

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

NEWTON DE MATOS RODA

**AUMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE CAFÉ NO BIOMA CERRADO
COM A ADIÇÃO DE CAULIM PROCESSADO NO MANEJO DA LAVOURA**

Campinas

2022

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
SUSTENTABILIDADE

NEWTON DE MATOS RODA

AUMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE CAFÉ NO BIOMA CERRADO
COM A ADIÇÃO DE CAULIM PROCESSADO NO MANEJO DA LAVOURA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sustentabilidade, do , do Centro de Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Bruna Angela Branchi

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Regina Márcia Longo

PUC- Campinas

Fevereiro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada por Vanessa da Silveira CRB 8/8423
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

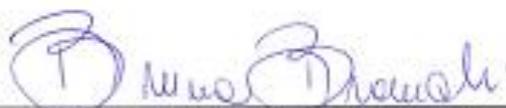
339,5 R685a	<p>Roda, Newton de Matos</p> <p>Aumento sustentável da produção de café no bioma cerrado com a adição de caulim processado no manejo da lavoura / Newton de Matos Roda. - Campinas: PUC-Campinas, 2022.</p> <p>84 f.; il.</p> <p>Orientador: Bruna Angeja Branchi; Coorientador: Regina Márcia Longo.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.</p> <p>Inclui bibliografia.</p> <p>1, Desenvolvimento sustentável. 2, Agricultura sustentada, 3, Café. I. Branchi, Bruna Angeja. II. Longo, Regina Márcia III. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Economia e Administração, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade. IV, Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 22, ed, 339,5</p>
----------------	--

NEWTON DE MATOS RODA

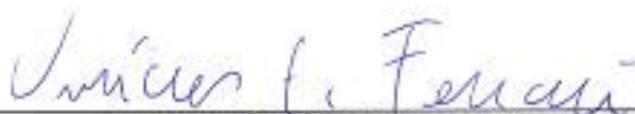
AUMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE CAFÉ NO BIOMA CERRADO COM
ADIÇÃO DE CAULIM PROCESSADO NO MANEJO DA LAVOURA.

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade da PUC-Campinas, e aprovada pela Banca Examinadora.

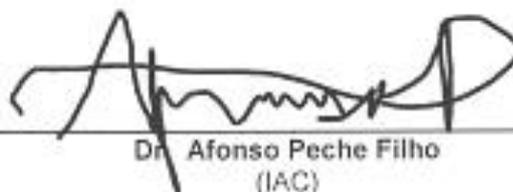
APROVADA: 25 de Fevereiro de 2022.



Prof. Dra. Bruna Angela Branchi
(Orientador- PUC-CAMPINAS)



Prof. Dr. Vinicius Eduardo Ferrari
(PUC-CAMPINAS)



Dr. Afonso Peche Filho
(IAC)

Campinas, 25 de Fevereiro, de 2022

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão a Deus, Nosso Pai, criador absoluto de todas as coisas e que tem permitido a minha jornada de contínuo aprendizado, ao longo dessa viagem terrena, muito obrigado.

Gratidão a Jesus, o Amigo de todas as horas, que derramou o bálsamo de luz e assim, pude recuperar a saúde plenamente, sempre recebendo o incondicional apoio e a tão necessária inspiração dos Bons Amigos da outra dimensão, muito obrigado.

Minha eterna gratidão à Silvana, muito mais que minha esposa, a mais fiel e incentivadora companheira que essa vida me concedeu. Nas horas de fraqueza, voltava seu olhar pra mim e simplesmente dizia "... você não vai desistir, nunca!". Por isso meu amor, juntos cumprimos mais essa meta, muito obrigado!

Expressar minha gratidão a meus filhos, Juliana e Rodrigo, que por vezes diziam..." Pai, vai pra cima, você é mais forte que o desejo de desistir", muito obrigado.

Ao meu amigo e companheiro de jornada, João Pontin, que sempre atendeu meus telefonemas, e depois de longa e saudável prosa, auxiliava-me a buscar o como fazer melhor, muito obrigado.

Ao professor e amigo Samuel Carvalho De Benedicto, pelo voto acadêmico de confiança concedido, para que eu pudesse acessar o conhecimento, através dessa rica fonte do saber, muito obrigado.

Gratidão à querida professora Bruna Branchi, pela determinação e trabalho forte na interpretação das entrevistas, trazendo a lucidez necessária para as minhas decisões. Sem seu apoio e engajamento, eu não teria conseguido cumprir essa jornada dentro do tempo exigido, por isso professora Bruna, muito obrigado.

Gratidão à estimada professora Regina Longo, que com muito carinho e paciência, auxiliou-me a encontrar a melhor rota para chegar ao destino dessa jornada, com sucesso, muito obrigado.

Expresso meus sinceros agradecimentos à todos os docentes que integram o programa de Sustentabilidade PUC Campinas, em especial a estimada professora Celeste Jannuzzi (*in memoriam*), os quais transmitiram as aulas com maestria e assertividade, compartilhando muito mais que conhecimento técnico, mas também suas opiniões e comentários, muito obrigado.

