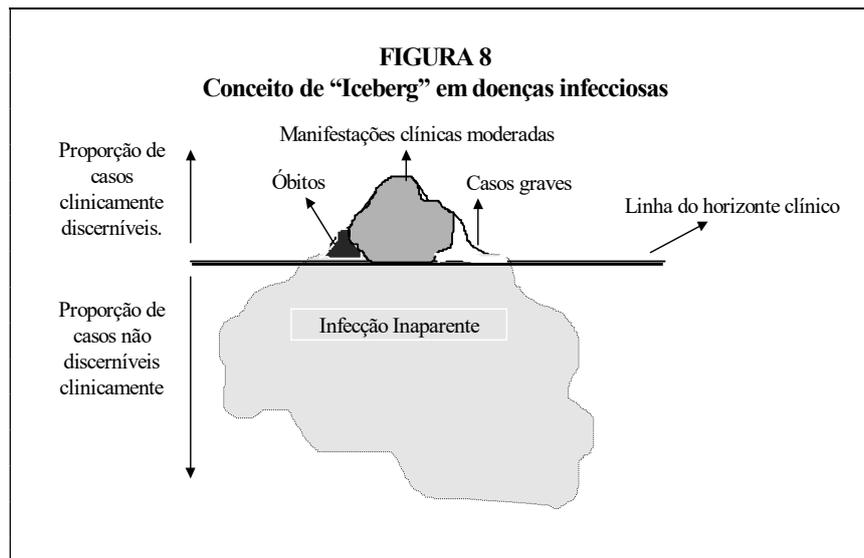




## Dinâmica e Medidas de Transmissão

Prof. Fredi Alexander Diaz Quijano  
Departamento Epidemiologia – FSP  
E-mail: [frediazq@usp.br](mailto:frediazq@usp.br)  
Twitter: [@DiazQuijanoFA](https://twitter.com/DiazQuijanoFA)



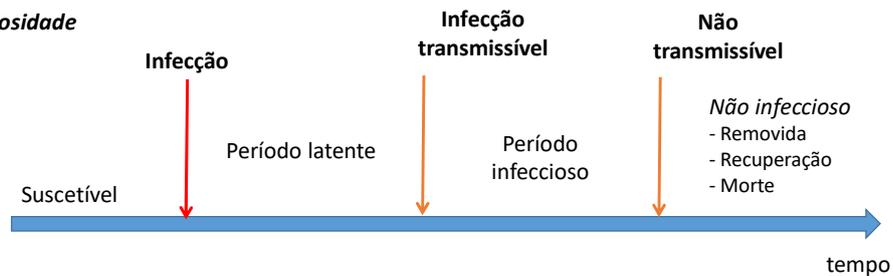
## Eventos relacionados a COVID-19 em Manaus

Evento	Número (20/05/20)
Mortes	1057
Casos notificados	11643
Infecções prováveis*	244469

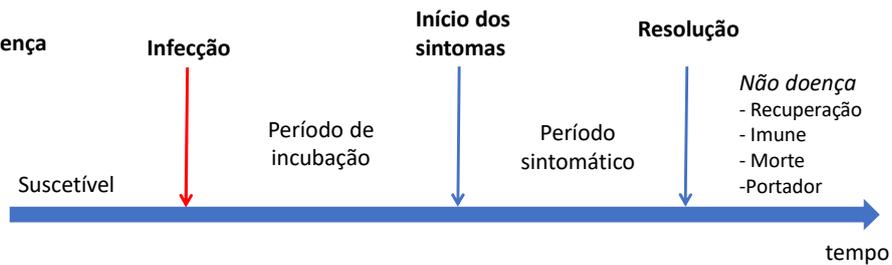
\*Considerando uma soroprevalência de 11.2% numa população de 2182763 habitantes.

3

### Dinâmica da *Infeciosidade*



### Dinâmica da Doença



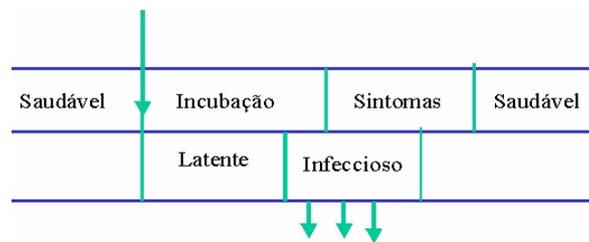
4

**Período de Exposição:** Período no qual a pessoa é exposta a uma fonte de infecção

**Período Latente:** Intervalo entre penetração do agente e o início da infecciosidade, ou seja, da capacidade de transmitir a infecção.

