

# AQUICULTURA COM SANIDADE

## DINÂMICA DAS DOENÇAS INFECCIOSAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AQUÍCOLAS

*APLICAÇÃO DA EPIDEMIOLOGIA NA SANIDADE DOS  
ANIMAIS AQUÁTICOS*

Divisão de **Sanidade dos Animais Aquáticos**

Coodenação-Geral de Programas Sanitários  
Departamento de Saúde Animal  
Secretaria de Defesa Agropecuária

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA  
E PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

# Tópicos desta aula:

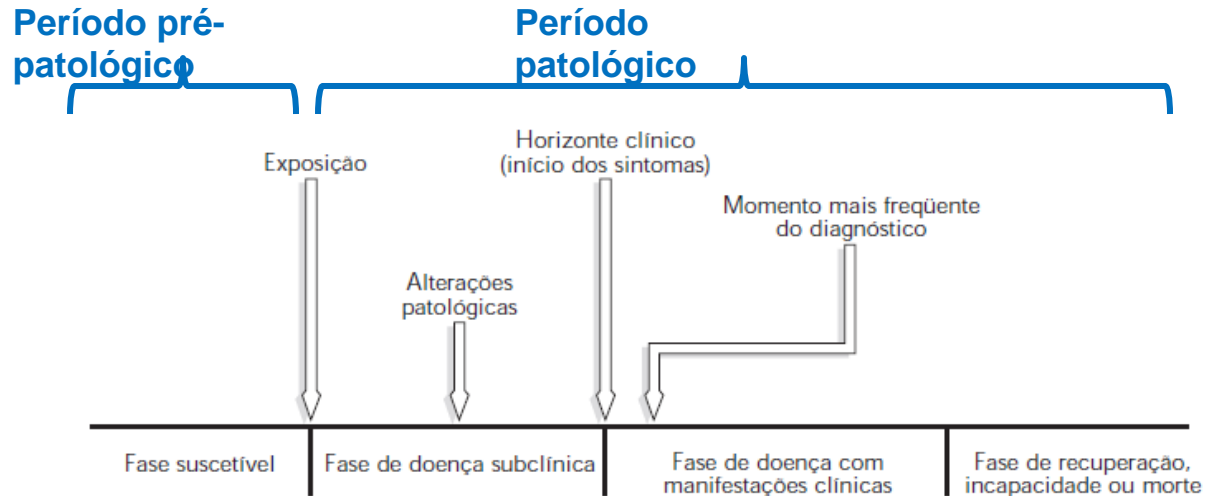
- Dinâmica das doenças infecciosas;
- Ciclo natural das doenças infecciosas;
- Transmissão e manutenção da infecção em populações animais;
- Influência dos fatores ambientais, sociais e econômicos na saúde animal - não é diferente para animais aquáticos;

# Por que estudar?

- A ocorrência das doenças infecciosas na população depende da interação de três fatores: agente infeccioso, ambiente e hospedeiro
- Ou seja, cada doença pode se manifestar de formas variadas de acordo com a população acometida, tempo e espaço

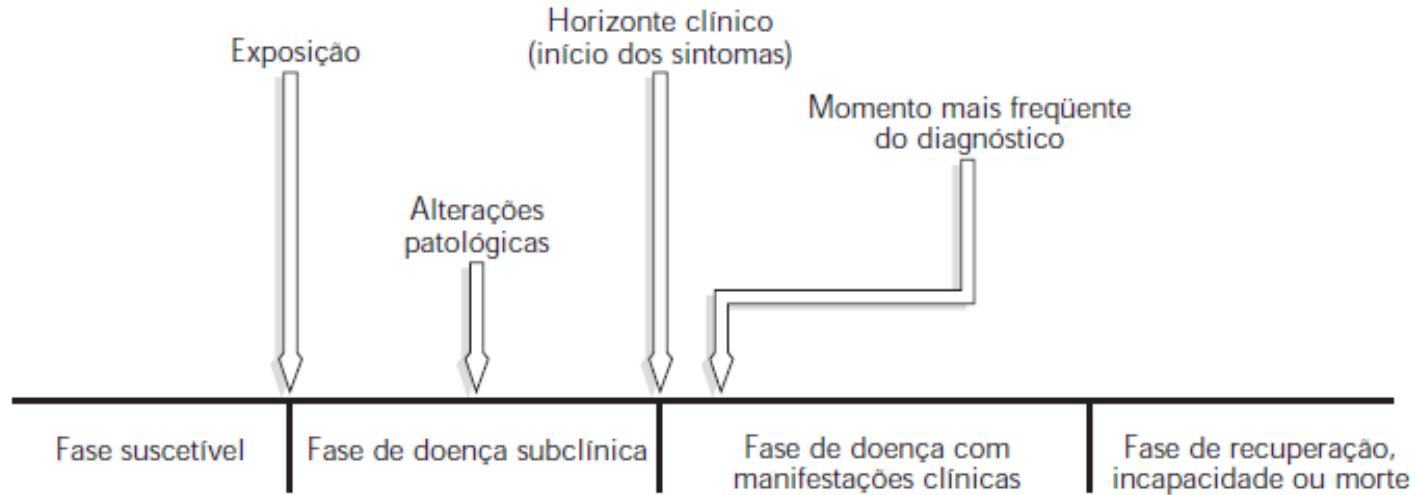
# História natural das doenças

Evolução da doença em um indivíduo na ausência de tratamento ou intervenções até o seu desfecho (cura ou óbito).