RESUMO

O Brasil é protagonista na produção de café, sendo classificado como o maior produtor e exportador dos tipos torrado e moído, verde e solúvel. As adversidades climáticas em curso, notadamente o aumento da temperatura do ar, causam injúrias fisiológicas, como o aumento de abortamento das flores, queimaduras nos grãos e nas estruturas foliares afetando o potencial produtivo. Há então a necessidade de buscar técnicas de manejo sustentável que garantam conforto térmico às plantas. Entre as possíveis soluções, nesta dissertação discute-se a adoção do caulim como prática agrícola sustentável, visando aumentar a produção de café cultivado a pleno sol, e avaliar o interesse dos cafeicultores em incorporar esse insumo no manejo do café, em alternativa ao modelo tradicional de aumento da produção via expansão da área cultivada. Trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória apoiada em revisão de literatura e coleta de dados de campo através de questionário estruturado aplicado a uma amostra de produtores de café do Cerrado mineiro. Os resultados das entrevistas permitem concluir que entre os cafeicultores, o conceito de sustentabilidade é latente, mas as ações de preservação ambiental estão presentes no processo de produção. A adoção de inovações tecnologicamente sustentáveis, como a tecnologia de caulim processado e purificado para o manejo da produção, representa uma opção reconhecida como relevante. Além de contribuir para um aumento sustentável da produção do café, a inovação tecnológica estudada nesta dissertação contribui com a melhora na qualidade do produto, impactando positivamente na renda do agricultor, e com o meio ambiente por reduzir as externalidades associadas ao uso de agrotóxicos no campo.

Palavras-chave: Agricultura Sustentável; Inovação agrícola; Sustentabilidade; Tecnologia.

ABSTRACT

Brazil is protagonist in the global coffee production, it has been classified as the largest producer and exporter of roasted and ground, green and soluble types. The ongoing climatic adversities, notably the increase in air temperature, cause physiological injuries, such as increased flower abortion, burns on the beans and on the leaf structures affecting the yield potential. There is the need to search for sustainable management techniques that guarantee thermal comfort to the plants. Among the possible solutions, this dissertation discusses the adoption of processed kaolin as a sustainable agricultural practice, aiming to increase the production of coffee grown in full sun, and evaluate the interest of coffee growers in incorporating this ingredient in coffee management, as an alternative to the traditional model of increasing production by expanding the cultivated area. This is a descriptive and exploratory research supported by literature review and field data collection through a structured questionnaire applied to a sample of coffee producers in the Cerrado region of Minas Gerais. The results of the interviews allow us to conclude that among coffee growers, the concept of sustainability is latent, and environmental preservation actions are present in the production process. The adoption of technologically sustainable innovations, such as processed and purified kaolin technology for the management of coffee production, represents an option recognized as relevant. In addition to contributing to the sustainable increase in coffee production, the technological innovation studied in this dissertation contributes to improving the quality of the bean, positively impacting the farmer's income, and to the environment, by reducing the externalities associated with the use of pesticides in the field.

Keywords: Sustainable Agriculture; Agricultural Innovation; Sustainability; Technology

SUMÁRIO

Resumo	
1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Contextualização do problema.....	16
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Justificativa.....	19
1.4 Estrutura do trabalho.....	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 O papel do café no mundo globalizado	21
2.2 Consumo mundial da bebida.....	22
2.3 Mudança climática e a produção de café no mundo.....	25
2.4 A produção de café brasileiro frente às adversidades climáticas.....	27
2.5 Práticas agrícolas para o aumento da produção de café arábica a pleno sol.....	30
2.6 A sustentabilidade ambiental na cafeicultura brasileira.....	35
2.7 Análise da produção de café a pleno sol comparado com café sombreado.....	37
2.8 A contribuição do caulim para cultivos comerciais	40
2.9 A eficiência do uso de caulim purificado no manejo de lavouras de café no Brasil.....	45
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	49
3.1 Tipo da Amostra.....	50
3.2 Caracterização dos elementos da amostra.....	50
4	
RESULTADOS.....	51
5 CONCLUSÕES.....	65
6 REFERÊNCIAS.....	68
7 APÊNDICE 1- Questionário	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa da localização das regiões produtoras de café no planeta	21
Figura 02. Queimadura da folha por sol (escaldadura)	29
Figura 03 Queimadura das folhas expostas ao sol.....	29
Figura 04. Abortamento de flores causado por alta temperatura e baixa UR do ar.....	30
Figura 05. Desmatamento da floresta da Tijuca em 1760.....	30
Figura 06. Implantação das lavouras de café em área desmatadas.....	31
Figura 07. Abrindo sulco de plantio	32
Figura 08. Colheitadeira de café e caçamba de transporte.	32
Figura 09. Pulverização de caulim via atomizador	32
Figura 10: Medidor de taxa de fotossíntese.....	33
Figura 11. Café recém plantado a pleno sol com irrigação	33
Figura 12. Microrregião do cerrado mineiro ideal para produção de café.	35
Figura 13. Café plantado em área desmatada.....	38
Figura 14. Café plantado em consórcio com espécie florestal	39
Figura 15: Comprimento de luz dos raios solares.....	40
Figura 16: Película de caulim sobre a folha.....	42
Figura 17: Desenho representativo de caulim sobre folha reflete excesso de raio solar.....	42
Figura 18: Película de caulim sobre a folha.....	43
Figura 19: Estômatos abertos. Trocas gasosas.....	43
Figura 20: Diferença da coloração do tomate industrial no dia da colheita.....	44
Figura 21: Momento da pulverização de caulim processado e purificado: pré-florada.....	46
Figura 22: Grão de café protegido com caulim.....	47
Figura 23: Folha de café exposta ao sol. Temperatura 39°C e com caulim 26°C.....	47
Figura 24: Sem proteção. Planta com poucas folhas. Ramos com poucos grãos.....	47
Figura 25: Com caulim (Surround®). Planta mais vigorosa. Ramos com bastante grãos.....	47
Figura 26: Comparação das lavouras de café sem caulim e com caulim.....	48
Figura 27: Ciclo do sistema de logística reversa das embalagens de agrotóxicos.....	53
Figura 28: Folhas de café com sintomas de escaldadura causada pelo sol	58
Figura 29: Grãos de café bourbom amarelo queimados pelas altas temperaturas.....	59
Figura 30: Grãos de café catuaí queimados pelas altas temperaturas.....	59

