

Trabalho - Probabilidade e Estatística

Proposta do trabalho: Análise dos casos de Febre Amarela em humanos no Brasil de 1994 até 2023

Grupo:

- Flavio Henrique S. Ferreira - 168690
- Pedro Marx Amaral Abreu - 169236
- Arthur Romano da Luz - 168498
- Pedro Henrique Sampaio Coelho - 169231
- Vitor Souza de Oliveira – 169244

Introdução

A febre amarela, uma doença infecciosa viral transmitida principalmente por mosquitos, apesar de apresentar poucos casos anuais no Brasil (segundo dados da Organização Pan-Americana de Saúde e do SUS), continua sendo uma preocupação relevante devido à sua alta taxa de letalidade, estimada em 33%. A doença pode evoluir para complicações graves e, em alguns casos, levar à morte, especialmente em áreas com baixa cobertura vacinal ou controle inadequado de vetores.

A relevância do combate à febre amarela se conecta diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial ao **ODS 3 (Saúde e Bem-Estar)**, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Adicionalmente, o **ODS 6 (Água Potável e Saneamento)** também se relaciona com a temática, uma vez que o controle de vetores, como os mosquitos transmissores da febre amarela, depende de boas práticas de saneamento básico e acesso à água potável.

Analisar os casos de febre amarela em humanos no Brasil nos últimos 30 anos (1994-2023) é fundamental para entender a dinâmica da doença, identificar padrões epidemiológicos e avaliar a efetividade das medidas de controle e prevenção. Este estudo também pode auxiliar na identificação de áreas de maior risco, orientando intervenções mais intensivas, como campanhas de vacinação e estratégias de controle de mosquitos.

Objetivo e perguntas a serem respondidas

- A taxa de infecções por ano varia de acordo com a região do país?
- A taxa de infecções por ano tem variado com o tempo? Se sim, há relação com a temperatura e a precipitação?
- A taxa de mortalidade de febre amarela tem variado com o tempo?

- Existe relação entre a taxa de mortalidade por febre amarela e a idade/sexo das pessoas infectadas?
- Quais estados possuem o maior número de infecções?

Material e método

Para a análise, utilizaremos a ferramenta estatística R para analisar os dados, construir gráficos e realizar uma análise descritiva, conforme o aprendizado em sala de aula. Os dados serão obtidos do Ministério da Saúde e do SUS (<https://opendatasus.saude.gov.br/>), que fornecem informações como quantidade de infectados, óbitos, data de infecção, região, estado e cidade. Complementaremos a análise com bases de dados do INMET (<https://portal.inmet.gov.br/normais>) e da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) (<https://www.paho.org/>).

Observações

Todos os gráficos foram gerados a partir da linguagem R, com exceção de dois gráficos que foram feitos em python, além de todos estarem usando a base de dados do SUS e INMET mencionadas acima. O código para os gráficos podem ser encontrados aqui https://github.com/pedr0marx/Trabalho-Probabilidade-e-Estatistica/tree/main/c%C3%B3digos_gr%C3%A1ficos e as imagens no seguinte link https://github.com/pedr0marx/Trabalho-Probabilidade-e-Estatistica/tree/main/imagens_Gr%C3%A1ficos.

Resultados e discussão

Análise 1: Infecções e Óbitos por Febre Amarela no Brasil (1994-2023)

Análise Temporal (Figura 1)

