

Impacto das mudanças climáticas na favorabilidade da *Phoma* do cafeeiro no Brasil

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido¹
João Antonio Lorençone²
Pedro Antonio Lorençone³
Rafael Fausto de Lima⁴
Guilherme Botega Torsoni⁵
Felipe César Padilha⁶

Mudanças Climáticas

Resumo

A produtividade do cafeeiro é altamente afetada por doenças, principalmente as fúngicas. O fungo *Phoma* spp. principais doenças em cafezais, promovendo lesões foliares, galhos secos, flores e frutos apodrecidos com sua posterior queda, reduzindo assim a produtividade das culturas. Os patógenos por também serem impactados pelo clima, podem sofrer impactos das possíveis mudanças climáticas. O objetivo desse trabalho foi elaborar um zoneamento climático para identificar regiões favoráveis ao desenvolvimento da *Phoma* spp. do café no clima atual e no cenário de 2080-2100 do IPCC. Este trabalho foi desenvolvido nas principais regiões produtoras de café do Brasil. Foram utilizadas variáveis meteorológicas temperatura do ar (°C) e chuva (mm) do período de 1970 a 2000, oriundos da plataforma WorldClim. Os dados de mudanças climáticas foram coletados do modelo climático global IPSL-CM6A-L, para o período de 2080 – 2100 no cenário SSP-5 8.5 a partir da plataforma WorldClim. A interpolação espacial foi realizada para todos os elementos climáticos em todas as localidades através de um sistema de informações geográficas (SIG) utilizando o método de Krigagem. A modelagem geoespacial aplicada nesse trabalho proporcionou identificar de maneira inédita as áreas com alta e baixa favorabilidade para a doença mancha de phoma na região mais produtora do Brasil. As classes não favoráveis, relativamente favorável, favorável e altamente favorável foram quantificadas para o cenário atual e futuro. No cenário futuro a condições se tornam menos favoráveis ao patógeno, além de inverter os períodos mais propícios. Entre outubro a março grande parte da região é classificada como não favorável.

Palavras-chave: Modelagem; Cenários climáticos; IPCC; Algoritmos.

¹Prof. Dr. IFSULDEMINAS do Campus Muzambinho – lucas.aparecido@ifsuldeminas.edu.br.

²Aluno do Curso de Agronomia do IFMS Naviraí – MS.

³Aluno do Curso de Agronomia do IFMS Naviraí – MS.

⁴Aluno do Curso de Agronomia do IFMS Naviraí – MS

⁵Prof. Dr. IFMS Naviraí – MS.

⁶Aluno do Curso de Agronomia do IFSULDEMINAS do Campus Muzambinho – MG.

INTRODUÇÃO

Coffea arabica e *Coffea canephora* são as duas principais espécies do café comercializados no mundo. Ambas são originárias do continente africano, sendo *Coffea arabica* da Etiópia e *Coffea canephora* do Congo. Atualmente são cultivadas em todo o mundo, em especial no Brasil, maior produtor do mundo. Com uma produção de 49 milhões de sacas de café em 2021, sendo grande parte (76,47%) de café arábica (CONAB, 2022). A estimativa da produção brasileira de café, para 2022, considerando-se as duas espécies será de 56,1 milhões de sacas crescimento de 14,4% em relação a 2021, sendo em 2022 a safra do café será de bialidade positiva, o que deve resultar em um aumento expressivo da produção. Esse aumento também se dá pelo clima seco e excessivamente frio do inverno de 2021, inclusive com a ocorrência de geadas em algumas regiões produtoras, possa ter reduzido o potencial de produção esperado (PEREIRA et al., 2011; PICINI et al., 1999).

O ataque de *Phoma* spp. nas plantas causa lesões necróticas de coloração castanho escuro. A incidência em ramos ocorre inicialmente em brotações novas, proporcionando a seca do tecido (BOEREMA, 2004). Dessa forma, praga das folhas reduz a produção atual dos cafeeiros e pode alterar as próximas safras, devido impactar negativamente na fotossíntese e a acarretar a queda dos ramos (RODRIGUES et al., 2019).