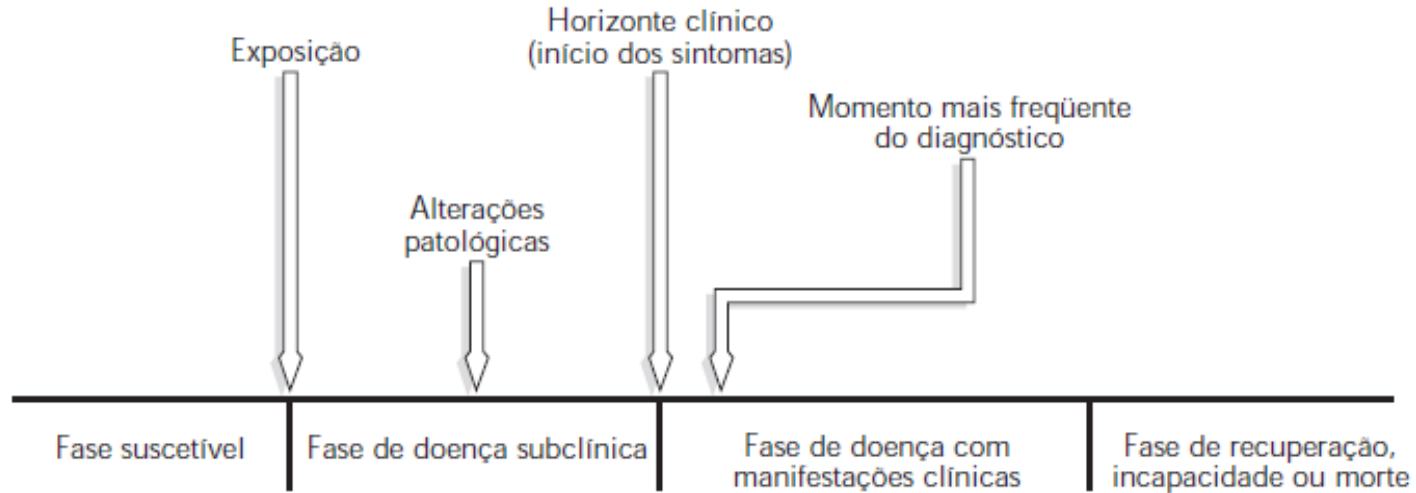
Fonte: Adaptado de Centers for Disease Control and Prevention

# História natural das doenças



Não há doença ainda, mas condições que favorecem o surgimento ou que permitem a adoção de estratégias de prevenção- fatores de risco ou de proteção.

# História natural das doenças



PERÍODO DE  
INCUBAÇÃO



Ausência de sinais clínicos. Identificação precoce → maior probabilidade de êxito do tratamento ou na eliminação dos focos (importância da investigação epidemiológica dos grupos de maior risco).

# Teoria do “iceberg”



# Fases da doença

- **Período de incubação:** entre a exposição do hospedeiro suscetível e início dos sinais clínicos.
- **Período pré-patente:** entre a penetração do agente e o início da excreção pelo hospedeiro.
- **Período prodrômico:** intervalo entre os primeiros sinais clínicos da doença e o início dos que são característicos (patognomônicos).
- **Período patente/de transmissibilidade:** fase da infecção em que o agente é excretado (pode ser transmitido).
- **Período de convalescência:** de recuperação do hospedeiro.



# Fatores relacionados ao agente

- **Infectividade:** capacidade de o agente etiológico alojar-se e multiplicar-se no organismo do hospedeiro e transmitir-se deste para um novo hospedeiro.
- **Patogenicidade:** capacidade de um agente biológico causar **doença** em um hospedeiro.
  - Infecção aparente x inaparente.
  - Doente x portador .
- **Virulência:** grau de patogenicidade de um agente infeccioso.
  - Expressa pela gravidade da doença (letalidade, proporção de casos com sequelas, etc).
- **Valência ecológica:** capacidade de um agente sobreviver em um ou mais reservatórios.
  - Quanto maior a valência ecológica, maior será a sua capacidade de perpetuação no ambiente.

# Fatores relacionados ao agente

- **Resistência:** capacidade de sobreviver nas condições do meio ambiente.
- **Dose infectante:** quantidade do agente que penetra no novo hospedeiro suscetível.
- **Poder imunogênico/imunogenicidade:** capacidade do agente biológico de estimular resposta imune no hospedeiro.
  - Curta ou longa duração;
  - Grau elevado ou baixo;
  - Tipo específica: produz imunidade apenas contra um das cepas do agente;

# Fatores relacionados ao ambiente

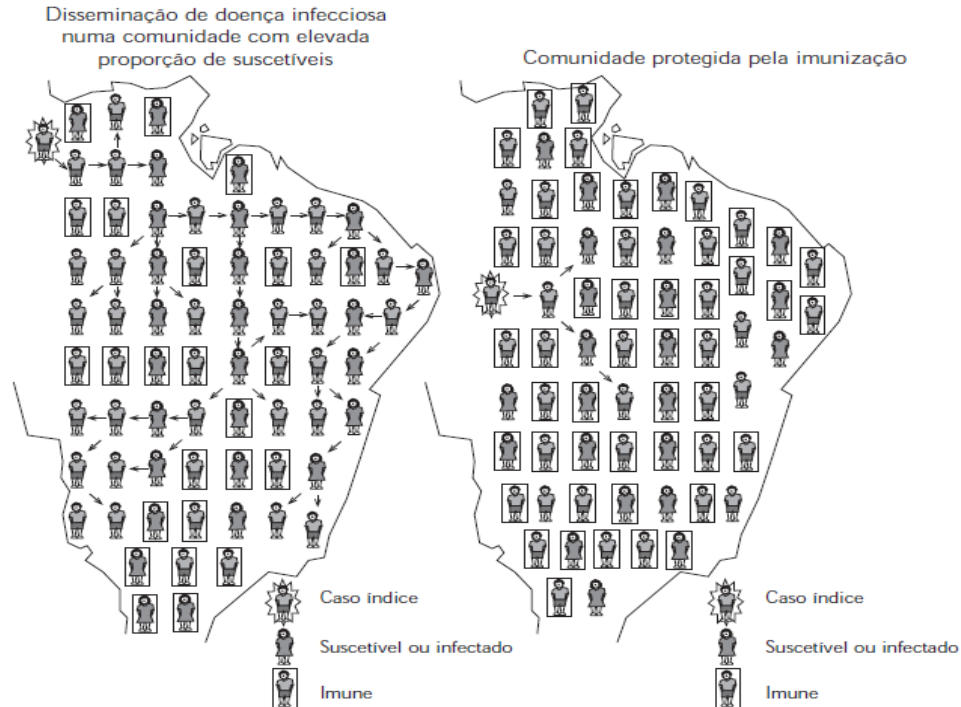
- **Localização**
- **Clima:**
  - temperatura,
  - radiação solar.
- **Aspectos socioeconômicos:**
  - aglomerações,
  - intensidade de trânsito,
  - manejo produtivo,
  - estrutura demográfica,
  - qualidade e acesso ao sistema de saúde animal