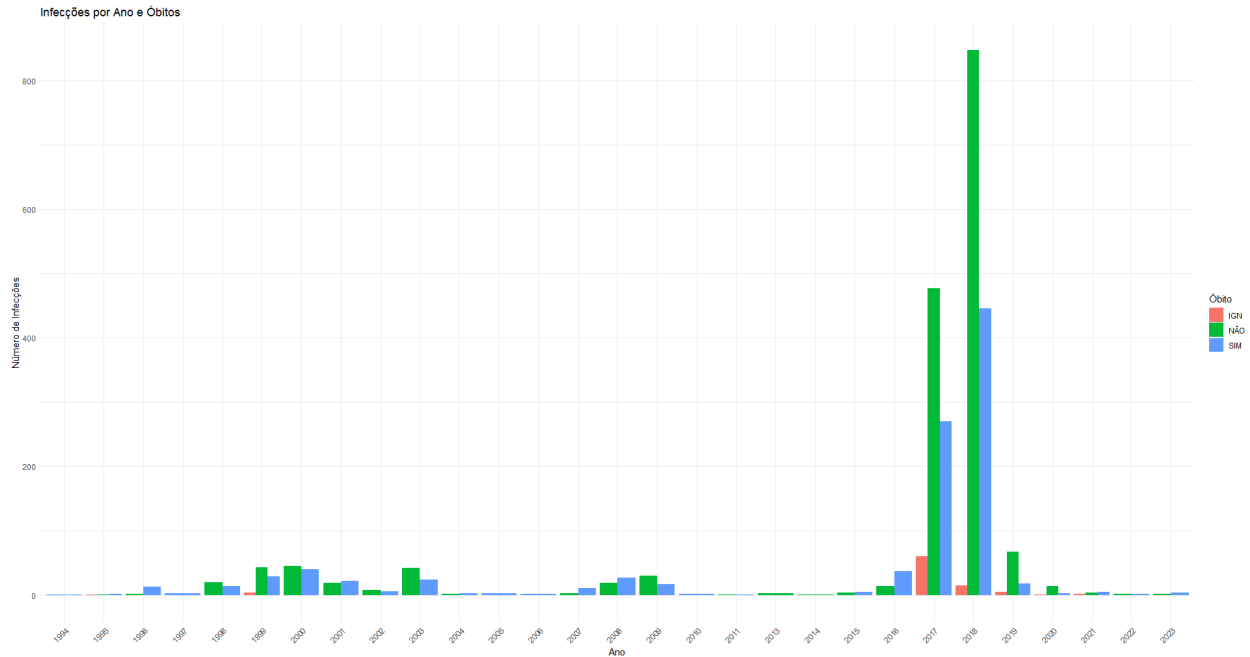


Figura 1: Infecções e Óbitos por Febre Amarela no Brasil (1994-2023)

A Figura 1 ilustra a evolução das infecções e óbitos por febre amarela no Brasil durante 1994-2023, evidenciando a natureza cíclica da doença, com períodos de baixa incidência intercalados por surtos epidêmicos. O surto de 2016-2018, com um aumento expressivo no número de infecções e óbitos, destaca a importância da vigilância epidemiológica e da manutenção de altas coberturas vacinais. A persistência de casos com informação ignorada (IGN) ressalta a necessidade de aprimorar os sistemas de notificação e de identificação.

Análise Geográfica (Figura 2)

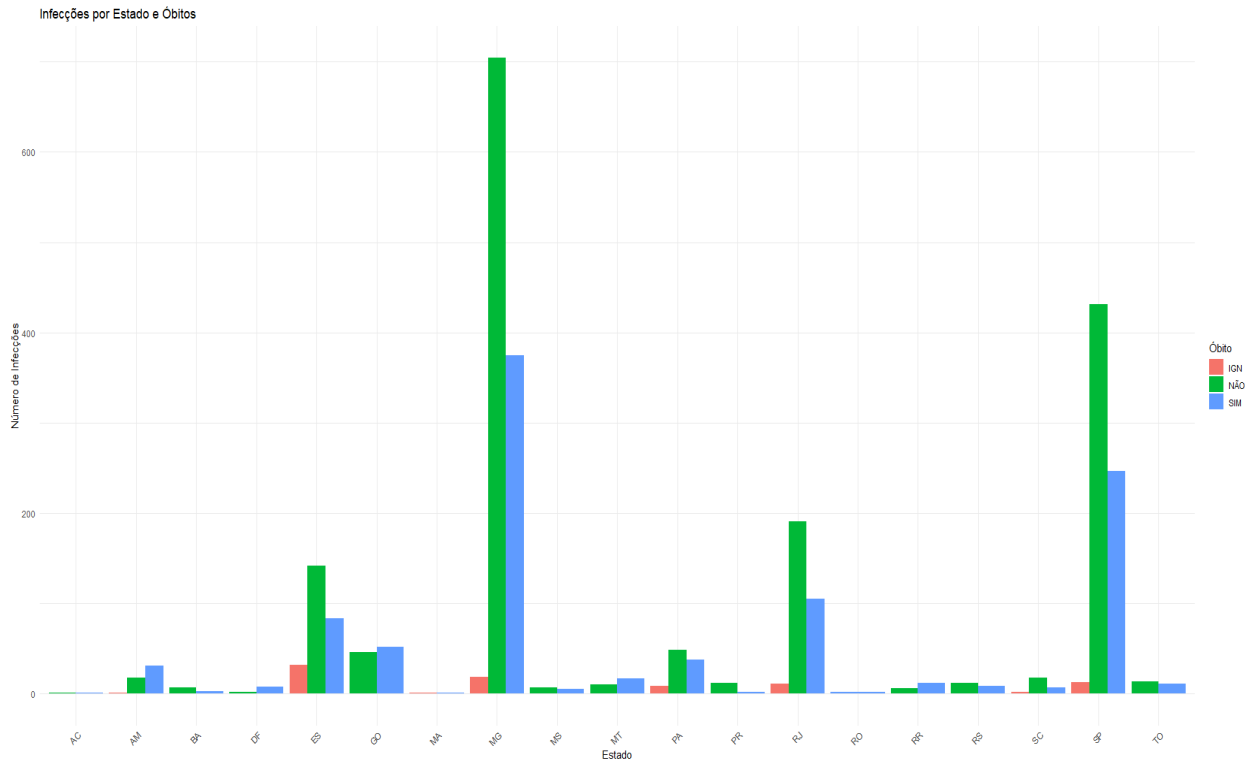


Figura 2: Infecções e Óbitos por Febre Amarela por Estado no Brasil (1994-2023)