Um dos principais fatores na produtividade do café está associada a variabilidade climática, pois a cultura requer condições favoráveis ao longo de seu ciclo vegetativo e reprodutivo, para crescer e produzir. A região que cumpra às exigências climáticas da planta, principalmente as variáveis de temperatura do ar e à demanda hídrica, é considerada adequada para o cultivo da planta. Ao contrário não realizam os processos como fotossíntese, respiração ou transpiração, com efetividade (KOH et al., 2020). Para um ótimo desenvolvimento do cafeeiro são necessárias temperaturas do ar entre 18 e 22,5°C e déficit hídrico abaixo de 150 mm (CAMARGO, 1977). Segundo Thomaziello et al. (2000), déficits hídricos acima de 150 mm/ano interferem diretamente na longevidade da cultura.

Em situações climáticas adversas o cafeeiro pode se tornar mais suscetível ao ataque de patógenos, como a *Phoma* spp (Figura 1). Doença essa que se destacam por causar perdas significativas de produtividade e qualidade. Embora tais doenças estejam limitadas a determinadas regiões com condições climáticas específicas, a incidência da mancha foliar de phoma tem aumentado significativamente nas lavouras de café nos últimos anos em áreas onde nunca havia ocorrido antes (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

Realização

Apoio

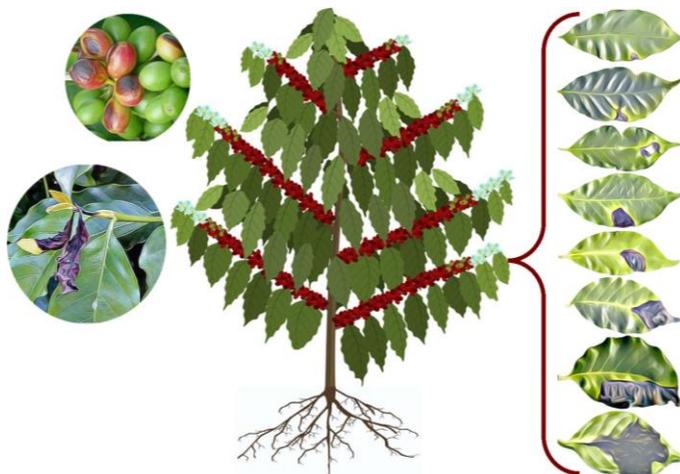


Figura 1. Sintomas da doença *Phoma* spp do cafeeiro.

Para ocorrência de uma doença é necessário que três critérios: 1) Patógeno virulento; 2) Hospedeiro suscetível e 3) ambiente favorável, sendo o clima o principal fator do ambiente. A temperatura do ar (T_{air}) é fator crítico da relação patógeno-hospedeiro, durante a infecção a temperatura do ar impacta na taxa de germinação de esporos (ECHANDI, 1957; FIRMAN, 1965). Para o desenvolvimento da *Phoma* spp. em regiões onde tem incidência de períodos de frio, com temperaturas de 16 a 20 °C e precipitação acima de 4 mm/dia, vento frio e altitude acima de 900m são condições climáticas altamente favoráveis para esta infecção fúngica (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

Por meio de ferramentas como o Zoneamento climático é possível identificar regiões com maior probabilidade de ocorrência de doenças do cafeeiro. Assim, contribuindo na tomada de decisão dos produtores que necessitam encontrar métodos de combater a doença (BOA SORTE et al., 2019).

Poucos estudos sobre a aptidão climática para phoma foram encontrados na literatura. Essas informações são de grande importância para o entendimento do cenário futuro da produção de café no Brasil. Assim, objetivou-se elaborar o zoneamento climático para identificar regiões favoráveis ao desenvolvimento da *Phoma* spp. do café no clima atual e no cenário de 2080-2100 do IPCC.

METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido nas principais regiões produtoras de café do Brasil, contemplando os estados: Paraná (PR), São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Goiás (GO) e Bahia (BA) (Figura 2).