Figura 31: Grãos de café bourbom amarelo sadios com proteção de caulim.....	60
Figura 32: Grãos de café catuaí sadios com proteção de caulim.....	60
Figura 33: Caulim pulverizado no botão floral como protetor do potencial produtivo.....	63
Figura 34: Caulim recobrindo botão floral.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Substância nutricionais do café, pós preparo da bebida.....	23
Tabela 02: Tabela de prêmio pago de acordo com a pontuação sensorial da bebida.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Histórico do consumo de café e crescimento da população de 1970 a 2020.....	24
Gráfico 02: Consumo per capita por ano das principais nações consumidoras de café.....	25
Gráfico 03: Média de produtividade de café em sacas de 60kg por hectare.....	28
Gráfico 04: Quantificação territorial do uso e ocupação das terras no Brasil.....	36
Gráfico 05: Conhecimento da Legislação Ambiental pelos cafeicultores.....	37
Gráfico 06: Avaliação do impacto ambiental de novas áreas de plantio.....	54
Gráfico 07: Avaliação do impacto ambiental do uso de caulim para promover o aumento da produção de café, sem aumento de área plantada.....	54
Gráfico 08: Temperatura atmosférica média registradas por mês, nos períodos 1980-2008 e 2008-2019 no município de Patos de Minas/MG.....	56
Gráfico 09: Avaliação do impacto da temperatura atmosférica acima de 30°C na produtividade em sacas de 60kg de café colhido.....	56
Gráfico 10: Avaliação da redução da qualidade dos grãos de café colhidos com temperatura atmosférica média acima de 30°C.....	57
Gráfico 11: Distribuição da área total de cultivo pelo tipo de manejo de produção de café.....	58
Gráfico 12: Ações de manejo de produção para reduzir os impactos das altas temperaturas atmosféricas.....	59
Gráfico 13: Avaliação de caulim como protetor contra escaldadura nas folhas com temperatura atmosférica média acima de 30°C.....	60
Gráfico 14: Avaliação de caulim como protetor contra escaldadura nos grãos com temperatura atmosférica média acima de 30°C.....	61
Gráfico 15: Avaliação das opções para aumentar a produção de café na propriedade.....	62
Gráfico 16: Avaliação de importância dos fatores que interferem na produtividade.....	63
Gráfico 17: Avaliação dos efeitos de caulim mensurados pelo cafeicultor.....	64

Gráfico 18: Ações futuras para manter ou aumentar a produtividade em 2031 com a
continuidade da elevação da temperatura do ar
atmosférico.....65

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Práticas de sustentabilidade adotadas pelos entrevistados52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AARP - Associação Americana das Pessoas Aposentados
- ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café
- ARS - Agricultural Research Service
- APPs – Áreas de Preservação Permanente
- CECAFÉ - Conselho dos Exportadores de Café do Brasil
- BB - Banco do Brasil
- CNA - Confederação da Nacional da Agricultura
- CNC – Conselho Nacional do Café
- CFB - Código Florestal Brasileiro
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
- COOXUPÉ - Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTD
- CPC - Consórcio Pesquisa Café
- DEC - Divisão de Economia Cafeeira
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
- EPAMIG - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
- ESALQ/USP- Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz- Universidade de São Paulo
- FAO - Food and Agriculture Organization
- FGV - Fundação Getúlio Vargas
- FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
- GERCA - Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas
- IBC - Instituto Brasileiro do Café
- IBD- Instituto de Biodinâmica
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IEA - Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo

INPEV - Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IR - Radiação infravermelho
MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MDIC - Ministério da Indústria e do Comércio
NIH - National Institute of Health
OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development
OIC - Organização Internacional do Café
OMC - Organização Mundial do Café
ONU - Organização das Nações Unidas
PRRC - Plano de Renovação e Revigoramento de Cafezais
PLANO ABC - Plano para uma Agricultura de Baixo Carbono
RFA - Radiação Fotossinteticamente Ativa
RL - Reserva Legal
SAF - Sistema AgroFlorestal
SIRE - Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas da EMBRAPA
SBIC - Sociedade Brasileira Indústria do Café
SPA - Secretaria de Política Agrícola
UENF - Universidade Estadual Norte Fluminense
UFL - Universidade Federal de Lavras
UFV - Universidade Federal de Viçosa
UV - Ultravioleta
URFJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
USDA - United States Department of Agriculture
USP – Universidade de São Paulo
WCR - World Coffee Research

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do problema

O Brasil, com seu vasto território, peculiaridades e diversidade geográficas, faz do cultivo de café uma opção agrícola de maior longevidade quando comparado a outras nações também tradicionais na cafeicultura. Com isso detém ampla vantagem competitiva, uma característica que pode garantir, também no futuro, sua posição de líder na produção global dessa commodities (INOVACAFE, 2016).