# Fatores relacionados ao hospedeiro

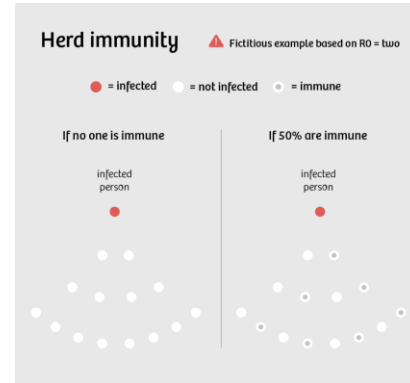
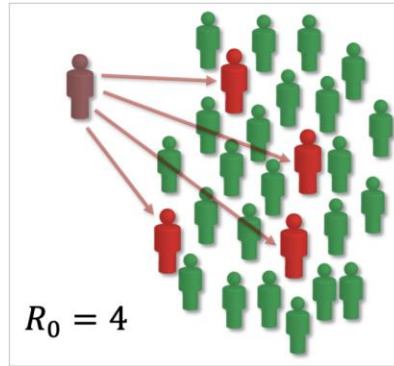
- **Suscetibilidade:** ausência de resistência suficiente contra um determinado agente patogênico.
- **Resistência:** defesa contra a invasão ou multiplicação de agentes infecciosos.
  - Mecanismos inespecíficos: pele, mucosa, ácido gástrico, cílios do trato respiratório, imunidade celular;
  - Mecanismos específicos: imunidade humoral.
- **Imunidade:** resistência associada à presença de anticorpos específicos (imunidade humoral).
  - Ativa: adquirida naturalmente pela infecção ou artificialmente (vacinas);
  - Passiva: adquirida naturalmente da mãe ou artificialmente pela inoculação de anticorpos protetores específicos (colostró, soro antiofídico). É pouco duradoura.

# Fatores relacionados ao hospedeiro

- **Imunidade de rebanho:** resistência de um grupo à introdução e/ou disseminação de um agente infeccioso.



$R_0$  e a imunidade de rebanho



$R_t = R_0 \times \% \text{ susceptíveis}$  → Quando  $R < 1$ , a epidemia começa a declinar.

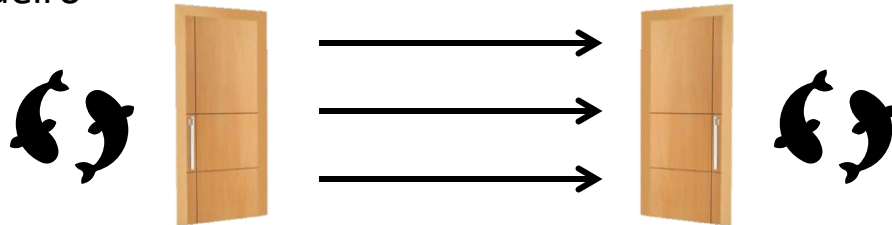
# Cadeia do processo infeccioso

## conceitos básicos

- **Infecção:** penetração, alojamento, multiplicação do agente etiológico animado no organismo do hospedeiro. Produz danos, com ou sem sinais clínicos reconhecíveis.
  - Infecção x doença
- **Infestação:** alojamento, desenvolvimento e reprodução de artrópodes na superfície do corpo ou na roupa de pessoas ou animais. Ex: infestação de piolhos, carrapatos, etc.
- **Colonização:** agente presente na superfície do organismo em quantidade mínima, multiplicando-se numa proporção suficiente para manter-se, mas sem produzir evidência de reações do hospedeiro.

# Cadeia do processo infeccioso

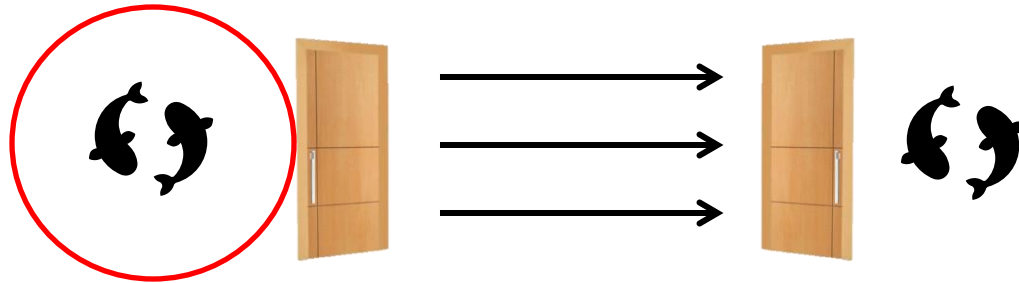
- Refere-se à maneira como uma doença é transmitida de um indivíduo para o outro;
- O esquema da **cadeia do processo infeccioso** procura integrar e detalhar os conceitos de *estrutura epidemiológica*, de *história natural* e de espectro clínico das doenças infecciosas.
- Componentes:
  1. Fontes de infecção
  2. Vias de excreção
  3. Mecanismos de transmissão
  4. Vias de penetração
  5. Novo hospedeiro





# Cadeia do processo infeccioso

- 1. Fonte de infecção:** qualquer animal que esteja infectado e seja capaz de transmitir o agente para outros animais suscetíveis.
- Hospedeiro



## **a) Doentes**

- I. Sinais clínicos
- II. Fácil reconhecimento
- III. Permitem o diagnóstico
- IV. Adoção de medidas de controle

## **b) Portadores (hospedeiros assintomáticos)**

- I. Ativos: excretam o agente permanentemente ou temporariamente. Exemplo: bovinos persistentemente infectados pelo vírus da diarreia viral bovina (BVDV).
- II. Passivos: abrigam e replicam o agente, mas não são capazes de transmitir a infecção (**não** são fontes de infecção!). Exemplo: cães adultos podem abrigar o vírus da cinomose no SNC sem excretá-lo.