Análise da Figura 2

A Figura 2 complementa a análise, mostrando a distribuição geográfica das infecções e óbitos por estado. Observa-se uma distribuição concentrada, com alguns estados apresentando um número significativamente maior de casos. Alguns pontos a destacar sobre ela:

- **Concentração regional:** A maioria das infecções e óbitos se concentra em poucos estados, com destaque para Minas Gerais (MG), que apresenta um número expressivo de casos, seguido por São Paulo (SP) e outros estados da região Sudeste e Centro-Oeste.
- **Estados com baixa incidência:** Alguns estados, principalmente na região Nordeste, apresentam um número muito baixo ou nenhum caso de febre amarela no período analisado.
- **Variação entre estados:** A proporção de óbitos em relação ao número de infecções também varia entre os estados, sugerindo diferenças na gravidade da doença ou na capacidade de resposta dos sistemas de saúde. Sendo o Espírito Santo, o estado com maior número de mortos nesse período, o que é preocupante uma vez que o número de infecções neste estado ainda é menor do que em estados como São Paulo e Minas Gerais.

Interpretação conjunta das Figuras 1 e 2

A análise combinada das Figuras 1 e 2 permite uma compreensão mais abrangente da dinâmica da febre amarela no Brasil. O surto de 2016-2018, evidente na Figura 1, impactou principalmente os estados do Sudeste e Centro-Oeste (SP, MG, RJ, ES, GO), como demonstrado na Figura 2. Essa concentração geográfica pode estar relacionada a fatores como a presença de áreas de mata Atlântica e Cerrado, que favorecem a proliferação dos mosquitos que transmitem a doença, e a maior densidade populacional nessas regiões.

Recomendações

Além das recomendações mencionadas anteriormente, a análise geográfica reforça a importância de:

- **Direcionar ações de controle e prevenção:** Implementar estratégias específicas para as áreas de maior risco, considerando as particularidades de cada região e estado.
- **Investigar fatores locais:** Analisar as condições ambientais, socioeconômicas e de saúde de cada estado para identificar os determinantes da ocorrência e gravidade da febre amarela.

Conclusão da Análise 1:

A análise da febre amarela no Brasil revela um cenário complexo, com variações na incidência e mortalidade da doença ao longo do tempo e entre as diferentes regiões do país. A compreensão desses padrões é fundamental para orientar políticas públicas de saúde mais eficazes e direcionadas, visando à prevenção e ao controle da febre amarela no Brasil e nas áreas com maiores números de incidências e óbitos.