Originário das florestas tropicais da Etiópia, situado entre as latitudes de 6°N e 9°N, em altitudes de 1 600 m a 2 000 m, e com temperatura do ar oscilando entre 18°C de mínima e 22°C de máxima, o café arábica em seu *habitat* natural, estava protegido pelo dossel das árvores nativas, o qual exerce influência direta no pleno desenvolvimento fisiológico, (THOMAZIELLO *et al.*, 2000). Cerca de 70% do comércio global de café tem origem em lavouras cultivadas em terras altas tropicais, destaque para o Brasil protagonista na produção, suprindo mais de 35% do total anualmente consumido (CECAFE, 2019).

Um grupo de fatores ambientais como clima, combinado com a altitude e latitude, influenciam na regularidade do regime de distribuição de chuvas, na média da temperatura do ar e, também, na taxa de irradiação solar, sendo esses os fatores responsáveis pelo fotoperíodo² (GOMES *et al.*, 2020). As lavouras de café de Minas Gerais, estão localizadas em latitudes superiores a 4°, sob condições climáticas tropical, não equatoriais e portanto, apto para o cultivo (CAMARGO, 1985).

Os fatores climáticos são cruciais na definição das áreas de aptidão para o cultivo do café arábica, dentre eles: o aspecto térmico, que considera a temperatura média anual, o regime pluviométrico e o grau de déficit hídrico nos períodos críticos da cultura (CAMARGO; SANTINATO; CORTEZ, 1992).

O Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2019, alerta sobre a necessidade de se envidar esforços para que a temperatura ambiental do planeta não ultrapasse mais de 1,5°C (IPCC, 2019).

1 Dossel da floresta é a cobertura superior da floresta formada pelas copas das árvores, em termos ecológicos, exerce papel de barreira física à incidência de raios solares e às gotas de chuva, protegendo as planta da radiação solar e o solo contra a erosão (MARTINS, 2001).

2 Variação da intensidade e do tempo em que a planta fica exposta a radiação solar (KERBAUY, 2004).

A ciência ambiental comprova que mudanças no regime do clima causam impactos sobre a produtividade das lavouras, por isso as tomadas de decisões futuras devem contemplar a informação sobre projeções climáticas (CLIMATOLOGIA, 2018).

No período de 1974 a 2017, no Cerrado de Minas Gerais, observaram-se o efetivo aumento da temperatura anual média e a redução da precipitação média anual, mudanças que ocorreram nas fases fisiológicas de floração e de amadurecimento, provocando a redução da produtividade e a diminuição da qualidade dos grãos (ILYUB *et al.*, 2020).

Frente às mudanças climáticas, a cafeicultura comercial da região de Minas Gerais tem como desafio manter a produtividade e qualidade do café, uma vez que estudos da fisiologia da planta evidenciam que as temperaturas acima do ideal de cultivo podem causar impactos indesejáveis, tais como a descoloração das folhas e a redução no crescimento vegetativo, exercendo reflexos na redução de produtividade e perda da qualidade do grão (CAMARGO; ROLIM; SANTOS, 2007). Havendo o aumento da temperatura do ar em 5,8°C, seguido da redução de 15% no regime pluviométrico (ASSAD, 2004), a área apta para a produção de café limitar-se-ia às montanhas localizadas no extremo sul do Estado de Minas Gerais, fato que causaria gigantescos prejuízos sócios-econômicos diretos às comunidades que dependem da cafeicultura como fonte de renda e, também, ao Brasil (SANTOS, MARTINS; TORRES, 2017).

Estudos científicos sobre a fisiologia do cafeeiro comprovam que temperaturas acima de 24°C causam reduções na taxa de fotossíntese na ordem de 10%, e o impacto torna-se ainda mais severo a cada 1°C de aumento da temperatura ambiente, desencadeando a paralização da atividade fotossintética da planta a partir de 34°C (NUNES; BIERHUIZEN; PLOEGMAN, 1968), ocasionando perda de qualidade dos frutos devido a aceleração da maturação dos grãos (VERHAGE; ANTEN; SENTELHAS, 2017).

Relatórios produzidos pelo World Coffee Research (WCR) confirmam que o aumento da temperatura do ar, associado às alterações nos padrões pluviométricos, interfere na produtividade e na qualidade da bebida do café. Adicionalmente, essas mudanças contribuem na intensidade da presença de insetos-pragas e na severidade das doenças (ASSAD, 2007), afetando a produção e a aplicabilidade dos modelos de previsão de estimativa de produção de safra (MIRANDA; REINATO; SILVA, 2014).

A consequência dessas ameaças combinadas poderá ser mensurada através da redução pela metade do total das áreas edafoclimáticas ideais e aptas para o cultivo de café em 2050 (WCR, 2021).

A produção de café no Brasil se depara com um conjunto de desafios, especialmente aqueles decorrentes da mudança climática, como a elevação da temperatura, a maior incidência de radiação solar sobre as lavouras cultivadas a sol pleno, e irregularidade no índice de precipitação pluviométrico; fatores que reduzem a produtividade das lavouras e a qualidade do grão (FERREIRA *et al.*, 2013); por isso, devem ser consideradas todas as práticas agronômicas disponíveis, visando melhorar a sustentabilidade e assegurar a competitividade das culturas comercialmente vulneráveis aos fatores de estresse, ainda que dentre as poucas opções, nem todas sejam de implementação imediata em função da disponibilidade e os altos custos (BRITO *et al.*, 2019).