**Período de Incubação:** Intervalo entre a penetração do agente infeccioso ao início dos sintomas

**Período Infeccioso:** Período durante o qual a pessoa infectada é capaz de transmitir o agente infeccioso



5

## Períodos de Transmissibilidade

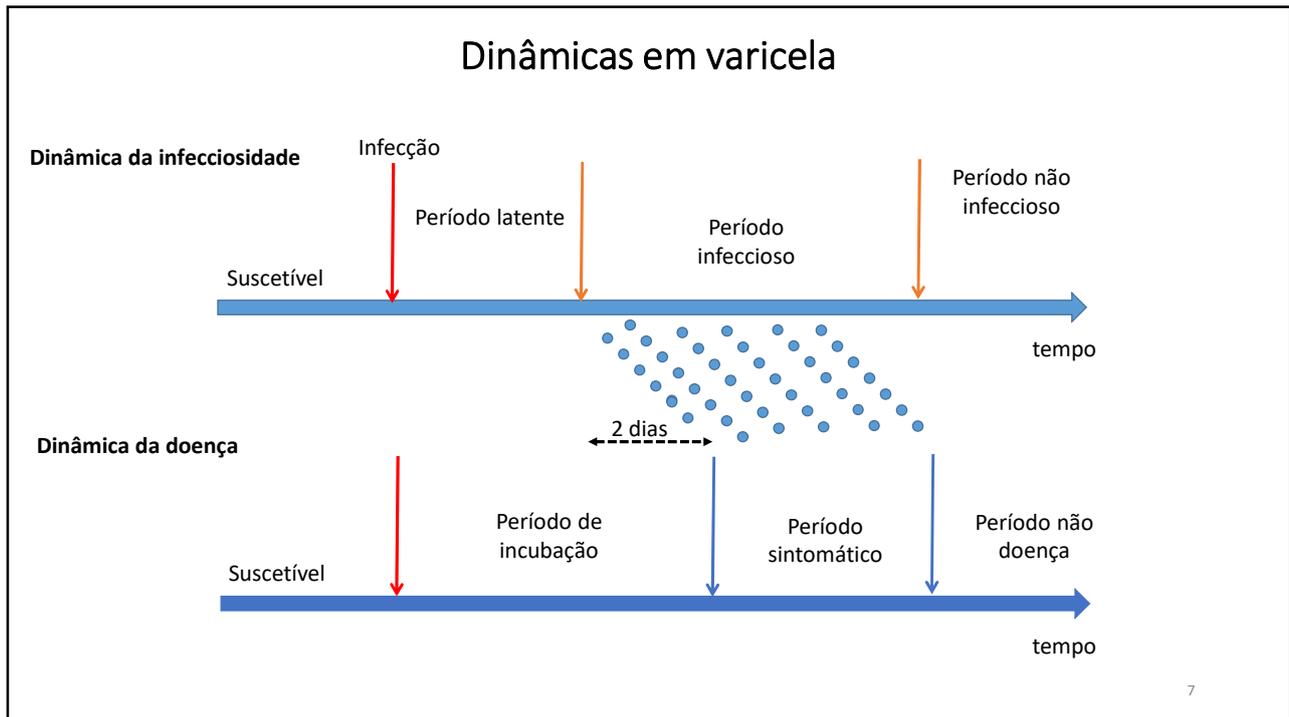
- **Varicela**

- Período latente curto, menor que o de incubação

→ Criança se torna infectante antes do desenvolvimento dos sintomas

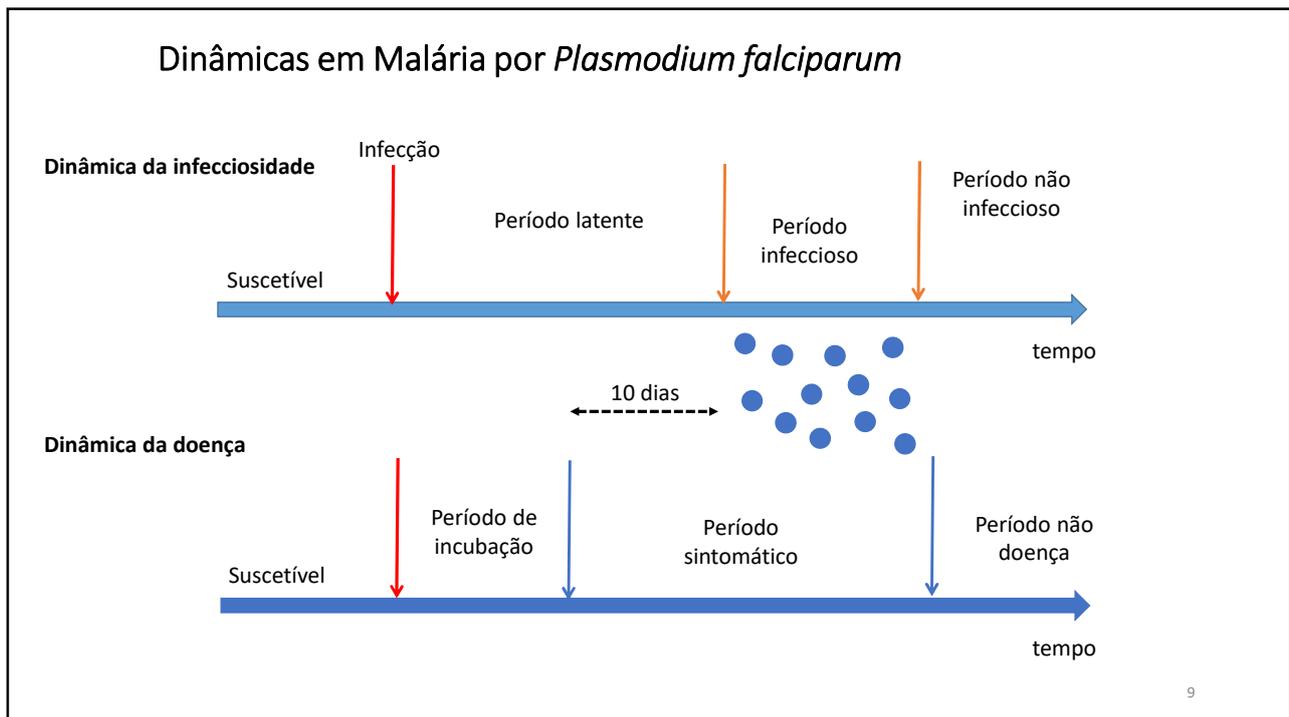
→ Intervenções?

6



### Malária por *Plasmodium falciparum*

- Período de incubação: 14 dias no humano
- Período latente é mais ou menos 10 dias a mais que o período de incubação
- Estágios infectantes ocorre 10 dias após o desenvolvimento dos sintomas
- Intervenção: Tratamento oportuno dos sintomáticos pode ter efeito importante na transmissão

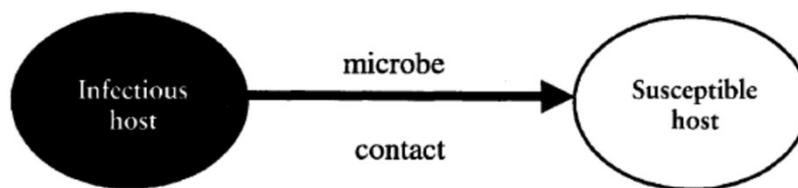


### Perguntas de interesse:

- Qual é a probabilidade de adquirir infecção após um ou mais contatos com uma fonte?
- Que potencial tem um caso de expandir a infecção numa comunidade?

### Medidas de Transmissibilidade

- ✓ Probabilidade de adquirir infecção
- ✓ Número Básico de Reprodução (ou Reprodutivo Básico),  $R_0$



La probabilidade de transmissão depende de:

- Tipo e definição de **Contato**
- Micróbio
- Hospedeiro infeccioso
- Hospedeiro susceptível

**Probabilidade de adquirir infecção (PI)**

$p = \text{Probabilidade de transmissão em um contato}$

Em um único contato:  $PI = p$

$\text{Probabilidade de escape } (q) = (1 - p)$

**Probabilidade de adquirir infecção (PI)**

Após um segundo contato a PI final vai ser o complemento da probabilidade de ter escapado da infecção nos dois contatos (duas vezes).