**c) Reservatório:** espécie animal que abriga e mantém o agente infeccioso em um ecossistema, podendo transmiti-lo para outras espécies. Podem ou não desenvolver a enfermidade.



Hantavírus  
Leptospirose



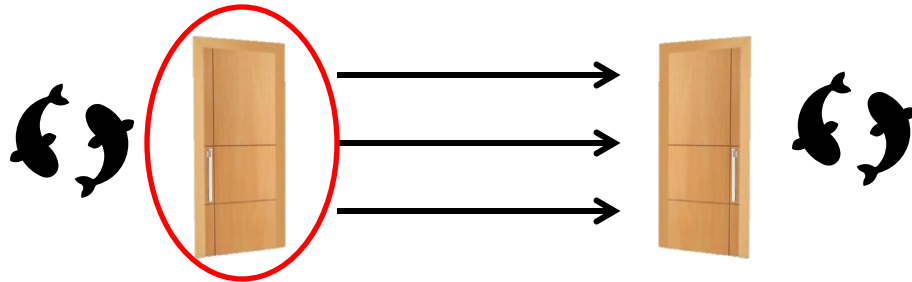
Raiva e outros  
Lyssavirus



Vírus da  
Influenza  
aviária

## 2. Via de excreção/eliminação

- Porta de saída.
- É o meio pelo qual o agente é excretado do organismo infectado.
- É determinada primariamente pelo tropismo do agente (tecido/órgão alvo onde ocorre a sua replicação). Exemplos:
  - Parvovírus canino – infecção entérica → via de eliminação: fezes.
  - Vírus da influenza – infecção respiratória → via de eliminação: secreções oronasais e expectorações



## VIAS DE EXCREÇÃO DO AGENTE



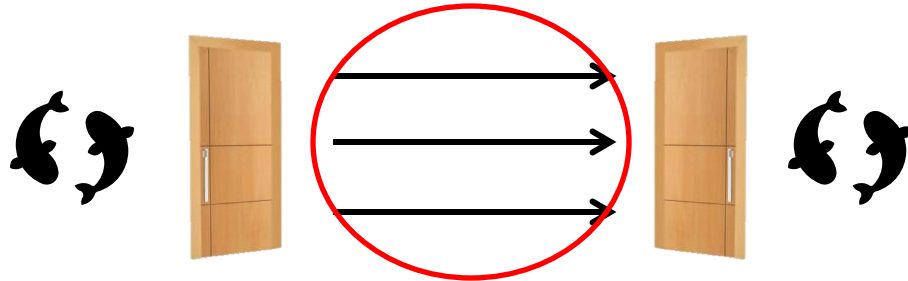
## 2. Via de excreção/eliminação

- A via de eliminação também determina a forma de transmissão

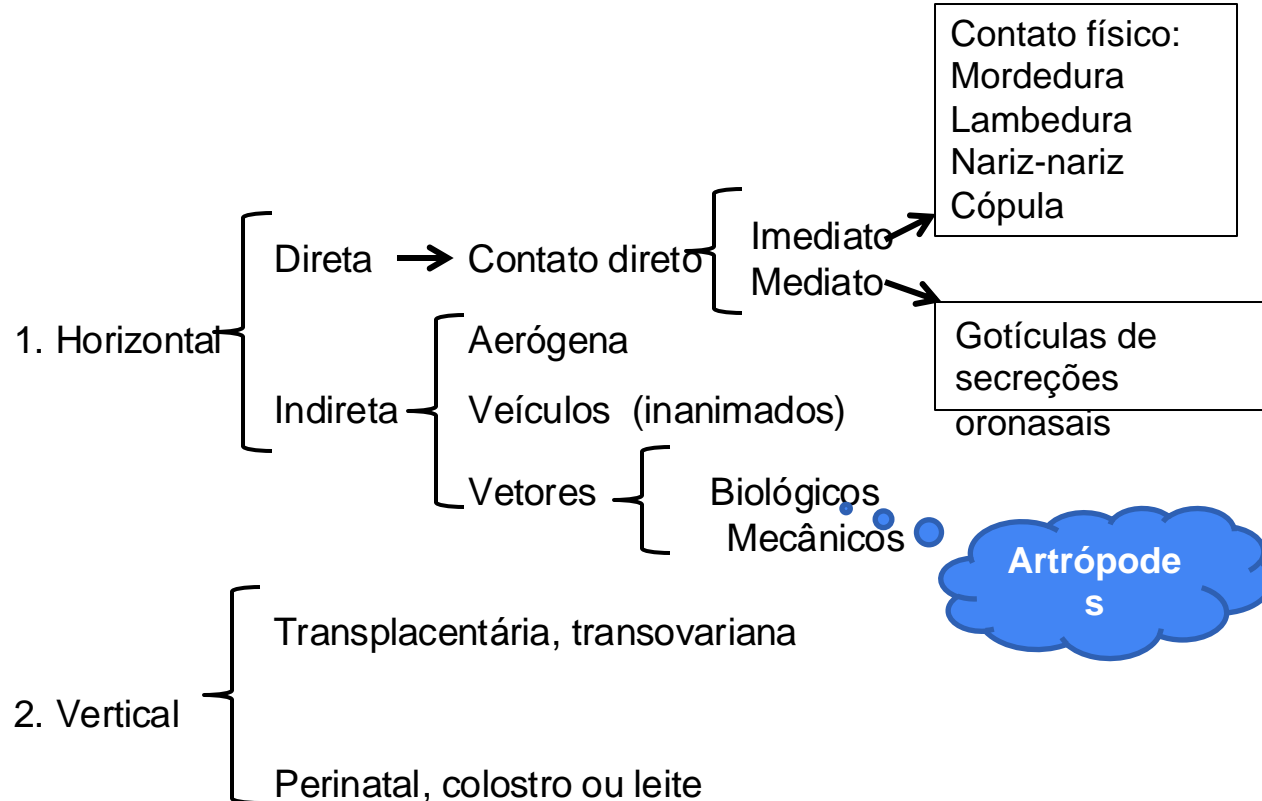
<b>Via de excreção</b>	<b>Transmissão</b>
Sêmen	Cópula, Inseminação Artificial
Fezes	Via fecal-oral, água e alimentos contaminados
Sangue/linfa	Vetores, iatrogênica
Saliva	Contato direto, mordedura

### 3. Mecanismo de transmissão

- É a transferência do agente etiológico para um novo hospedeiro suscetível.
- Trajetó por onde o agente, a partir da fonte de infecção, atinge o meio ambiente.
- O agente deve ser capaz de resistir no meio ambiente o tempo necessário para encontrar e infectar outro hospedeiro suscetível.