As adversidades climáticas e o estresse abiótico (BRITO *et al.*, 2019) ameaçam a capacidade do Brasil de garantir um suprimento regular de café, para os mercados interno e internacional. A resposta tradicional seria expandir a produção em novas áreas, ocupando as terras nativas remanescentes e as áreas de pastagens. Porém, esta pode não ser a decisão correta em longo prazo (EMBRAPA, 2019).

Os desafios da sustentabilidade demandam a reflexão e uma postura mais holística, estabelecendo um tipo de preocupação voltado ao desenvolvimento sustentável que não comprometa os sistemas socioecológicos estabelecidos, por meio da inter-relação de conhecimentos, práticas e saberes (JACOBI, 2003). Os produtores rurais devem estar comprometidos e agir para implementar sistemas de produção sustentáveis, aliados às boas práticas de produção agropecuária, visando preservar o ecossistema e garantir longevidade às produções futuras em consonância com a Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (EMBRAPA, 2020).

Nesse contexto, o caulim, pela sua propriedade de agente refletivo de radiação solar, proporciona redução de acúmulo de calor, promovendo alterações nos mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos, que causam alívio à planta (BRITO *et al.*, 2019).

O caulim processado, purificado e formulado para uso agrícola, exerce a função de agente filtrante e refletivo do excesso das radiações solares, por isso traz o benefício de redução das temperaturas foliares, simulando a proteção das copas das árvores nativas, por isso, favorece a planta expressar o potencial genético e aumento da produção (ABREU *et al.*, 2017a, 2017b).

1.2 Objetivos

O objetivo principal dessa pesquisa é estudar a adoção de caulim, como insumo ambientalmente sustentável, para o aumento da produção de café cultivado a pleno sol,

apontado como substituto da proteção de café pelas copas das árvores nativas, e também como uma alternativa ao modelo tradicional de aumento de produção, apoiado no pilar de expansão sobre áreas de terras nativas remanescentes e de pastagens.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a. Avaliar alternativas de manejo de cultivo que aumentam a produtividade das lavouras de café cultivados a pleno sol, considerando as eminentes mudanças climáticas, notadamente, a elevação da temperatura.
- b. Identificar o grau de interesse dos cafeicultores em adotar o caulim, no manejo produtivo a pleno sol, prática de agricultura sustentável.

1.3 Justificativa

Uma vez que a cafeicultura brasileira, assim como outras culturas para fins comerciais, obedece ao zoneamento agroclimático recomendado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), e considerando a elevação das temperaturas médias, em poucas décadas vindouras, o risco de haver redução de áreas é eminente. Há estimativa de redução de área na ordem de 75% no Paraná e até 95% em Goiás, Minas Gerais e São Paulo, atualmente consideradas as principais regiões produtoras em função das condições edafoclimáticas ideais para o cultivo do café (ASSAD; MAGALHÃES, 2014).

Empresas especializadas na comercialização de café, demonstram preocupação com a vulnerabilidade da pequena propriedade cafeícola, a qual, diante da mudança climática e da baixa produtividade, poderá se tornar inviável economicamente promovendo a substituição do cultivo no futuro (TCI, 2019). Similar observação se aplica à cafeicultura brasileira uma vez que, de um total de 287 mil cafeicultores em atividade produtiva em 2017, 183 680 lavradores (64%), são classificados como “pequenos agricultores”, modelo produtivo de agricultura familiar, com área inferior a 20 ha. Pouco mais de 54 mil cafeicultores (19%), cultivam áreas entre 20 e 50 ha. A cafeicultura de larga escala, praticada no modelo de “grandes propriedades rurais”, é conduzida por pouco mais de 48 mil cafeicultores (17%), os quais cultivam áreas maiores do que 50 ha (IBGE, 2017).

Os dados divulgados pelo Censo Agropecuário, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), descontroem o estereótipo de que o Brasil produz café em enormes fazendas, num modelo de monocultura e exploratória, caracterizada pela adoção da intensa mecanização.

A realidade é que a cafeicultura exerce um importante papel no tecido social do Brasil, onde são encontrados lavradores que extraem seu sustento dos cafezais, continuando a tradição familiar, em alguns casos, por seis gerações ou mais. São propriedades rurais administradas pela mão de obra familiar, com pouco acesso à consultoria técnica privada, e muitas dela com orçamento limitado, se beneficiando do imenso conhecimento empíricos acumulado sobre o cultivo do café (FERRARESSO, 2019).

1.4 Estrutura do trabalho

A dissertação é estruturada em quatro partes, além da introdução e das conclusões.

No capítulo dois, dedicado à fundamentação teórica do trabalho, são discutidos os temas relativos a consumo e produção do café, dando particular atenção às mudanças climáticas, suas implicações atuais e futuras na agricultura. Após apresentar as práticas agrícolas tradicionais para aumentar a produção do café a pleno sol, é discutida a contribuição de práticas alternativas, com menores impactos ambientais. Entre as práticas ambientalmente sustentáveis é apresentada a contribuição do caulim. Pela sua natureza de mineral que, mesmo após o processamento, purificação e formulação, continua sendo inerte, inodoro, de pH neutro e seguro ao meio ambiente, é destinado à agricultura orgânica e ou convencional, sendo adequado e compatível com as boas práticas agrícolas.