*Probabilidade de escape com 2 contatos (exposições):*

$$q * q = q^2 = (1 - p)^2$$

$$PI \text{ após 2 contatos} = 1 - ((1 - p)^2)$$

**Probabilidade de adquirir infecção (PI)**

*Probabilidade de escape com n contatos (exposições):*

$$q^n = (1 - p)^n$$

$$PI \text{ após } n \text{ contatos} = 1 - ((1 - p)^n)$$

**Probabilidade de adquirir infecção (PI)****Exemplo:**

Se a probabilidade de transmissão do herpes simplex for 0,3 (30%) em cada contato, então a PI após n contatos seria:

$$\begin{aligned} n=2 & \longrightarrow PI = 1 - ((1 - p)^n) \\ & = 1 - ((1 - 0,3)^2) = 1 - ((0,7)^2) \\ & = 1 - 0,49 = \mathbf{0,51} \end{aligned}$$

**Probabilidade de adquirir infecção (PI)****Exemplo:**

Se a probabilidade de transmissão do herpes simplex for 0,3 (30%) em cada contato, então a PI após n contatos seria:

$$\begin{aligned}n=3 &\longrightarrow PI = 1 - ((1 - p)^n) \\ &= 1 - ((1 - 0,3)^3) = 1 - ((0,7)^3) \\ &= 1 - 0,34 = \mathbf{0,64}\end{aligned}$$

**Probabilidade de adquirir infecção (PI)****Exemplo:**

Se a probabilidade de transmissão do herpes simplex for 0,3 (30%) em cada contato, então a PI após n contatos seria:

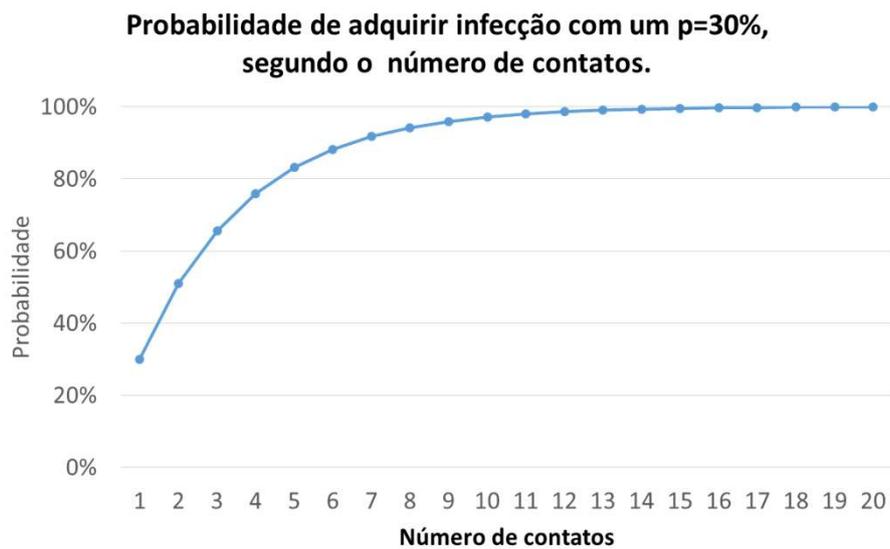
$$\begin{aligned}n=6 &\longrightarrow PI = 1 - ((1 - p)^n) \\ &= 1 - ((1 - 0,3)^6) = 1 - ((0,7)^6) \\ &= 1 - 0,12 = \mathbf{0,88}\end{aligned}$$