Realização



Apoio



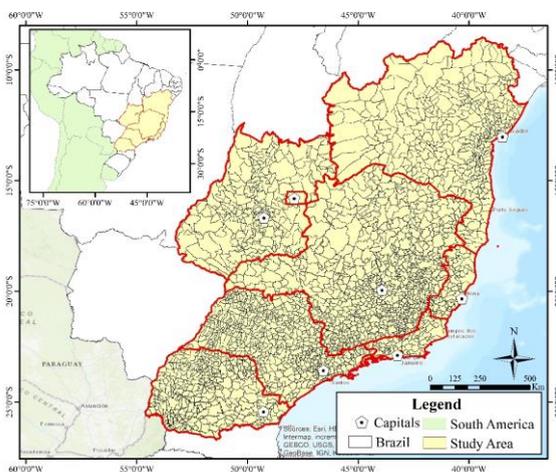


Figura 2. Localização das áreas de maior produção de café do Brasil.

Para determinar o desenvolvimento da *Phoma spp* foram utilizadas variáveis meteorológicas temperatura do ar (°C) e chuva (mm) do período de 1970 a 2000, oriundos da plataforma WorldClim (worldclim.org). Combinando essas variáveis necessárias determinou-se as classes aptas e inaptas ao desenvolvimento da *Phoma ssp.* do cafeeiro (Table 1).

Tabela 1. Características climáticas ótimas a incidência de *Phoma spp.* Fonte: Síntese de vários autores.

Temperatura do Ar (°C)	Precipitação (mm d ⁻¹)	Classes
15 a 20	> 4	Altamente favorável
12 a 15 e 20 a 25	> 4	Favorável
12 a 15 e 20 a 25	< 4	Relativamente favorável
15 a 20	< 4	
<12 ou > 25	> 4	Não favorável
<12 ou > 25	< 4	

Zambolim et al., 1999; Salgado et al., 2002; Pozza et al., 2003

O modelo climático global utilizado foi o IPSL-CM6A-L desenvolvido no Centro de Modelagem Climática do Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), uma nova versão de seu modelo climático para a Fase 6 do Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado (EYRING et al., 2016). Neste trabalho foi utilizado o cenário SSP-5 8.5, para análise das projeções do século XXI. Os dados climáticos dos cenários SSP's foram coletados através da plataforma WorldClim (worldclim.org), em formato GEOTiff (.tif) (FICK; HIJMANS, 2017).

Para verificar a variação sazonal dos elementos climáticos no clima atual e nos cenários foram utilizados de gráficos de boxplot para cada um dos estados produtores de

café do Brasil.

Foi utilizado um software de sistemas de informações geográficas para elaboração do zoneamento de favorabilidade climática para a *Phoma* spp. Os raster de temperatura do ar e precipitação diária foram as estradas da ferramenta representada pela figura 3. A chave de favorabilidade para temperatura do ar e precipitação diária foi aplicada sobre as variáveis climáticas. O resultado de ambas as variáveis foi sobreposto, identificando assim as regiões mais favorável a doença. Foram gerados mapas para cada mês do ano do cenário atual e futuro (24 mapas). Para facilitar o desenvolvimento desses mapas, foi utilizada a linguagem de programação Python 3.8.

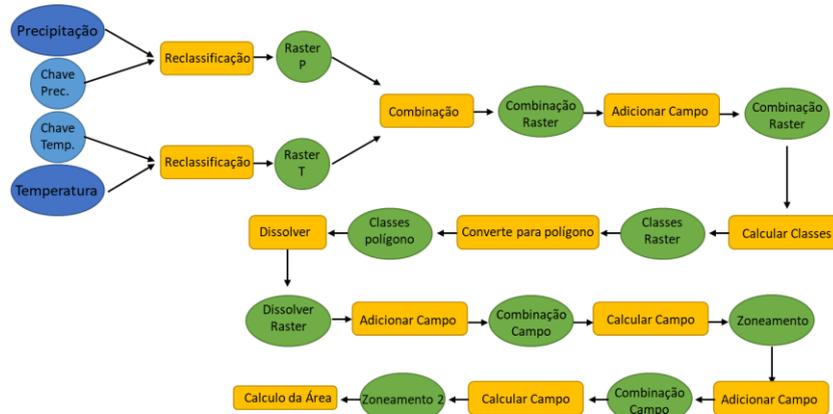


Figura 3. Fluxograma com as etapas para elaboração do zoneamento de favorabilidade climática de *Phoma* spp.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar média da região estudada apresentou uma variação entre os estados e os meses do ano (Figura 4). A média anual para a região foi de 21,59 ($\pm 1,41$) °C, sendo fevereiro o mês mais quente com uma média de 23,62 ($\pm 1,05$) e julho o mês mais frio com 18,53 ($\pm 1,97$) °C. O estado da Bahia foi o que apresentou a maior média anual com 23,38 ($\pm 1,23$) °C (Figura 4 A). Por outro lado, o estado do Paraná demonstrou as menores médias anuais com 18,81 ($\pm 2,97$). (Figura 4 G). Resultados semelhantes foram encontrados em Lorençone et al. (2022).