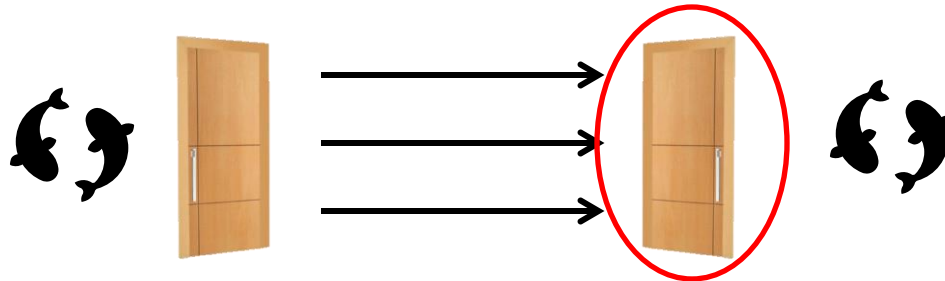
### 3. Mecanismo de transmissão





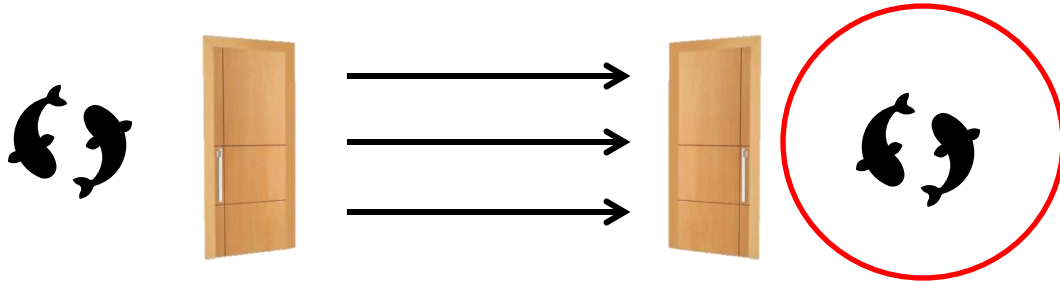
## 4. Via de penetração

- Porta de entrada
- É o local de penetração do agente no novo hospedeiro.
- Determinada primariamente pelo mecanismo de transmissão.
  - Transmissão pela água/alimentos contaminados → penetração por via **oral**. Ex: BSE, clostridioses
  - Transmissão por vetores (artrópodes) → penetração através da **pele**. Ex: Babesiose, leishmaniose.
  - Transmissão pelo sêmen → penetração **pela mucosa genital**. Ex: Brucelose.



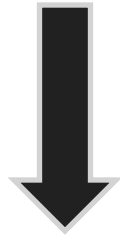
## 5. Novo hospedeiro

- Suscetível: ausência de resistência suficiente contra o agente patogênico.
- Depende de: fatores genéticos, imunidade específica adquirida, outros fatores que alterem a habilidade individual de resistir à infecção ou limitar a patogenicidade.



## 5. Novo hospedeiro

O número de hospedeiros suscetíveis  
deve ser suficiente para permitir a continuidade da  
transmissão, se não...



Processo infeccioso cessa/o agente é extinto !!!

# Resumindo

1- Quem hospeda e transmite o agente?

**FONTE DE INFECÇÃO**

2 - Como o agente deixa o hospedeiro inicial?

**VIA DE ELIMINAÇÃO**

3 - Que recurso o agente utiliza para alcançar o novo hospedeiro?

**VIA DE TRANSMISSÃO**

4 - Como o agente invade o novo hospedeiro?

**PORTA DE ENTRADA**

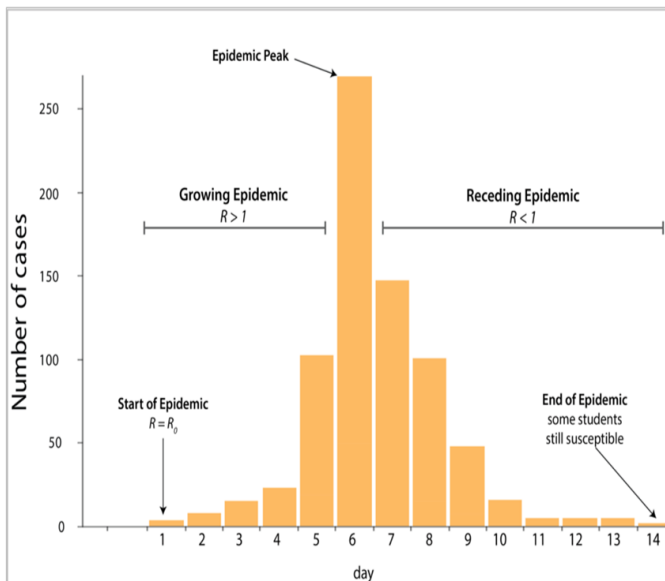
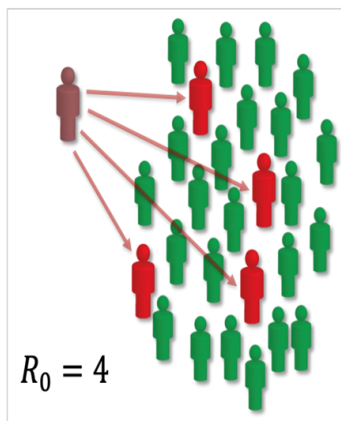
# Padrões de ocorrência de doenças

- Endemia:
  - Frequência usual de ocorrência da doença
  - Presença constante, estável
- Epidemia:
  - Repentino aumento na ocorrência de doenças em uma população - **pico de incidência em curto espaço de tempo**
  - É a ocorrência de uma doença infecciosa ou não infecciosa a um nível superior ao esperado
  - Não representa necessariamente um grande número de casos, mas sim um excesso de casos quando comparado à frequência habitual

➤ **O aumento rápido de casos é dependente do período de incubação.**
- Pandemia:
  - Epidemia amplamente disseminada que usualmente compromete mais de um continente.