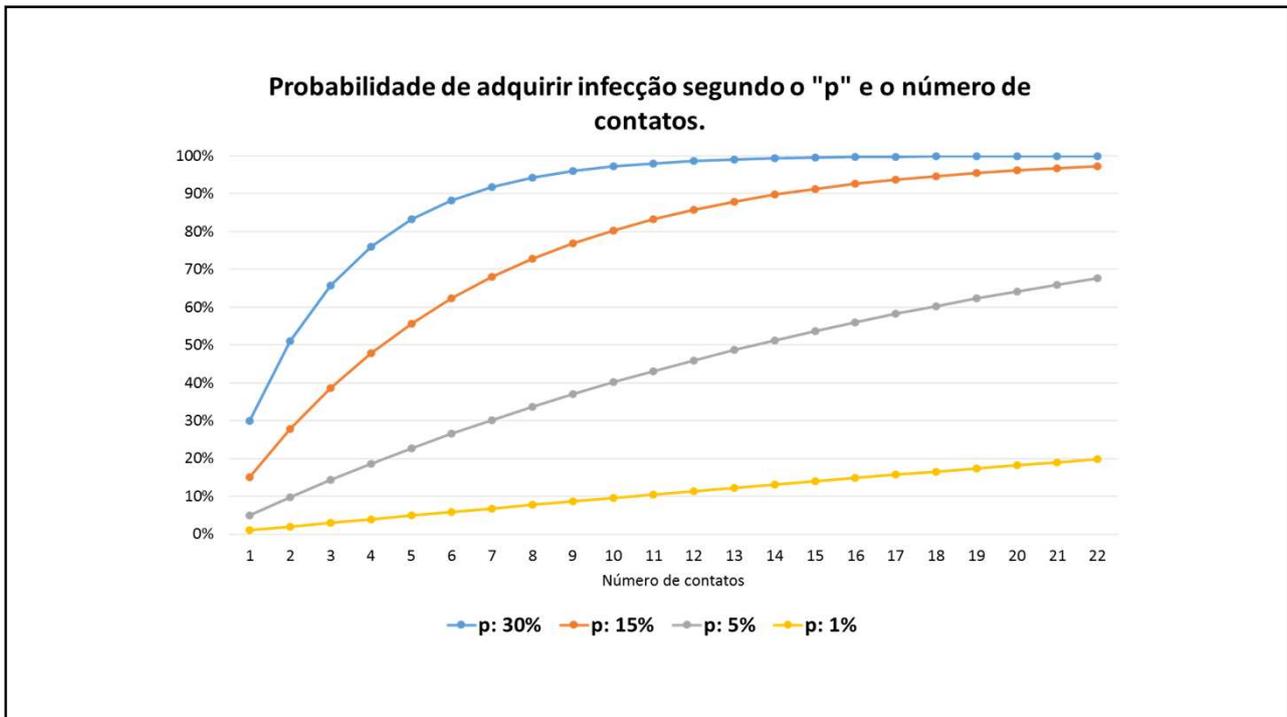


Escape Probabilities

Probability of Infection  
 $1-(1-p)^6 = 1-q^6$

**Figure 4-3A.** The probability of infection with six consecutive contacts.



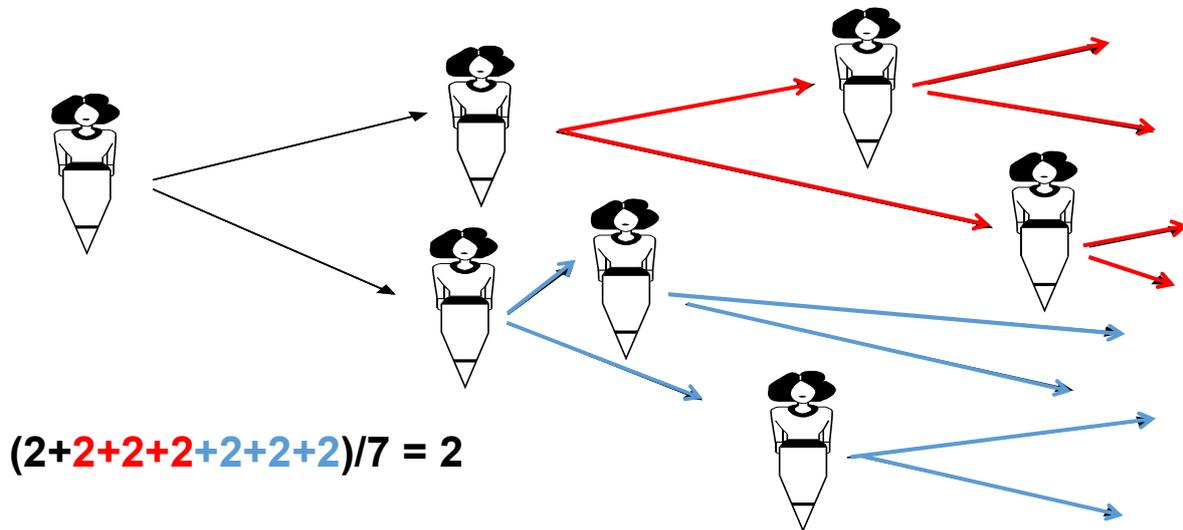


## Medidas da transmissibilidade

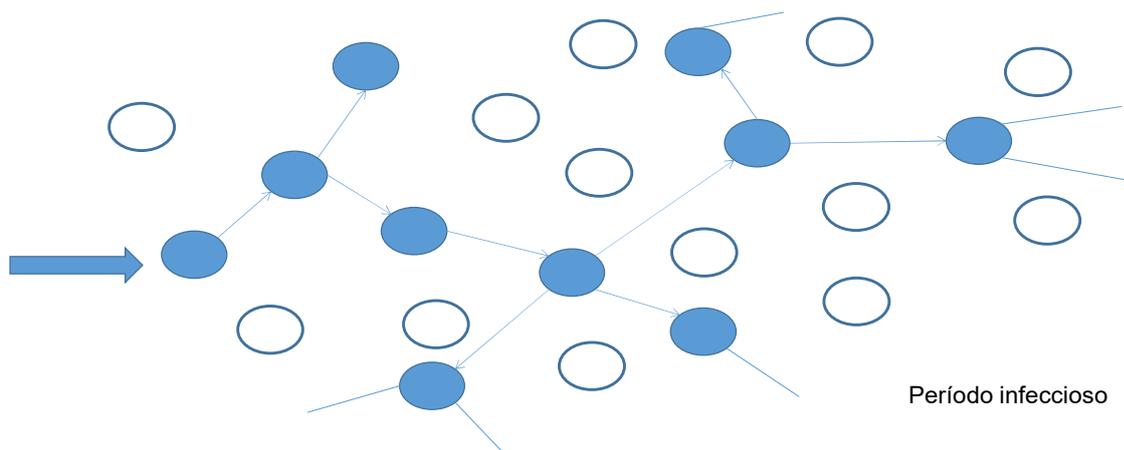
### Número Básico de Reprodução, $R_0$ , "are-zero"