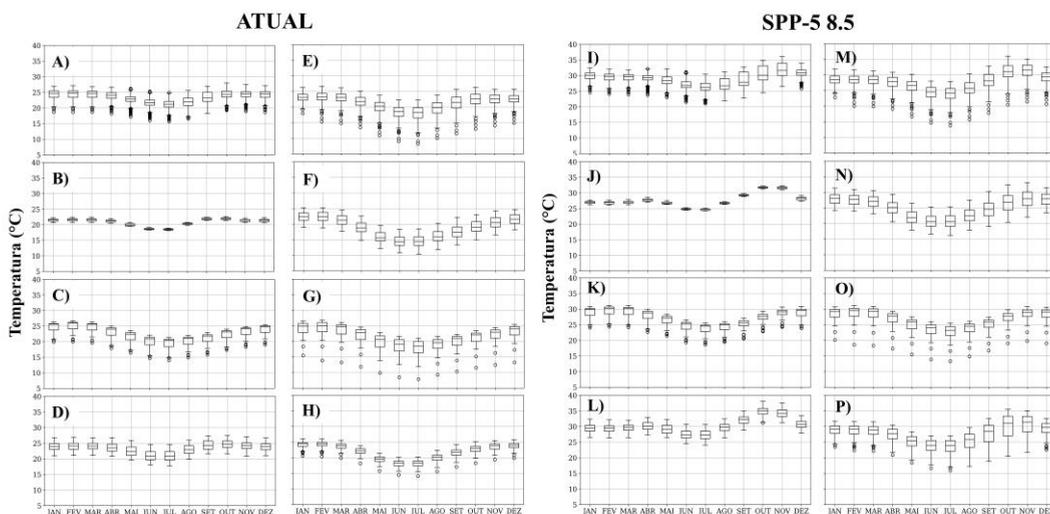


Figura 4. Distribuição temporal da temperatura do ar média diária das principais regiões produtoras de café do Brasil no cenário atual: A) Bahia, B) Distrito Federal, C) Espírito Santo, D) Goiás, E) Minas Gerais, F) Paraná, G) Rio de Janeiro, H) São Paulo e Futuro: I) Bahia, J) Distrito Federal, K) Espírito Santo, L) Goiás, M) Minas Gerais, N) Paraná, O) Rio de Janeiro e P) São Paulo.

A temperatura do ar no possível cenário futuro SSP-5 8.5 entre o período de 2081 a 2100, apresentou um aumento de 6,07 °C (28,15 %) em relação ao cenário atual, com uma média anual de 27,67 °C (Figura 4). Um aumento dessa magnitude é considerado alto por grande parte dos cientistas que estudam mudanças climáticas, como por exemplo Anandhi et al. (2009); Jiang et al. (2012); Alexander, (2016). O mês mais quente nesse cenário foi novembro com 30,36 °C, havendo uma alteração em relação ao cenário atual, que o mês mais quente é fevereiro. O mês mais frio continua sendo julho, com 24,20 ($\pm 1,41$) °C, havendo um aumento de 5,66 °C. Em relação à distribuição espacial, Goiás foi o estado com maior média anual, 30,36 ($\pm 1,78$) °C. Por outro lado, o estado do Paraná foi o que apresentou a menor média anual 25,11 ($\pm 2,43$) (Figura 4 N).

A média diária da precipitação na região estudada foi de 3,47 ($\pm 1,83$) mm (Figura 6). Sendo dezembro o mês com a maior média diária com 6,81 ($\pm 1,32$) mm e agosto o mês com a menor média, 0,87 ($\pm 0,54$). O estado da Bahia apresentou a menor média diária de precipitação dentre todos os estados estudados, 2,43 ($\pm 1,16$) mm (Figura 5 A). Em contrapartida o estado de Goiás demonstrou a maior média diária 4,32 ($\pm 2,86$) mm (Figura 5 D). Valores semelhantes foram encontrados no trabalho de Robertson et al. (2004).