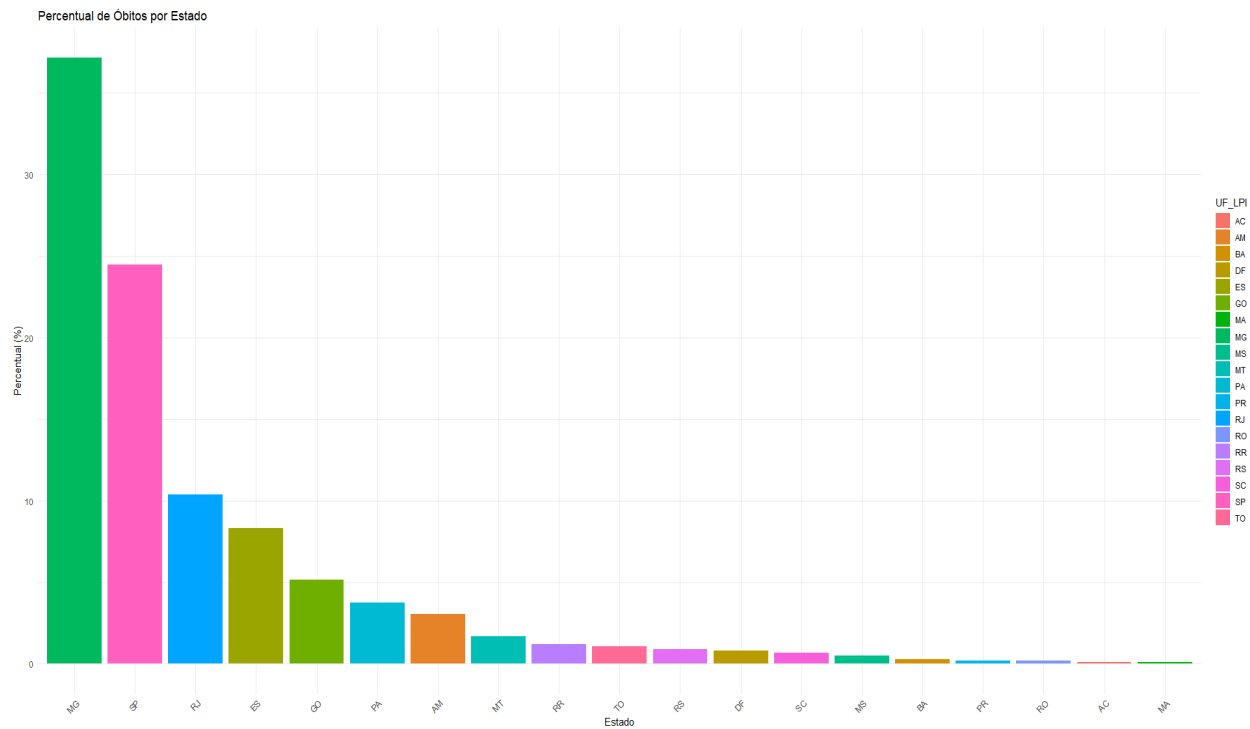


Figura 3 (Complementar): Percentual de Infecções por Estado

A partir da Figura 3, consegue-se ter uma noção do percentual de infecções por estado.

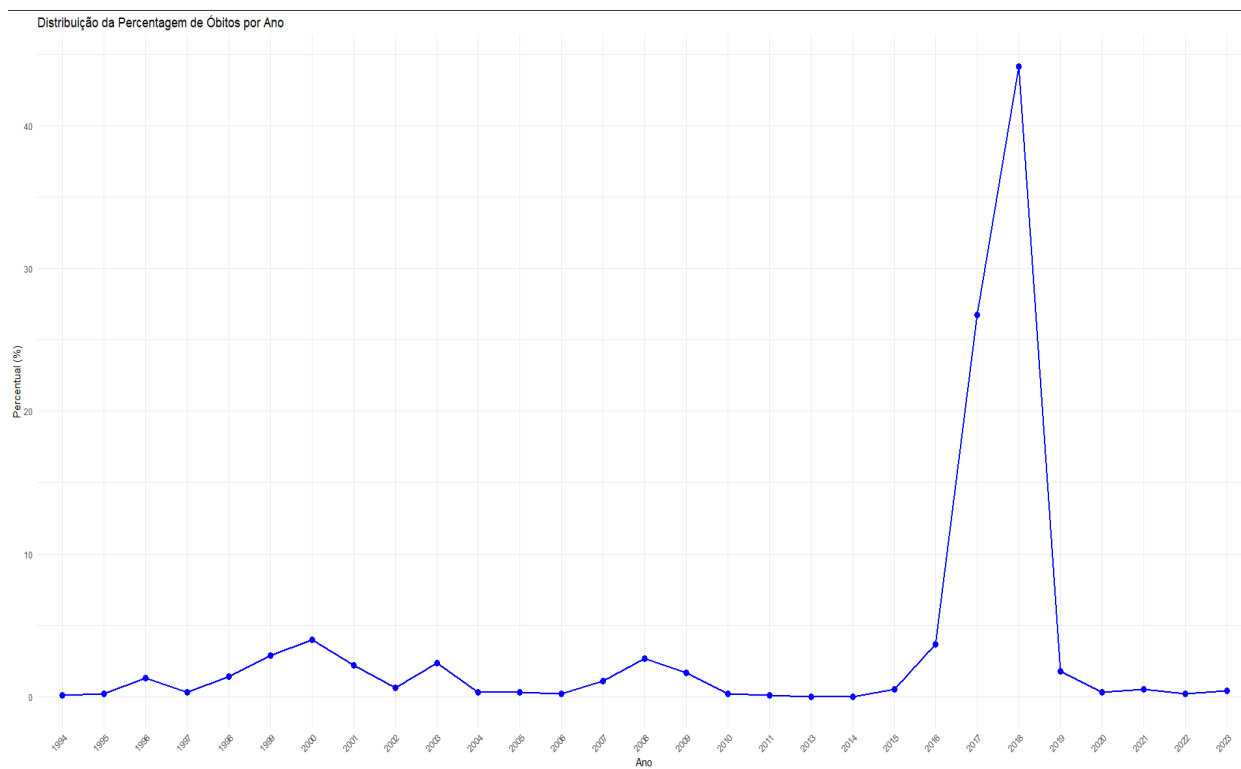


Figura 4 (Complementar): Gráfico de distribuição em percentual de óbitos por ano

A partir da Figura 4 podemos ter uma visão melhor de como estão distribuídas as percentagens de óbitos no período de 1994 até 2023 e, de fato, houve um pico de 2016 até 2018, sendo 2018 o ano com maior número de mortos deste período. A partir de 2017, houveram campanhas para intensificar a cobertura vacinal contra a febre amarela, visando diminuir os surtos da doença.