O capítulo três traz a descrição da metodologia dessa pesquisa, mencionando com profundidade o tipo e a caracterização da amostra.

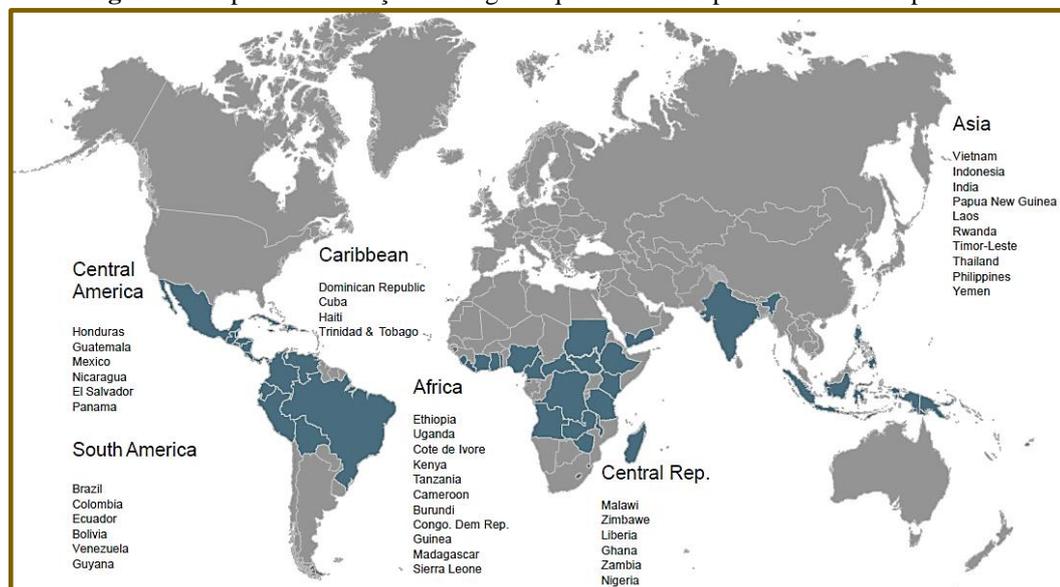
No capítulo quatro, são apresentados os resultados obtidos, fruto da revisão bibliográfica e, principalmente, das entrevistas realizadas com cafeicultores. Por fim, no apêndice 1, encontra-se o questionário estruturado aplicado nas entrevistas conduzidas individualmente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O papel do café no mundo globalizado

Estima-se que os primeiros cultivos e comercialização de café, em qualquer tipo de escala, começaram em 1400 D.C. (NIEBUHR; HERON, 1994). Pesquisadores botânicos catalogaram 125 espécies do gênero *Coffea spp*, porém somente duas espécies, a *Coffea arabica* L. (Arábica) e a *Coffea canephora* (Robusta), têm importância econômica (KRISHNAN *et al.*, 2013). A produção global de café é representada por 75% da espécie Arábica, cultivada em regiões com altitude entre 600 e 2000 metros, e os outros 25% da produção mundial, é da espécie Robusta, cultivada em altitudes abaixo de 600 metros (MARULANDA; PEREZ; ALZATE, 2017). Reconhecida como uma *commodity*³ social, o café é a base da fonte de renda para 25 milhões de cafeicultores, em sua ampla maioria com áreas de até 5 ha, e está presente em 50 regiões tropicais e subtropicais, edafoclimaticamente apropriadas para o bom desenvolvimento do cultivo do café, espalhadas por 70 países, demonstrado na figura 1 (OIC, 2019).

Figura 1. Mapa da localização das regiões que cultivam e produzem café no planeta.



Fonte: Samper e Quiñonez (2017).

Listado na pauta de exportação, o produto agrícola café impulsiona a economia de

³ “Commodity agrícola, o café, a soja, o milho, são mercadorias em estado bruto ou de simples industrialização, negociadas em escala mundial. A comercialização é estabelecida no mercado financeiro, com preços normalmente em dólar norte americano, com preços de alta volatilidade, e que oscilam de acordo com a oferta e a demanda internacionais” (Dicionário Financeiro, 2020, p. 5).

vários países, principalmente os que estão na África, na América Central e na Ásia (OSÓRIO, 2002), garantindo a subsistência de pelo menos 60 milhões de pessoas entre agricultores, familiares diretos, mão de obra contratadas para laborar nas lavouras e agentes do comércio (PANHUYSEN; PIERROT, 2019).

Próximo de duas centenas de nações laboram na cafeicultura (TCI, 2019), mas somente em poucos países do mundo o cultivo tem escala comercial, sendo essa a razão pela qual é observado a concentração da produção em quatro nações: 1) Brasil, que cultiva em larga escala comercial as duas espécies: Arábica e Robusta; 2) Vietnã, cultivo comercial predominantemente Robusta; 3) Colômbia, importante exportador, cuja produção é somente de Arábica e 4) Indonésia, exclusivamente produtor comercial de Robusta (OIC, 2019). O negócio de cultivo de café, por ser cultura perene, é complexo e demanda investimento de longo prazo, pois somente após o terceiro ano do plantio, é que iniciará a primeira colheita, sendo uma por ano. Por esse motivo, o cafeicultor fica comprometido com a lavoura por décadas, devotando atenção e esmero, desde os primórdios da implantação do cultivo, através da escolha da variedade adequada, preparo das covas de plantio e contínua manutenção do cafezal (SAMPER; GIOVANNUCCI; VIEIRA, 2007).