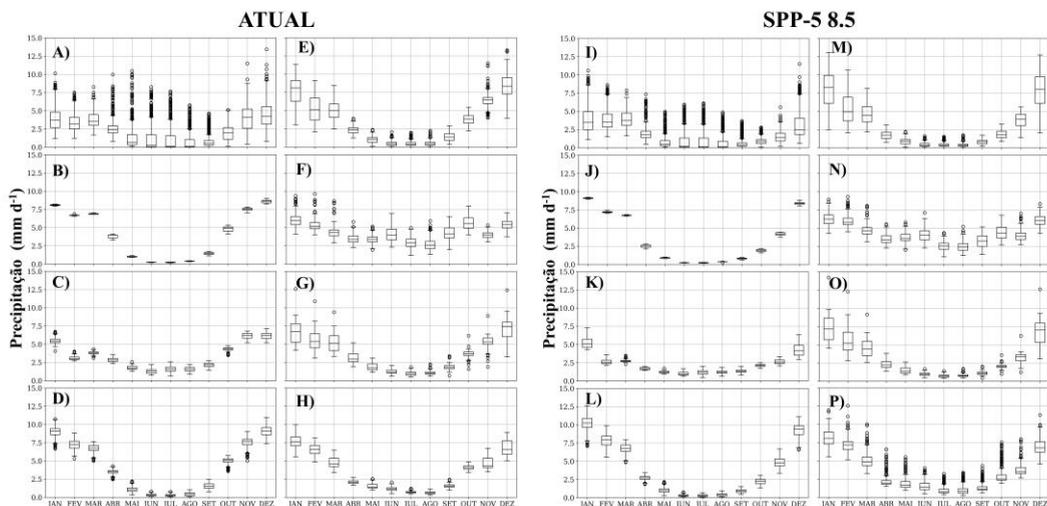


Figura 6. Distribuição temporal da precipitação média diária das principais regiões produtoras de café do Brasil no cenário atual: A) Bahia, B) Distrito Federal, C) Espírito Santo, D) Goiás, E) Minas Gerais, F) Paraná, G) Rio de Janeiro, H) São Paulo e Futuro: I) Bahia, J) Distrito Federal, K) Espírito Santo, L) Goiás, M) Minas Gerais, N) Paraná, O) Rio de Janeiro e P) São Paulo

Em relação a precipitação diária no cenário de mudanças climática houve uma pequena diferença em relação ao cenário atual, com uma redução de $0,43 \text{ mm d}^{-1}$ (Figura 5). A média do cenário foi de $3,03 (\pm 1,96) \text{ mm}$ diário, sendo janeiro o mês com a maior média, $7,02 (\pm 1,59) \text{ mm}$. Diferente do cenário atual que o mês com maior média de precipitação foi dezembro, podendo assim haver uma alteração na distribuição temporal da precipitação em cenários futuros (RAJAH et al., 2014). Agosto foi o mês com a menor média diária, $0,76 (\pm 0,47) \text{ mm}$. Entre os estados estudados, Bahia apresentou a menor média diária com $1,91 (\pm 1,20) \text{ mm}$, já o estado do Paraná demonstrou a maior média $4,23 (\pm 1,04) \text{ mm}$ (Figura 5 M).

O zoneamento das áreas favoráveis para o desenvolvimento da *Phoma* spp. variou de maneira sazonal e espacial (Figura 6). Em média a classe mais predominante na região foi relativamente favorável, seguida pela classe Favorável, concentraram 59,54 e 30,53% da área da região, respectivamente. A classe relativamente favorável predominou durante os meses de abril a setembro, em média 91,16% de toda a região (Tabela 1). Por outro lado, a partir de outubro a março a classe predominante foi favorável (58,42%) e relativamente favorável (27,42%). O mês de outubro, destacou por apresentar 11,69% da área da região altamente favorável e corresponde a um período importante que é o florescimento do café. Durante o mês de janeiro cerca de 78,63% de toda a região estudada foi classificada como Favorável e Altamente favorável.