Análise 2: Taxa de Mortalidade por Febre Amarela por Faixa Etária e Sexo

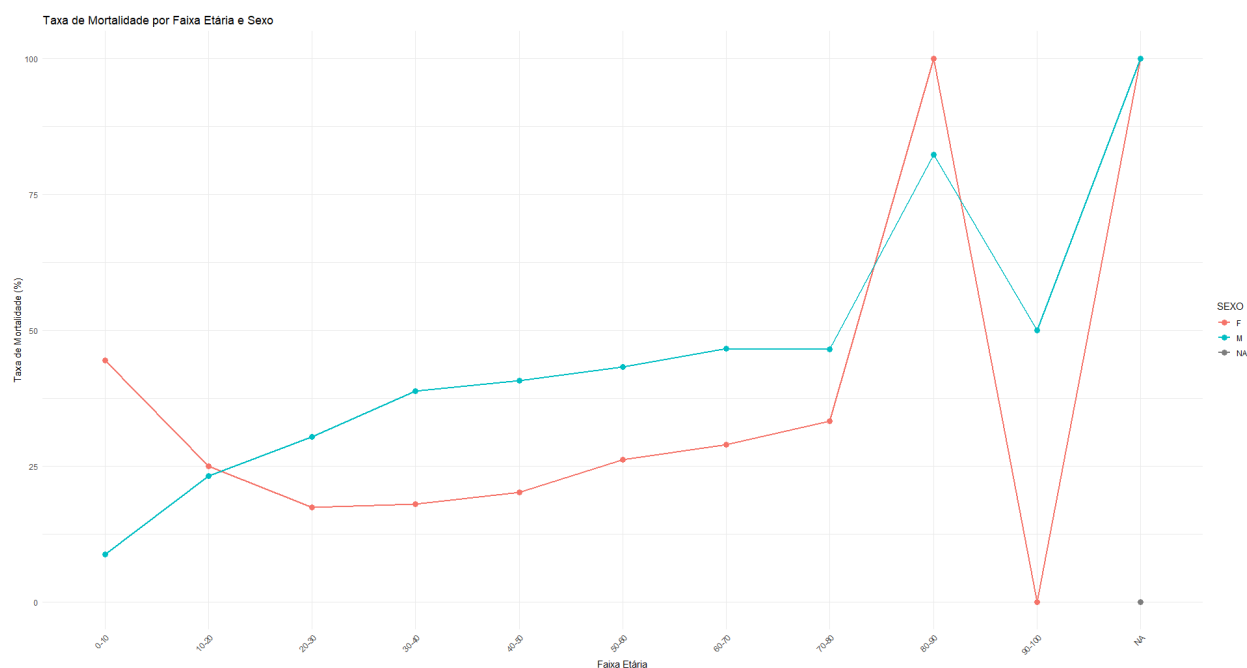


Figura 5: Taxa de Mortalidade por Faixa Etária e Sexo

O gráfico de linhas apresenta a taxa de mortalidade por febre amarela em relação à faixa etária, diferenciando entre os sexos masculino e feminino. A análise revela padrões distintos na mortalidade entre homens e mulheres em diferentes idades.

Principais observações:

- **Mortalidade Geral:** A taxa de mortalidade geral parece aumentar com a idade, com um pico acentuado em indivíduos com mais de 60 anos.
- **Diferenças por Sexo:**
 - **Homens:** A taxa de mortalidade em homens é consistentemente mais alta do que em mulheres em quase todas as faixas etárias, exceto na faixa de 0 a 9 anos.

- **Mulheres:** A taxa de mortalidade em mulheres apresenta um aumento mais gradual com a idade, com um pico menos pronunciado na faixa etária mais avançada.
- **Pico de Mortalidade:** O pico de mortalidade mais acentuado é observado em homens na faixa etária de 70 a 79 anos.

Possíveis Explicações:

- **Fatores Biológicos:** Diferenças hormonais e imunológicas entre homens e mulheres podem influenciar a gravidade da febre amarela.
- **Fatores Sociais:** Homens podem estar mais expostos ao vírus devido a atividades ocupacionais ou comportamentos de risco, como maior frequência em áreas de mata.
- **Acesso a serviços de saúde:** Desigualdades no acesso a serviços de saúde podem levar a um diagnóstico e tratamento tardios, aumentando o risco de mortalidade, especialmente em populações vulneráveis.

Implicações para a Saúde Pública:

- **Vacinação:** A alta taxa de mortalidade em indivíduos mais velhos reforça a importância da vacinação contra a febre amarela em todas as idades, especialmente em grupos de risco.
- **Vigilância Epidemiológica:** A identificação de grupos com maior risco de mortalidade permite direcionar ações de vigilância e controle da doença de forma mais eficiente.
- **Educação em Saúde:** Campanhas de educação em saúde devem abordar as diferenças na mortalidade por sexo e idade, incentivando a busca por atendimento médico precoce em caso de suspeita de febre amarela.

Conclusão da Análise 2:

A partir da análise da Figura 5, foi perceptível que há mais mortes de homens que a morte de mulheres. Entretanto, percebe-se que, de certa forma, as duas curvas demonstram certa similaridade, ou seja, há fatores que podem contribuir para haver maior quantidade de óbitos de homens, porém não é algo discrepante com relação a taxa de óbitos femininos.

