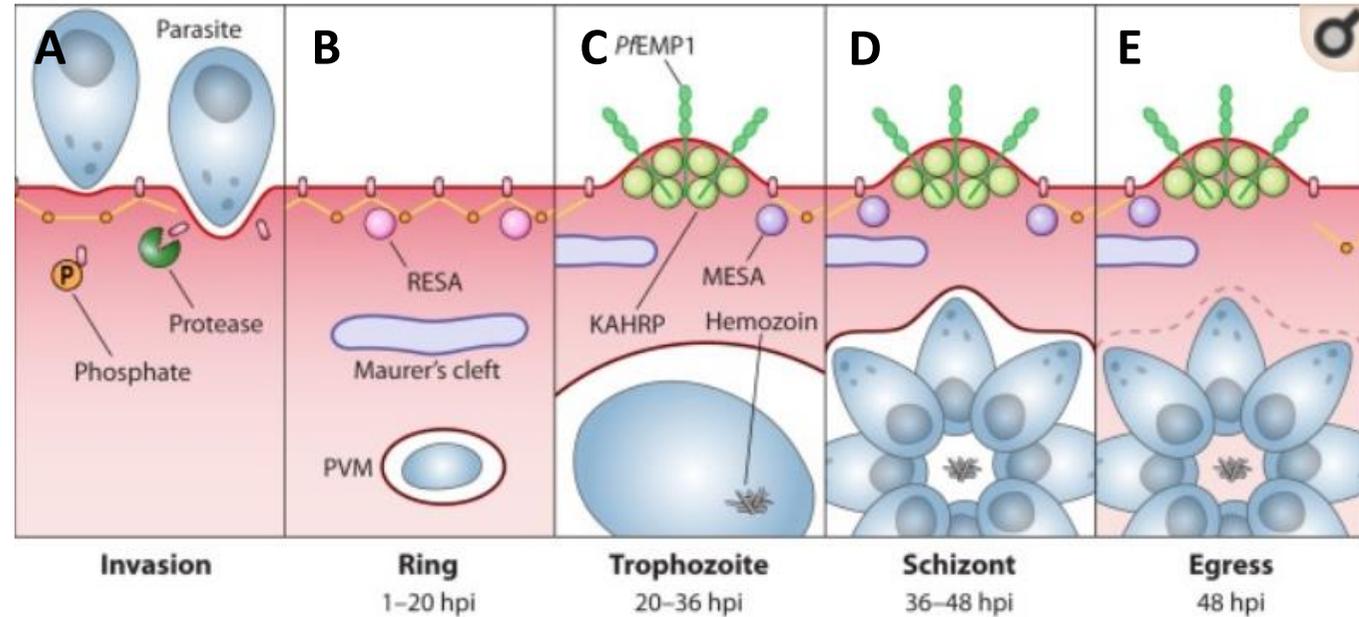
# *Plasmodium* sp.



Schematic representation of some of the major morphological events associated with merozoite invasion into erythrocytes. Attachment, apical reorientation, junction formation, the beginning of rhoptry discharge, penetration of the host cell membrane by the merozoite, and formation of the parasitophorous vacuole membrane (PVM) are shown. After the merozoite has fully invaded the red blood cell, resealing of the host cell plasma membrane occurs. The invaded parasite is completely enveloped by the PVM.

# *Plasmodium* sp.

Representação da invasão eritrocítica de *P. falciparum*. (A) Durante a invasão há intensa remodelação do citoesqueleto das hemácias. (B) Durante o estágio anel há uma intensa modificação da hemácia incluída a formação das fendas de Maurer. (C) O parasita madurece formando protruções da membrana eritrocitária (knobs) que ancoram proteínas parasitárias (por ex. PfEMP1). (D) Formação de merozoítos. (E) Durante o egresso, a membrana do PV é permeabilizada, a membrana eritrocitária é degradada e os novos merozoítos são liberados para o sangue.



## Adaptado de

[Microbiol Mol Biol Rev.](#) 2019 Dec; 83(4): e00013-19.

Published online 2019 Sep 4. doi: [10.1128/MMBR.00013-19](https://doi.org/10.1128/MMBR.00013-19)

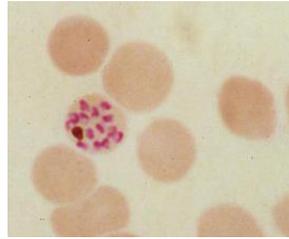
PMCID: PMC6759665

PMID: [31484690](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31484690/)

Host Cytoskeleton Remodeling throughout the Blood Stages of *Plasmodium falciparum*

[Jan D. Warncke](#)<sup>a,b,\*</sup> and [Hans-Peter Beck](#)<sup>a,b,\*</sup>

# Plasmodium sp.

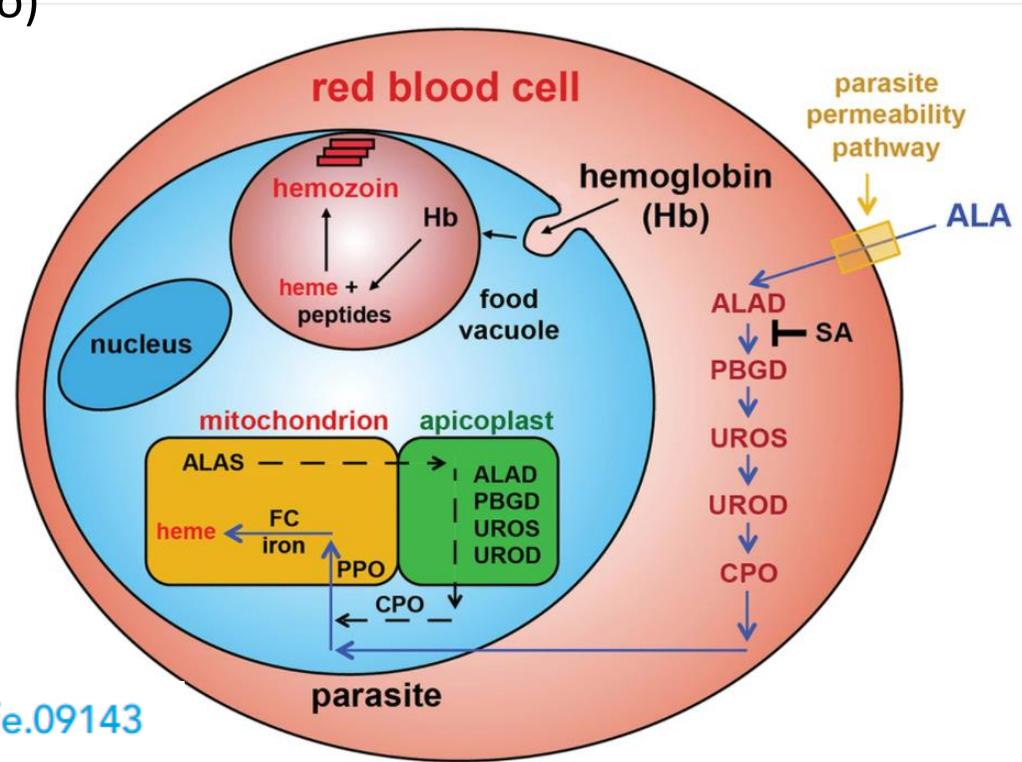


Formação de hemozoina (pigmento malárico)

Plasmodios intraeritrocíticos metabólicamente ativos degradam hemoglobina

↓  
Liberação de hemina →

↓  
Produção de ROS (reação de Fenton)



Obrigado!