Número esperado de novos hospedeiros infecciosos que um hospedeiro infeccioso pode produzir.

### Número Básico de Reprodução - $R_0$



### Número Básico de Reprodução ( $R_0$ )



$$(1+2+0+1+3+2+1+2+1+2)/10 = 1,5$$

## Medidas da transmissibilidade

### Número Básico de Reprodução, $R_0$ , “are-zero”

$$R_0 = \text{duração da infecciosidade} \times \frac{\# \text{contatos}}{\text{Tempo}} \times \frac{\# \text{Infec.}}{\text{contato}}$$

$$R_0 = dcp$$

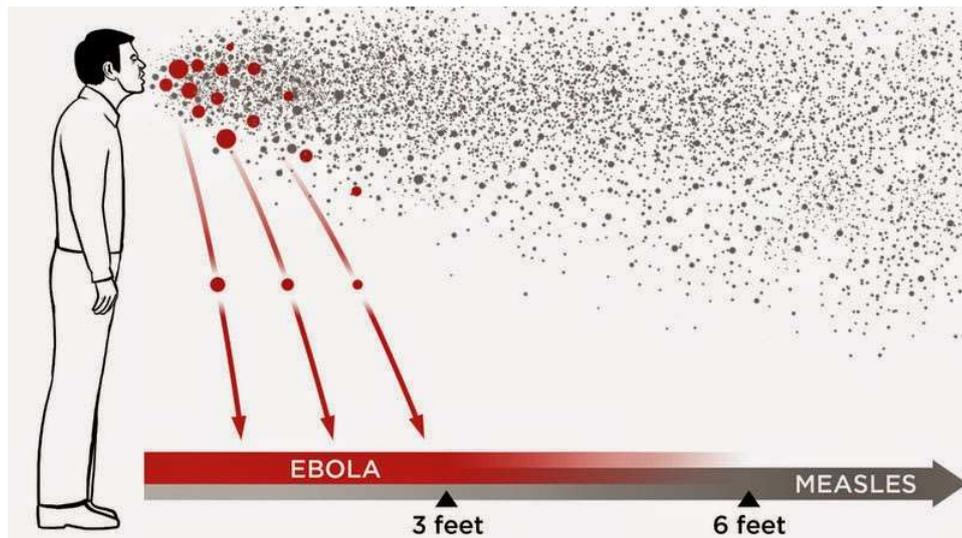
## Medidas da transmissibilidade

### Número Básico de Reprodução, $R_0$ , “are-zero”

$R_0$  não se refere a:

- Casos gerados pelos casos secundários (ou debaixo na cadeia de transmissão).
- Casos não infecciosos, mesmo quando tenham sido infectados.

Doença	$R_0$
Sarampo	12 - 18
Coqueluche	12 - 17
VIH	2 - 5
Ebola	2 - 3



## Medidas da transmissibilidade

### Número Básico de Reprodução, $R_0$ , “are-zero”

$$R_0 = \text{duração da infecciosidade} \times \frac{\# \text{ contatos}}{\text{Tempo}} \times \frac{\# \text{ Infec.}}{\text{contato}}$$