Os estados apresentaram diferentes condições para o desenvolvimento de mancha

de phoma. Minas Gerais (MG), concentrou maior porcentagens de áreas favoráveis para a doenças, principalmente durante outubro a março, média de 69,63%, alcançando 94,35% de todo o estado em dezembro. Por outro lado, o São Paulo apresentou média de 97,54% para a classe relativamente favorável (Figura 6). Espírito Santo foi o estado que alcançou mais área para a classe não favorável, 65,89% durante outubro e 59,39% em novembro. A Bahia também apresentou grandes área não favoráveis a doença, média de 24,53% de fevereiro a abril. Porém, a maior parte dessas regiões se localização no norte da Bahia, região que não apresenta aptidão climática para o cultivo do cafeeiro (ASSAD et al., 2001).

Minas Gerais é o maior produtor de café brasileiro (CONAB, 2022), concentrando a maior parte dos cafeeiros do país. O estado apresentou média de 2,14; 58,81; 37,17 e 1,88% para as classes, não favorável, Relativamente favorável, Favorável e Altamente favorável ao desenvolvimento de phoma, respectivamente. O estado apresentou em novembro 5,49% da área altamente favorável e 94,35 favorável a doença (Tabela 2). Da mesma forma, o estado apresentou mais de 90% de aptidão a doença em dezembro e janeiro.

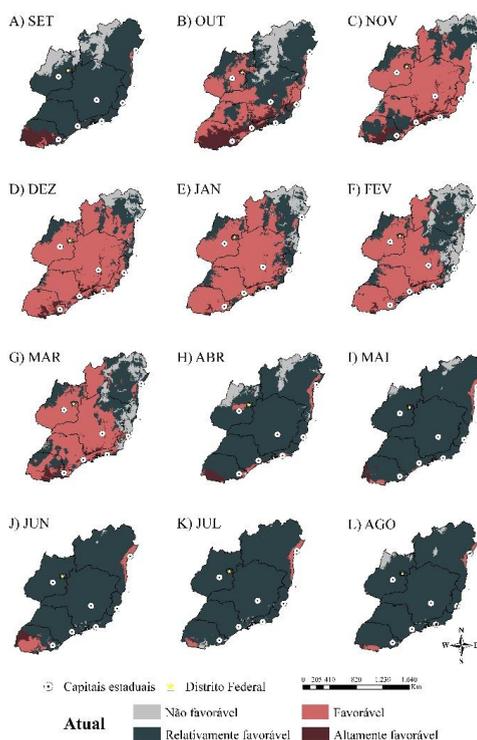


Figura 6. Distribuição temporal/espacial das áreas favoráveis para o desenvolvimento da doença Mancha de phoma no cenário atual, para a região produtora de café no Brasil.

As mudanças climáticas impactaram nas áreas aptas a mancha de phoma (Figura

7). As áreas Favoráveis e Altamente favoráveis diminuíram em todos os meses. A média da região para as classes Não favorável, Relativamente favorável, favorável e altamente favorável foi de 84,99; 12,88; 1,85 e 0,28%, respectivamente. A classe não favorável predominou na região em todos os meses. Durante outubro a março 97,29% da região foi relativamente favorável à doença. Vale ressaltar que em janeiro 98,76% da área não apresentou favorabilidade. Durante esses meses o manejo da cultura é mais simples, reduzindo os custos da produção (ZISKA et al., 2018).

No futuro ocorreu uma inversão dos períodos mais favoráveis para desenvolvimento da *Phoma* spp. As classes altamente favoráveis se limitaram durante os meses de maio e junho. Abril a setembro apresentaram maiores médias para as classes relativamente favorável (27,28%). Junho foi o mês com maior favorabilidade a doença (2,65%), uma redução de 2,11% em relação ao cenário atual.

Os estados localizados mais ao sul demonstraram maior favorabilidade a mancha de phoma (Figura 7). Em julho 100% do Paraná foi classificado como relativamente favorável. Da mesma forma, a maior parte do estado apresentou condições relativamente favoráveis junho (48,95%). Ainda, em junho 26,60% do território foi favorável à doença. O Paraná também apresentou 23,60% das áreas altamente favoráveis ao patógeno. Um aumento de 9,42% da classe em relação cenário atual (Tabela 2). Porém, essas áreas se localizam no Sul do estado, que não apresentam alta produção de café arábica (IBGE, 2022).