# Epidemia propagada ou progressiva

- Uma fonte infectada transmite o agente a outra suscetível.
- Número de reprodução (R) e curva epidêmica:
  - $R_t = R_0 \times \% \text{ susceptíveis}$  → Quando  $R_t < 1$ , a epidemia começa a declinar.



A presença usual de uma doença,  
dentro dos limites esperados,  
em uma determinada área  
geográfica, por um período de  
tempo ilimitado é o conceito de:

A - Epidemia;

**B - Endemia;**

C - Pandemia;

D - Surto;



# Considerações até aqui

- Entender a cadeia de eventos no processo saúde-doença e os mecanismos que o agente infeccioso utiliza para assegurar sua perpetuação



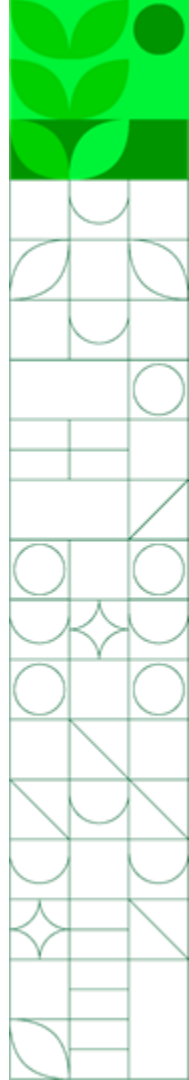
- Identificar os pontos críticos para determinar as ferramentas mais adequadas para o controle, prevenção e erradicação de doenças.



# Conceitos importantes em epidemiologia

EPI = sobre  
DEMO = população  
LOGOS = estudo

- **Fontes de infecção**
  - Animais infectados (sintomáticos ou não)
  - Animais moribundos/mortos
- **Reservatórios**
- **Vias de transmissão**
  - Direta
  - Indireta
  - Horizontal
  - Vertical
- **Fatores de risco**
  - Ingresso de animais infectados
  - Alimento vivo
  - Práticas de manejo
  - Fômites
- **Exposição**
  - Expostos
  - Não-expostos
- **Medidas de frequência de doenças**
  - Prevalência
  - Incidência
  - Estudos de coorte
  - Estudos de caso-controle



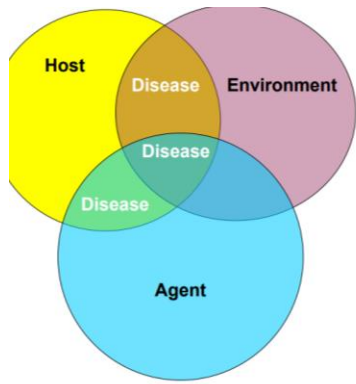
# Processo saúde-doença em uma população

Exemplo: Infecção X

- **Num espaço & num tempo**
  - IDEAL: nenhum animal infectado
  - Ou não todos:
    - Animais não-infectados - não reagentes ao teste
    - Animais infectados - reagentes ao teste
- **Testes diagnósticos trazem resultados:**
  - Positivos
  - Negativos
  - Falso-positivos
  - Falso-negativos
- **Características dos testes diagnósticos:**
  - **Sensibilidade**
  - **Especificidade**
  - **Valor preditivo (positivo e negativo)**
  - **Acurácia**

Condição do paciente	Doentes	Não-doentes	Total	
Resultado do teste				
Positivo	a	b	a+b	Valor preditivo POS
Negativo	c	d	c+d	Valor preditivo NEG
Total	a+c	b+d	a+b+c+d (N)	
			acurácia	
	sensibilidade	especificidade		

Tabela 2x2



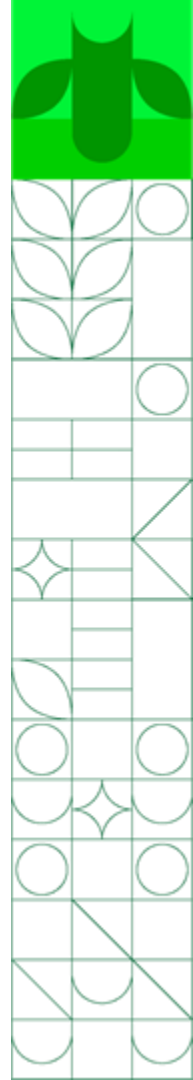
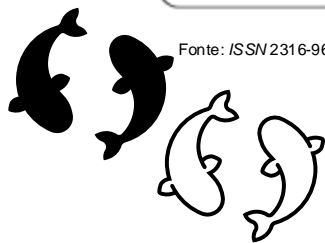
## Dinâmica de uma doença infecciosa

- Animais **Suscetíveis** - podem pegar a infecção
- Animais **Infectados** – fontes de infecção para os suscetíveis
- Animais moribundos/mortos - podem ser fontes de infecção para os suscetíveis
- Animais **Removidos** (mortos/recuperados)