Análise 3: Influência do Clima e na Incidência da Febre Amarela no Brasil (1994-2023)

A análise conjunta dos três gráficos apresentados permite uma compreensão mais abrangente da febre amarela no Brasil, considerando a sazonalidade das infecções, a precipitação e a temperatura média ao longo do período de 1994 a 2023.

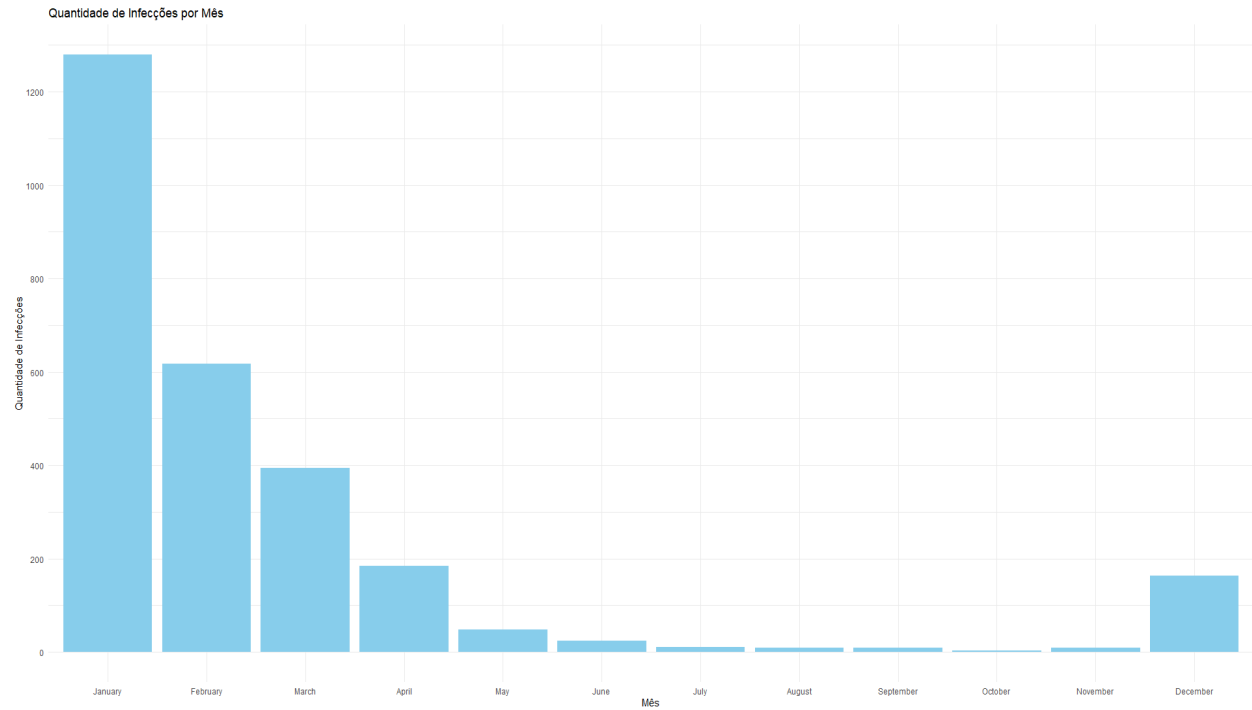


Figura 6: Quantidade de Infecções por Mês

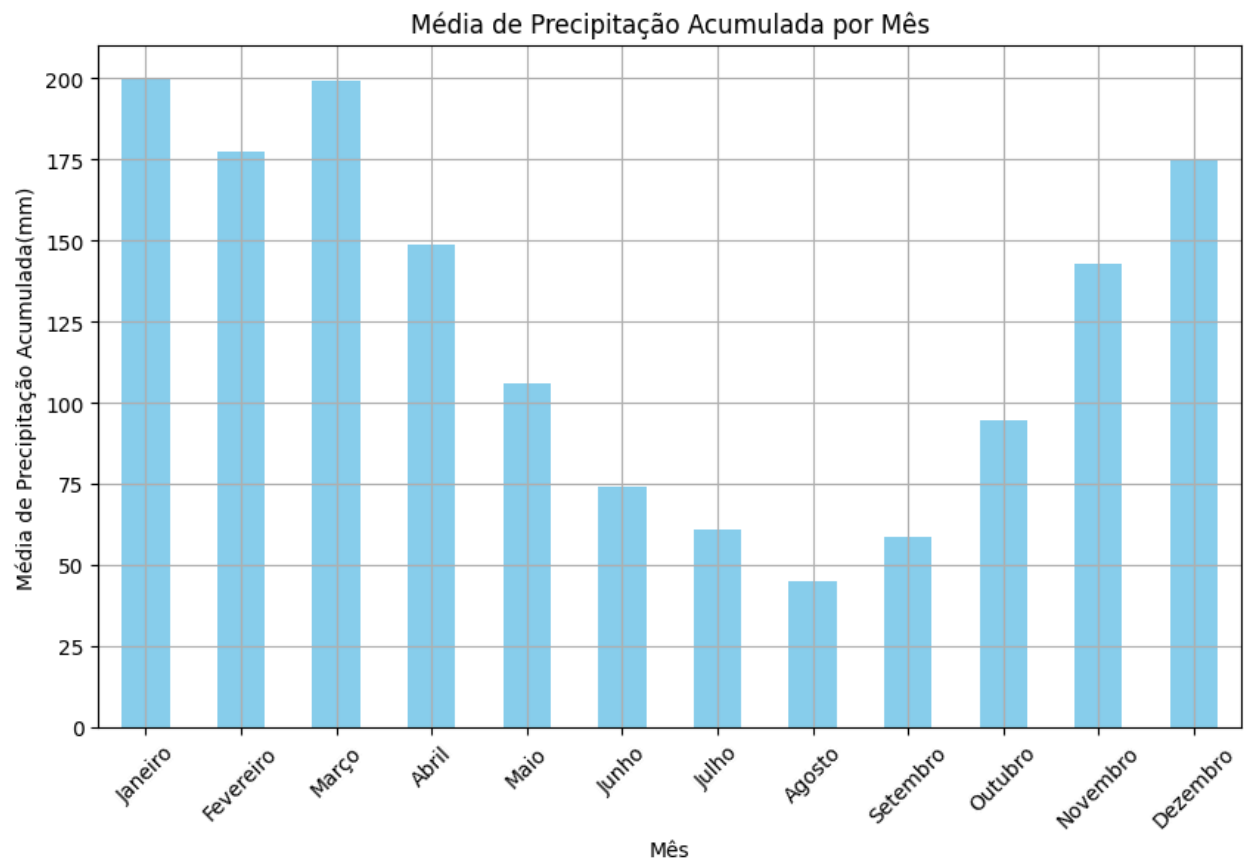


Figura 7: Média de Precipitação Acumulada por Mês

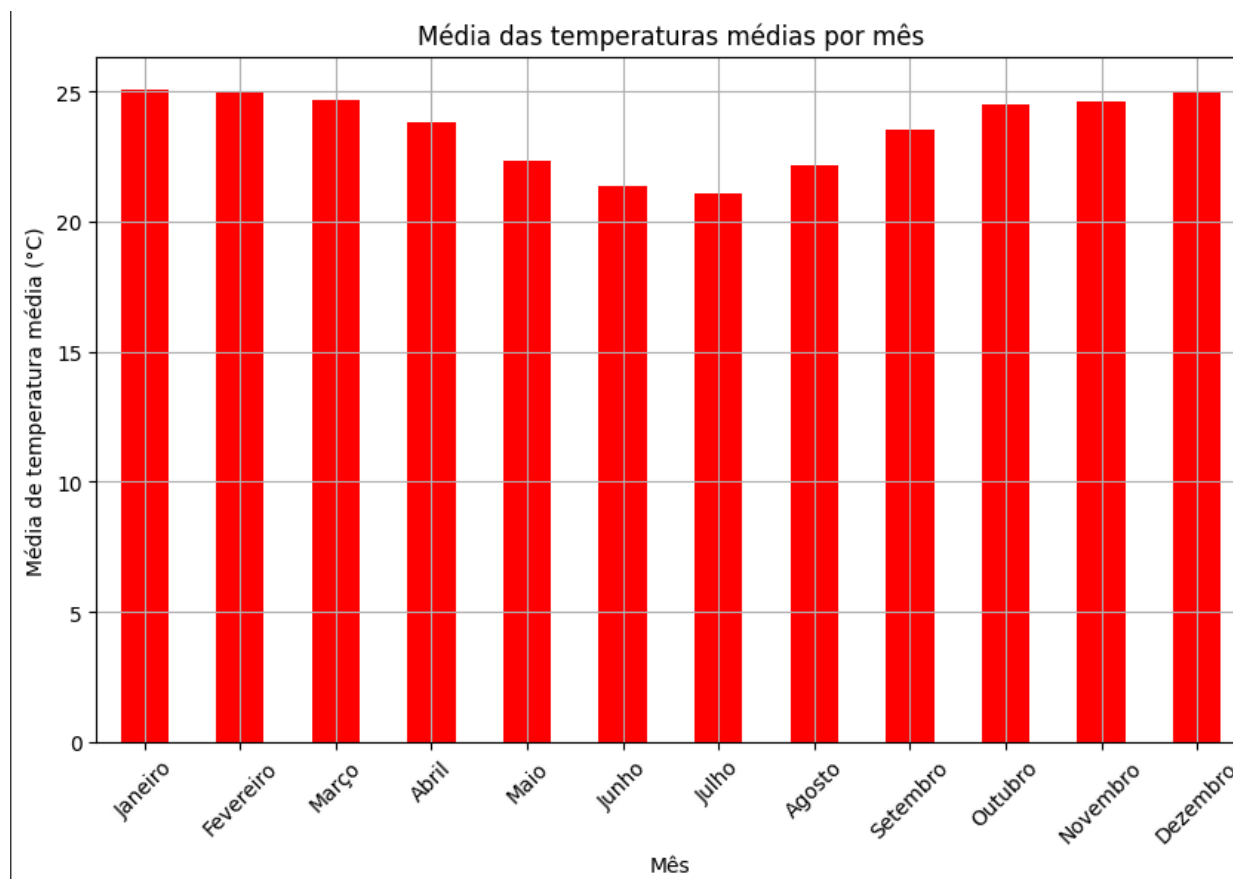


Figura 8: Média das Temperaturas Médias por Mês

Principais observações:

- **Sazonalidade das infecções:** A Figura 1 revela uma clara concentração nas infecções por febre amarela em certos meses, com um pico pronunciado nos primeiros meses do ano (janeiro, fevereiro e março) e uma queda grande nos meses de inverno (junho, julho e agosto).
- **Relação com a precipitação:** A Figura 2 mostra que os meses com maior número de infecções (janeiro a março) coincidem com o período de maior precipitação, sugerindo uma possível influência das chuvas na proliferação dos mosquitos vetores da doença.
- **Temperatura estável:** A Figura 3 indica que a temperatura média se mantém relativamente estável ao longo do ano, com pequenas variações. Portanto, a temperatura parece ter um papel menos determinante na sazonalidade da febre amarela em comparação com a precipitação, uma vez que há muitos meses com elevadas médias de temperaturas, porém nesses meses não há uma grande incidência de febre amarela.

Interpretação:

A análise conjunta dos gráficos sugere que a sazonalidade da febre amarela no Brasil está fortemente associada ao regime de chuvas. O aumento da precipitação nos primeiros meses do ano cria condições favoráveis para a proliferação dos mosquitos transmissores, resultando em um maior número de infecções nesse período. A temperatura, ao contrário, parece ter um impacto menos significativo na dinâmica da doença.

Implicações para a Saúde Pública:

- **Vigilância:** Intensificar as ações de vigilância e controle nos meses de maior risco de transmissão, com foco na eliminação de criadouros de mosquitos e na ampliação da cobertura vacinal em áreas endêmicas.
- **Comunicação e educação em saúde:** Desenvolver campanhas informativas sobre a sazonalidade da febre amarela, alertando a população sobre os períodos de maior risco e a importância da prevenção.
- **Planejamento de ações de controle:** Considerar o regime de chuvas no planejamento de ações de controle de vetores, como a aplicação de inseticidas e a eliminação de criadouros de mosquitos.

Limitações e Recomendações para Estudos Futuros:

- **Análise regional:** A análise apresentada considera dados agregados para todo o Brasil. Estudos futuros poderiam investigar a sazonalidade da febre amarela em diferentes regiões do país, considerando as particularidades climáticas e epidemiológicas de cada área.
- **Outras variáveis climáticas:** Além da precipitação e da temperatura, outras variáveis climáticas, como umidade e vento, poderiam ser incluídas na análise para aprofundar o conhecimento sobre a influência do clima na dinâmica da febre amarela.
- **Fatores socioeconômicos e ambientais:** Investigar a influência de fatores como o saneamento básico, o desmatamento e a urbanização na ocorrência da febre amarela, buscando identificar áreas de maior vulnerabilidade e orientar ações de prevenção e controle mais eficazes.

Conclusão:

A análise integrada dos gráficos evidencia a forte associação entre a sazonalidade da febre amarela no Brasil e o regime de chuvas. A compreensão dessa relação é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle da doença mais eficazes, que levem em consideração as variações climáticas e as particularidades de cada região do país.

Conclusões Gerais

A análise dos dados sobre febre amarela no Brasil entre 1994 e 2023 revelou padrões importantes na distribuição temporal, geográfica e demográfica da doença, com implicações significativas para a saúde pública.

A sazonalidade das infecções, com pico nos meses de maior precipitação, destaca a influência do clima na dinâmica da doença, relacionada à proliferação de mosquitos vetores. A concentração de casos em determinadas regiões, especialmente no Sudeste e Centro-Oeste, aponta para a necessidade de ações de vigilância e controle direcionadas a essas áreas.

A análise da mortalidade por sexo e idade revelou um maior risco para homens e indivíduos com mais de 60 anos, o que reforça a importância da vacinação e da busca por atendimento médico precoce em caso de suspeita da doença.

Em suma, este estudo contribui para o entendimento da epidemiologia da febre amarela no Brasil, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes de prevenção e controle, que levem em consideração a sazonalidade, a distribuição geográfica e os grupos populacionais mais vulneráveis.

Referências bibliográficas

<https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/febre-amarela-em-humanos-e-primatas-nao-humanos>

<https://www.saude.mg.gov.br/febreamarela>

<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/febre-amarela>

<https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/febre-amarela-sintomas-transmissao-e-prevencao>

<https://www.paho.org/pt/topicos/febre-amarela>