2.2 Consumo mundial da bebida

De maneira geral, as pessoas quando pensam em tomar café têm clara mensagem de ingestão de cafeína, não se dando conta de que, na verdade, a bebida café contém outras substâncias que são conservadas mesmo após a torrefação e preparo, notadamente, sais minerais, açúcares, gorduras, aminoácidos e uma vitamina do complexo B (vitamina PP) e, sempre que ingerido em associação com leite de vaca, o café tem seu valor nutricional potencializado, importante característica para a dieta de crianças e idosos (CESAR; MORETTI; MIOTO, 2012).

Tabela 1: Substâncias nutricionais do café, pós preparo da bebida.

SUBSTÂNCIA	(%)
sais minerais	3-5
lipídios	10-20
açúcares	35-50
aminoácidos	2
ácidos clorogênicos	7-9
niacina	0,5
cafeína	1,1-2,2

Fonte: SPILLER (1984, p. 94).

Pesquisa clínica robusta, conduzida pelo Dr. Freedman (2012), identificou a relação de consumo de café entre zero até seis xícaras/dia/indivíduo, e a causa de morte. O estudo contou com a participação voluntária de 173 141 mulheres e 229 homens, com faixa etária entre 50 e 71 anos, que previamente responderam a um questionário detalhado sobre estilo de vida e tipo de dieta. Foram incluídos consumidores de café fumantes e não fumantes, porém, foram excluídos indivíduos com algum tipo de comorbidade prévia, como cardiopatia, ou que tiveram acidente vascular cerebral ou câncer. De acordo com Dr. Freedman, coordenador chefe do Estudo de Dieta e Saúde, em colaboração com os Institutos Nacionais de Saúde (NIH) e com a Associação Americana das Pessoas Aposentados (AARP), o estudo foi conduzido em seis estados Norte Americanos: 1) Califórnia; 2) Flórida; 3) Louisiana; 4) Nova Jersey; 5) Carolina do Norte; 6) Pensilvânia, e demonstrou que, existe associação inversa, ou dissociação, entre consumo de café e mortalidade, ou seja, o consumo de café não causa mortalidade (FREEDMAN *et al.*, 2012).

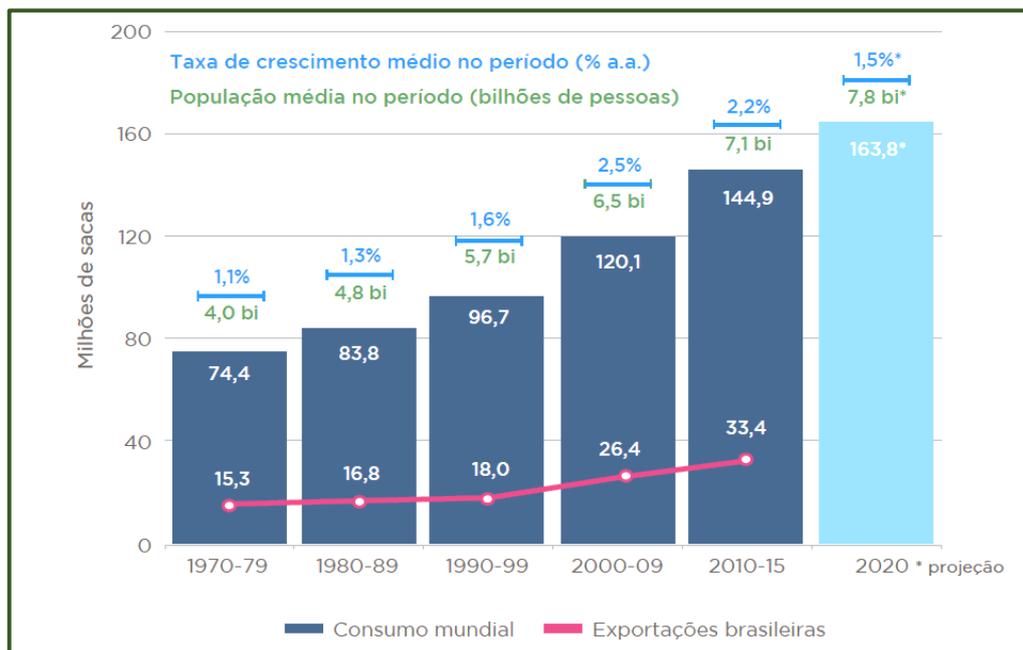
Outra pesquisa semelhante, elaborada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o Projeto Cérebro, Café & Drogas, evidencia que o consumo diário de 4 xícaras de café auxilia o cérebro nas atividades intelectuais e também no estado de bom humor, devido à taxa de cafeína, intrínseca na bebida. Somado a esses resultados, a bebida melhora o grau de atenção, estimula o sistema normal de vigília, da atenção e da memória (CESAR; MORETTI; MIOTO, 2012).

Em função das características intrínsecas do grão, aliado às combinações desenvolvidas pelas indústrias de café, a espécie Arábica apresenta-se com aromas e sabores diversificados, sendo o tipo de bebida de maior interesse dos consumidores. Do lado oposto, com sabor peculiarmente amargo e intenso; o café Robusta possui grau mais acentuado de substâncias solúveis, como a cafeína, por essa razão, tornou-se mundialmente valorizado pelas indústrias

do café instantâneo e, também, é mais bem aceito ao paladar das nações europeias e norte americana (ANUFOOD, 2018).