### Modelo compartimental do tipo SIR



Fonte: ISSN 2316-9664 Volume 21, dez. 2021 Iniciação Científica





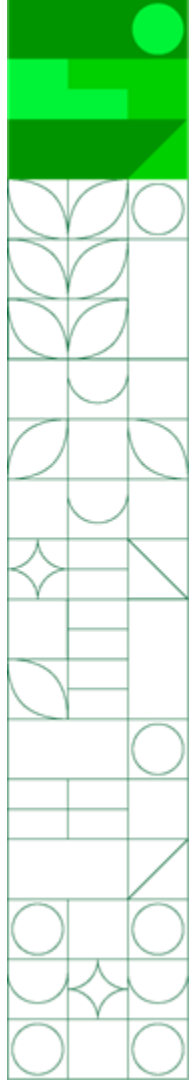


## Fatores de risco - sazonalidade

- Os que aumentam o risco de ocorrência

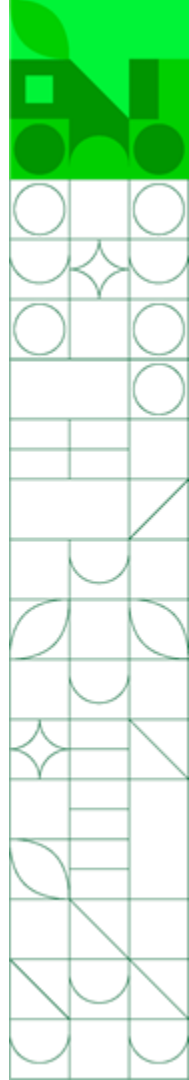
E

- Os desafios adicionais para o controle de doenças frente a:
  - quantidade e qualidade da água
    - Físicos
    - Químicos
    - Biológicos
  - fauna invasora
  - mudanças climáticas



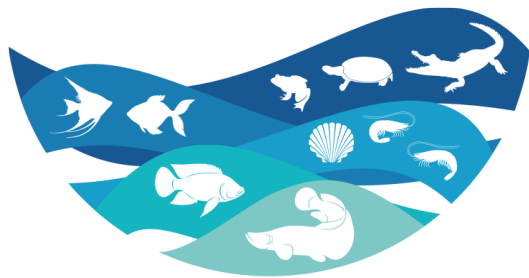
# Aquecimento Global (IPCC – summary for policymakers)

- **Aumento no nível dos oceanos**
- **Perdas de espécies** em virtude do calor extremo (eventos de mortalidade em massa)
- Redução da segurança alimentar (redução no crescimento da produtividade da agropecuária)
- **Aquecimento das águas** tem impacto negativo na pesca e cultivos de moluscos e demais em algumas regiões - alteração da salinidade, metabolismo
- **Aumento de ocorrência de doenças de veiculação hídrica e de doenças transmitidas por vetores**





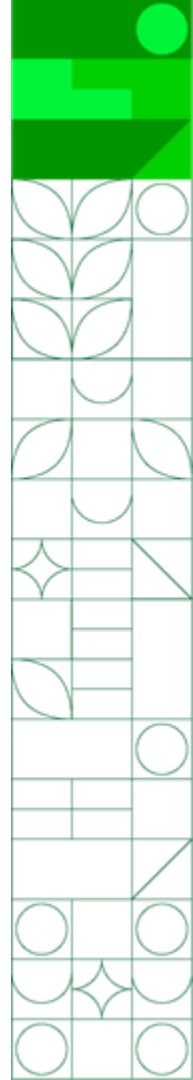
# Programa sanitário do MAPA



AQUICULTURA  
COM SANIDADE

Foi delineado levando em conta as características da interação patógeno-animal-ambiente:

- Animais susceptíveis = fontes de infecção
- Vias de transmissão
- Biossegurança – ingresso de patógenos
- Medidas de profilaxia e boas práticas para diminuir a incidência e prevalência
- Comunicação dos achados com o serviço veterinário oficial (estadual/federal)
- Procedimentos para despesca
- etc



# Epidemiologia Veterinária

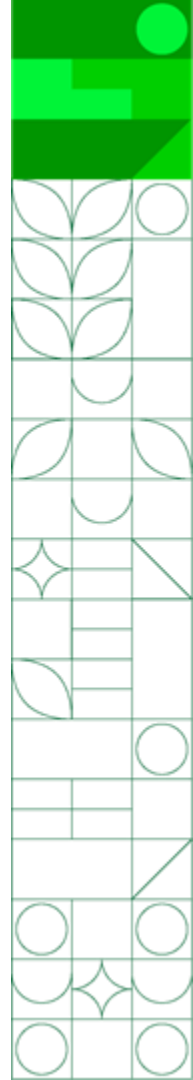
## para definição e execução das políticas públicas em **sanidade aquícola**

- estudos epidemiológicos:

- a partir de dados e informações gerados pelo programa sanitário oficial, pelas medidas de gestão de risco implementadas e a partir de resultados das análises laboratoriais,
- fornecer ferramentas de apoio às decisões em política sanitária do MAPA (a partir de resultados baseados em evidências)

- projetos de pesquisa, extensão e inovação a partir de dados e informações gerados

- treinamentos e capacitação ao serviço veterinário oficial;
- ações do serviço veterinário oficial
- sistema de informações



# Abordagem de enfrentamento em Saúde Única na produção primária

- **aspectos saúde animal**
  - Fontes de infecção:
    - animais domésticos susceptíveis
    - animais silvestres susceptíveis (ictiofauna)
- **aspectos ambientais**
  - Fontes de infecção:
    - **Reservatórios**
  - Vias de transmissão:
    - Secreções
    - Fômites
    - Contato direto
    - Consumo de alimentos
    - Veiculação hídrica

\*\*\*contaminantes\*\*\*
- **aspectos saúde humana**
  - Parasitoses
  - Bacterioses

- Abordagem – propriedades rurais com animais de interesse econômico - **produção primária** (SVO – Defesa Sanitária Animal)
- Abordagem - estabelecimentos industriais de inspeção higiênico-sanitária - **produção secundária** (SVO - inspeção oficial)
- Abordagem - transporte e comércio - **produção terciária** (Anvisa)

## Reflexão:

Quais os desafios e oportunidades para implementação da abordagem em Saúde Única?