Minas Gerais apresentou somente as classes não favorável (83,24%) e relativamente favorável (16,23%). O estado demonstrou uma redução de aptidão à doença em relação ao cenário atual (Figura 6 e 7). Municípios como Campos Gerais, Três Pontas e Muzambinho possuem alta produção de café e se localizam na região Sul de Minas. Essas localidades apresentaram condições relativamente favoráveis em maio a agosto. Durante a maior parte do ano as localidades não apresentaram condições climáticas favoráveis à mancha de Phoma. Principalmente no início do ano fenológico produtivo do cafeeiro (setembro/outubro), momento do florescimento, crucial para produção. Dessa forma, em mudanças climáticas o clima não favoreceu *Phoma* spp. nas regiões produtoras.

Realização

Apoio

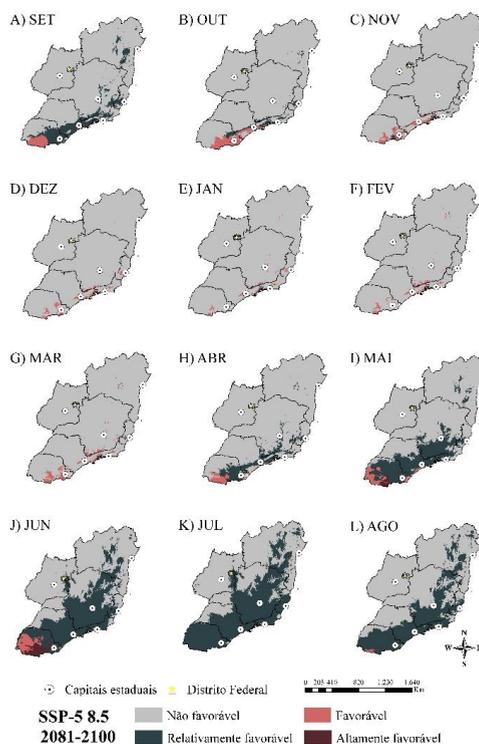


Figura 7 Distribuição temporal/espacial das áreas favoráveis para o desenvolvimento da doença Mancha de phoma no cenário SSP-5 8.5 em 2081-2100, para a região produtora de café no Brasil.

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem geoespacial aplicada nesse trabalho proporcionou identificar de maneira inédita as áreas com alta e baixa favorabilidade para a doenças mancha de phoma na região mais produtora do Brasil. As classes não favoráveis, relativamente favorável, favorável e altamente favorável foram quantificadas para o cenário atual e futuro.

O clima das regiões estudadas apresenta verão quente e chuvoso, com média anual de temperatura do ar de 21,59°C e precipitações diárias de 3,47 mm. A Bahia demonstra maior média de temperatura do ar e menor precipitações diárias dentre os estados da região. Por outro lado, no futuro (2081-2100, SSP-5 8.5) a média de temperatura do ar aumenta 6,07°C e a precipitação diária uma redução de 0,43 mm dia⁻¹. Goiás passa a ser o estado mais quente e chuvoso, já a Bahia continua com um baixo índice pluviométrico.

Em média a classe mais predominante no cenário atual é relativamente favorável, seguida pela classe Favorável, concentraram 59,54 e 30,53% da área, respectivamente. A partir de outubro a março a classe predominante é favorável (58,42%) e relativamente

Realização

Apoio



favorável (27,42%). O mês de outubro, destaca por apresentar 11,69% da área da região altamente favorável e corresponde a um período importante que é o florescimento do café. Abril a setembro a classe mais predominante é relativamente favorável, dificultando o ataque da doença.

No cenário futuro as condições se tornam menos favoráveis ao patógeno, além de inverter os períodos mais propícios. A média da região para as classes Não favorável, Relativamente favorável, favorável e altamente favorável é de 84,99; 12,88; 1,85 e 0,28%, respectivamente. A partir de abril a setembro ocorrem as maiores áreas favoráveis a doença, em maior parte relativamente favoráveis. Entre outubro a março grande parte da região é classificada como não favorável. O estado de Goiás apresenta em maior parte do ano 100% não favorável ao desenvolvimento da doença.