Modificável por comportamento

Rev Saude Publica. 2020;54:43

Comment

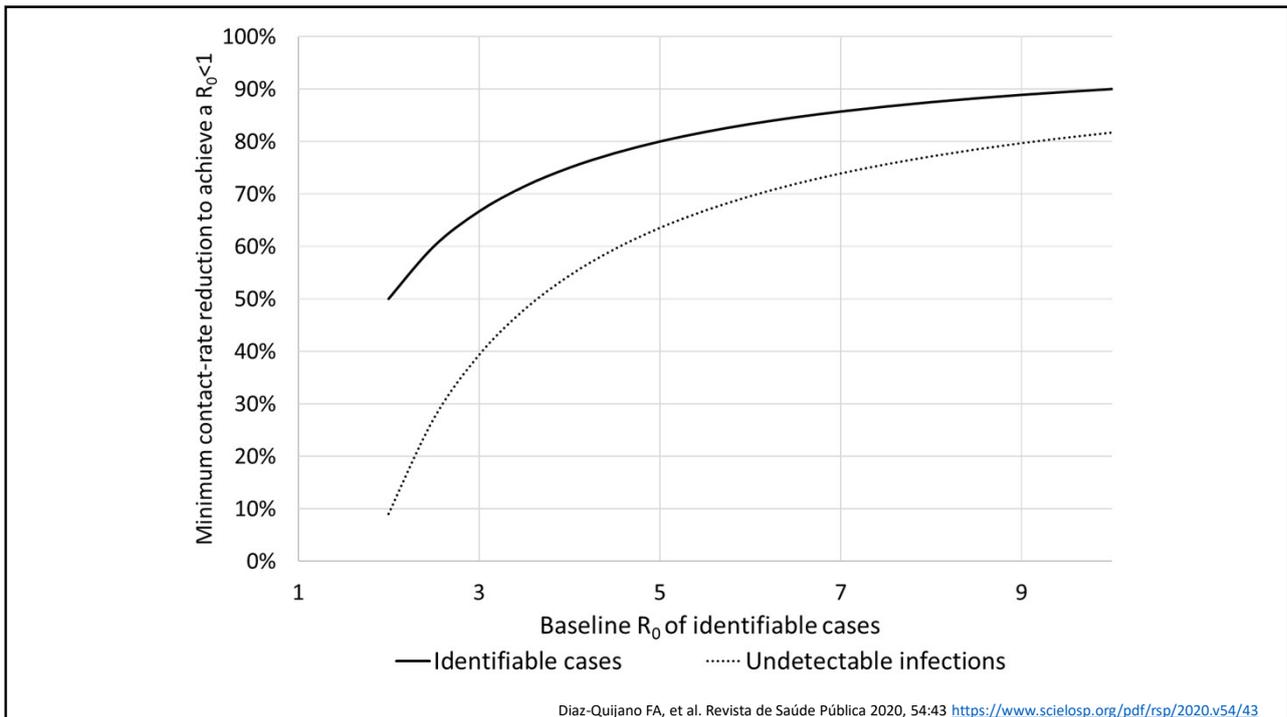


<http://www.rsp.fsp.usp.br/>

Revista de  
Saúde Pública

### Translating transmissibility measures into recommendations for coronavirus prevention

Fredi Alexander Diaz-Quijano<sup>III</sup>  Alfonso Javier Rodriguez-Morales<sup>III,IV</sup>  Eliseu Alves Waldman<sup>I</sup> 



### Medidas da transmissibilidade

$R_0$ , assume que todos os contatos são **suscetíveis**.

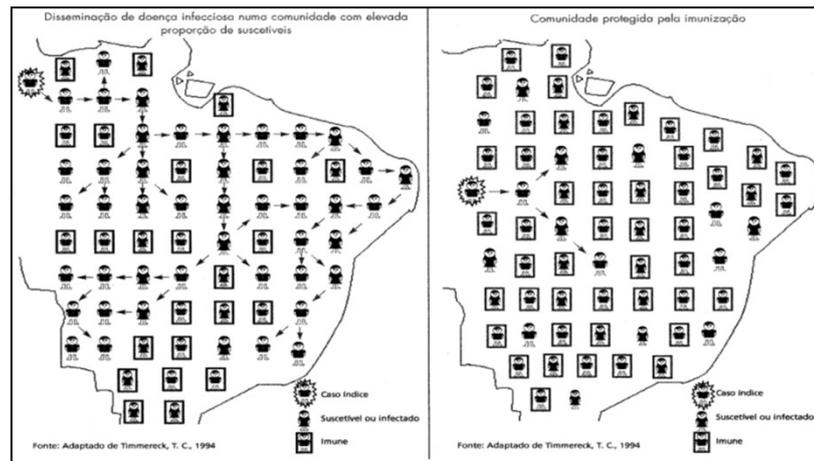
Na prática, apenas uma proporção  $X$  da população é suscetível.