## O papel dos serviços veterinários nacionais e da Organização Mundial de Saúde Animal - OMSA

CrITÉRIOS para a inclusão de uma doença na lista da OMSA: (atualmente são 117 doenças: 88 Ter e 29 Aq)

A **disseminação internacional** do agente patogênico foi comprovada

E

Pelo menos **um país demonstrou a ausência efetiva ou iminente da doença** em populações de **animais suscetíveis**

E

Existem **meios confiáveis de detecção e diagnóstico** e uma **definição precisa de caso** está disponível para identificar claramente os casos e permitir que sejam distinguidos de outras doenças

E

A **transmissão natural para humanos** foi comprovada e está associada a graves consequências

OU

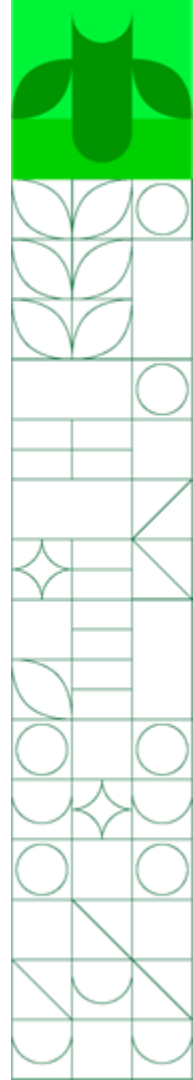
A doença demonstrou ter um **impacto significativo na saúde dos animais domésticos** (gravidade dos sinais clínicos, perdas diretas de produção e mortalidade)

OU

As evidências científicas indicam que teria um **impacto significativo na saúde da vida selvagem** (gravidade dos sinais clínicos, perdas econômicas diretas e mortalidade, ameaça à viabilidade de uma população de vida selvagem)

# Quais as nossas capacidades dentro do que é conhecido?

<https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/aquatic-code-online-access/>



# Serviço oficial de saúde animal



# The application of epidemiology in aquatic animal health –opportunities and challenges

Edmund J Peeler<sup>1</sup>, Nicholas G H Taylor

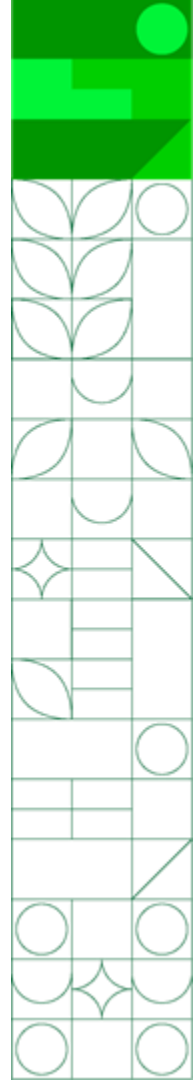
Affiliations + expand

PMID: 21834990 PMCID: [PMC3182899](#) DOI: [10.1186/1297-9716-42-94](#)

## Abstract

Over recent years the growth in aquaculture, accompanied by the emergence of new and transboundary diseases, has stimulated epidemiological studies of aquatic animal diseases. Great potential exists for both observational and theoretical approaches to investigate the processes driving emergence but, to date, compared to terrestrial systems, relatively few studies exist in aquatic animals. Research using risk methods has assessed routes of introduction of aquatic animal pathogens to facilitate safe trade (e.g. import risk analyses) and support biosecurity. Epidemiological studies of risk factors for disease in aquaculture (most notably Atlantic salmon farming) have effectively supported control measures. Methods developed for terrestrial livestock diseases (e.g. risk-based surveillance) could improve the capacity of aquatic animal surveillance systems to detect disease incursions and emergence. The study of disease in wild populations presents many challenges and the judicious use of theoretical models offers some solutions. Models, parameterised from observational studies of host pathogen interactions, have been used to extrapolate estimates of impacts on the individual to the population level. These have proved effective in estimating the likely impact of parasite infections on wild salmonid populations in Switzerland and Canada (where the importance of farmed salmon as a reservoir of infection was investigated). A lack of data is often the key constraint in the application of new approaches to surveillance and modelling. The need for epidemiological approaches to protect aquatic animal health will inevitably increase in the face of the combined challenges of climate change, increasing anthropogenic pressures, limited water sources and the growth in aquaculture.

- crescimento da aquicultura, acompanhado pelo surgimento de doenças novas e transfronteiriças, estimulou estudos epidemiológicos de doenças de animais aquáticos.
- métodos de risco avaliaram rotas de introdução de patógenos de animais aquáticos para facilitar o comércio seguro (por exemplo, análises de risco de importação) e apoiar a biossegurança
- estudos epidemiológicos de fatores de risco para doenças na aquicultura apoiaram efetivamente medidas de controle.
- métodos para doenças de terrestre (vigilância baseada em risco) podem melhorar a capacidade dos sistemas de vigilância de animais aquáticos de detectar incursões e surgimento de doenças.
- falta de dados é frequentemente a principal restrição na aplicação de novas abordagens para vigilância e modelagem.
- necessidade de abordagens epidemiológicas para proteger a saúde dos animais aquáticos aumentará inevitavelmente diante dos desafios combinados das mudanças climáticas, aumento das pressões antropogênicas, fontes de água limitadas e o crescimento da aquicultura.



## 12-point checklist for aquatic disease surveillance

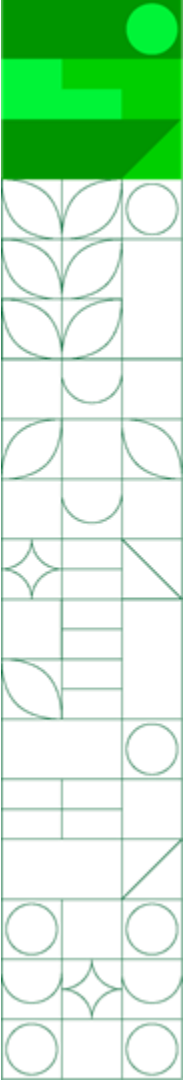


**Figure 1** The 12-point checklist showing the steps, their descriptions and the criteria and elements required to complete each step.



OMSA

Aquatic animals - WOAH - World Organisation for Animal Health



# Perguntas? Comentários?

Ótimo curso!

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA  
E PECUÁRIA