As localidades como Patrocínio, Campos Gerais, Três Pontas e Muzambinho possuem áreas favoráveis a *Phoma* entre outubro e março, o restante do ano é classificado como relativamente favorável, no cenário atual. Nas projeções futuras essas localidades serão classificadas no máximo como relativamente favoráveis e maior parte do ano não apresentando condições climáticas ideais para o desenvolvimento de *Phoma* spp.

A AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) - Processo: APQ-00065-21.

R REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, L. V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. **Weather and Climate Extremes**, v. 11, p. 4–16, mar. 2016.
- ANANDHI, A. et al. Role of predictors in downscaling surface temperature to river basin in India for IPCC SRES scenarios using support vector machine: ROLE OF PREDICTORS IN DOWNSCALING TEMPERATURE FOR IPCC SCENARIOS USING SVM. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 4, p. 583–603, 30 mar. 2009.
- ASSAD, E. et al. Agroclimatic zoning for Coffee (*Coffea arabica* L.) in the state of Goiás and southeastern state of Bahia, Brazil. **Rev Bras Agrometeorol**, v. 9, n. 3, p. 510–518, 2001.
- BOA SORTE, L. X. et al. Coffee Leaf Disease Recognition Based on Deep Learning and Texture Attributes. **Procedia Computer Science**, v. 159, p. 135–144, 2019.
- BOEREMA, G. H. **Phoma identification manual: differentiation of specific and infra-specific taxa in culture**. [s.l.] CABI, 2004.
- CAMARGO, A. DE. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. **Fundação IBGE, Recursos, meio ambiente e poluição**, p. 68–76, 1977.
- CONAB, C. N. D. A. C. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Conab, , 2022.

Realização

Apoio





- Disponível em: <<http://www.conab.gov.br//infoagro/safra>>. Acesso em: 1 jul. 2021
- DUTHIE, J. A. Models of the response of foliar parasites to the combined effects of temperature and duration of wetness. **Phytopathology**, v. 87, n. 11, p. 1088–1095, 1997.
- ECHANDI, E. La Quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* n. sp. **Revista de Biología Tropical**, v. 5, n. 1, p. 81–102, 1957.
- EYRING, V. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 5, p. 1937–1958, 2016.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, out. 2017.
- FIRMAN, I. D. Some investigations on a disease of *Coffea arabica* caused by *Ascochyta tarda*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 48, n. 2, p. 161-IN1, 1965.
- JIANG, Z. et al. Extreme climate events in China: IPCC-AR4 model evaluation and projection. **Climatic Change**, v. 110, n. 1–2, p. 385–401, jan. 2012.
- KOH, I. et al. Climate risks to Brazilian coffee production. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 10, p. 104015, 2020.
- LORENÇONE, P. A. et al. Estimation of Air Temperature Using Climate Factors in Brazilian Sugarcane Regions. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 1, p. 121–140, mar. 2022.
- PECL, G. T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v. 355, n. 6332, p. eaai9214, 2017.
- PEREIRA, S. P. et al. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 152–160, 2011.
- PICINI, A. G. et al. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, v. 58, p. 157–170, 1999.
- POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**, p. 68–106, 2010.
- RAJAH, K. et al. Changes to the temporal distribution of daily precipitation: Changing precipitation temporal patterns. **Geophysical Research Letters**, v. 41, n. 24, p. 8887–8894, 28 dez. 2014.
- ROBERTSON, A. W.; KIRSHNER, S.; SMYTH, P. Downscaling of daily rainfall occurrence over northeast Brazil using a hidden Markov model. **Journal of climate**, v. 17, n. 22, p. 4407–4424, 2004.
- RODRIGUES, L. M. R. et al. Multiple resistance to bacterial halo blight and bacterial leaf spot in *Coffea* spp. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, 2019.
- THOMAZIELLO, R. A. et al. Café arábica: cultura e técnicas de produção. 2000.
- ZISKA, L. et al. Climate Change, Carbon Dioxide, and Pest Biology, Managing the Future: Coffee as a Case Study. **Agronomy**, v. 8, n. 8, p. 152, 17 ago. 2018.

Realização



Apoio