Nestas circunstâncias, o **número efetivo de reprodução** ( $R$ )  $\leq R_0$

$$R = R_0 X$$

### Imunidade de Rebanho ou coletiva ou de grupo:

Resistência de uma população à invasão ou disseminação de um agente infeccioso que resulta da elevada proporção de indivíduos imunes nessa população. Diminuindo a probabilidade de contato entre um doente e um suscetível



### Fatores que favorecem a imunidade de Rebanho:

- 1) O agente etiológico da doença possui uma única espécie hospedeira na qual a transmissão ocorre
- 2) A infecção deve induzir uma sólida imunidade
- 3) A transmissão deve se dar de forma direta (pessoa a pessoa)
- 4) Que os indivíduos imunes estejam homoganeamente dispersos na comunidade

### $R_0$ e Saúde Pública

$$R = R_0 \times$$

$R = 1$  → Incidência estável

$R > 1$  → Aumento da incidência

$R < 1$  → Incidência decrescente

$R_0$  e Saúde Pública

$$R = R_0 x$$

$$R < 1 \longrightarrow R_0 x < 1 \longrightarrow x < \frac{1}{R_0}$$

Se tivermos uma fracção da população imunizada ( $f$ ):

$$x = (1-f) \longrightarrow (1-f) < \frac{1}{R_0} \longrightarrow f > 1 - \frac{1}{R_0}$$

Ex.: Proporção da população que deve ser vacinadas (com uma vacina totalmente protetora) para controlar uma doença com  $R_0 = 2$

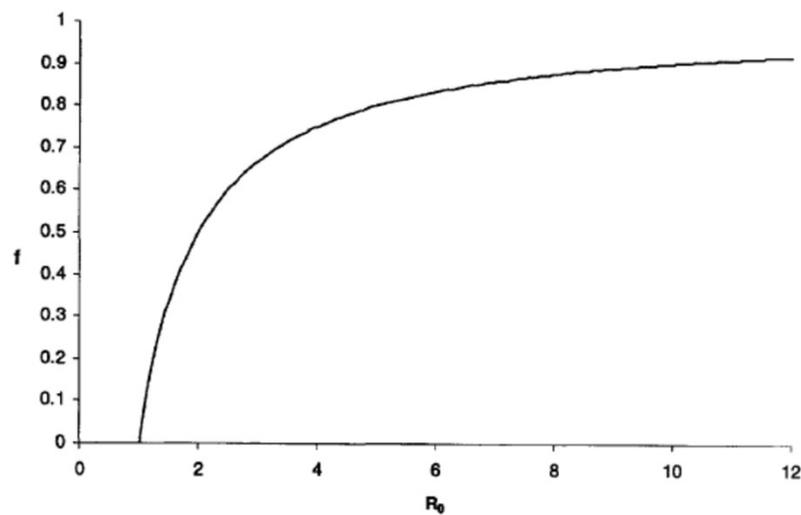
$$f > 1 - \frac{1}{R_0} \longrightarrow f > 1 - \frac{1}{2} \longrightarrow f > 0,5$$

Nestas circunstâncias, deveria ser vacinada pelo menos 50% da população

$$R_0 = 2 \quad \longrightarrow \quad f > 1 - \frac{1}{2} \quad \longrightarrow \quad f > 50\%$$

$$R_0 = 5 \quad \longrightarrow \quad f > 1 - \frac{1}{5} \quad \longrightarrow \quad f > 80\%$$

$$R_0 = 10 \quad \longrightarrow \quad f > 1 - \frac{1}{10} \quad \longrightarrow \quad f > 90\%$$



**Figure 4-4.** The fraction,  $f$ , of a population needed to be vaccinated with a completely protective vaccine to eliminate transmission as a function of  $R_0$ , the basic reproductive number.

Quando a eficácia da vacina não for 100%, a proporção de vacinados deve ser maior.

Neste caso, o valor estimado deve ser dividido pela eficácia da vacina ( $h$ )

$$f > \frac{\left(1 - \left(\frac{1}{R_0}\right)\right)}{h}$$

$$\text{Se } R_0 = 2; h = 100\% \longrightarrow f > \frac{\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)\right)}{1} \longrightarrow f > 50\% / 1 \longrightarrow f > 50\%$$

$$\text{Se } R_0 = 2; h = 90\% \longrightarrow f > \frac{\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)\right)}{0,9} \longrightarrow f > 50\%/0,9 \longrightarrow f > 56\%$$

39

## Referências

- Thomas JC, Weber DJ. Epidemiologic Methods for the Study of Infectious Diseases. Oxford. Oxford University Press. 2001. Cap. 4. Pag 56-67.
- Giesecke J. Modern infectious disease epidemiology. London, Oxford University Press. 2<sup>nd</sup> Edition. 2002.

40