A humanidade tem consumido esse produto de diversas maneiras, combinações e preparos, por isso se tornou uma bebida flexível e versátil (FREDERICO, 2017). Segundo o Relatório do Banco Mundial, no período de 1970 a 2015, houve aumento populacional no planeta, saltando de 4 para 7,1 bilhões de pessoas, crescimento acima de 10%. Concomitantemente, constata-se o aumento efetivo do número de consumidores de café, seja motivado pelo crescimento orgânico, acompanhando o aumento populacional, como também, pela mudança significativa do perfil do consumidor (FERREIRA *et al.*, 2013). O Gráfico 1 demonstra que a taxa de crescimento do consumo global, para o período de 1970 a 2015, mais que dobrou, saltando de 1,1% nos anos 1970 para 2,2%, no período de 2010 a 2015. Tal crescimento representou um aumento de consumo médio no período de 74,4 para 144,9 milhões de sacas de 60kg.

Gráfico 1. Histórico do consumo de café e crescimento da população de 1970 a 2020.



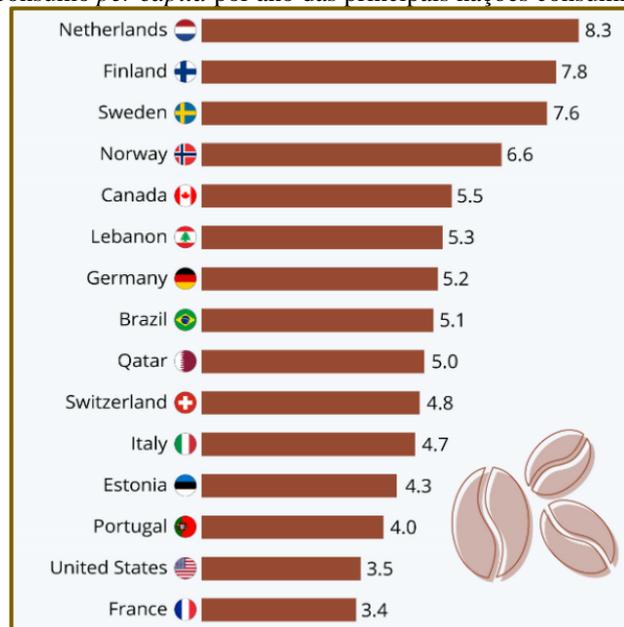
Fonte: CNC (2019).

Segundo uma pesquisa de mercado sobre tendência do comportamento do consumidor de bebidas não alcoólicas, o café terá uma taxa de crescimento anual estimada de 4,2% ao ano para o período entre 2020 e 2025. O maior índice de crescimento é previsto para as nações localizadas na América do Sul, com a manutenção da hegemonia da Europa como a líder de consumo global, notadamente os países nórdicos (OIC, 2020).

O brasileiro consome, em média, de 3 a 4 xícaras de café filtrado por dia. Decorrente desse hábito de consumo, a bebida está presente em 98% dos lares brasileiros, e seu consumo está atrás somente da água. O público de idade entre 18 e 35 anos tem um consumo moderado de café, porém, a partir de 40 anos de idade, torna-se consumidor intenso (MARTINS, 2019).

O Brasil é a nação que mais consome café no mundo, seguido pelos Estados Unidos (OIC, 2020). Em 2019, o Brasil consumiu 21,5 milhões de sacas de café de 60Kg, o que representa 33% de todo o consumo global. Dados apresentados pelo relatório do Consórcio Pesquisa Café 2020 (CPC), o volume global de consumo, no período 2019-2020, atingiu 169,34 milhões de sacas de 60 kg (CNC, 2019). Dois terços desse total são consumidos na União Europeia e nos Estados Unidos (OIC, 2020). Embora o Brasil exerça o papel de maior protagonista no consumo mundial desse produto agrícola, os brasileiros consomem anualmente apenas, 5,1kg de café, ocupando a oitava posição, quando comparado ao consumo per capita de outras nações (Gráfico 2). Apesar de menos populosos que o Brasil, os países do Norte europeu lideram o ranking de consumo *per capita*. A Holanda, a Finlândia e a Suécia ocupam as três primeiras posições consumindo um volume superior a 7,5 kg de café/indivíduo/ano.

Gráfico 2. Consumo *per capita* por ano das principais nações consumidoras de café.



Fonte: OIC (2020).

2.3 Mudança climática e a produção de café no mundo

Desde 2015 a Organização Mundial do Café (OMC), constituída por representantes de 74 países e 26 associações produtores de café, coordena e monitora as ações de sustentabilidade social e ambiental voltadas ao setor cafeeiro (OIC, 2020).

Nas diferentes fases fenológicas da planta, os reflexos dessas condições ambientais se expressam diretamente no desenvolvimento vegetativo e geram impactos tanto na produtividade como ,também, na qualidade da bebida (NUTMAN, 1937). A temperatura do ar média anual abaixo no intervalo de 17°C a 18°C, limita o desempenho produtivo da planta de café (VALENTINI, 2010).

Há um grande número de adaptações potenciais para sistemas de cultivo que poderiam ser implementadas para lidar com as condições adversas, tais como o uso de porta-enxertos e a seleção de cultivares mais tolerantes, a implementação de programas de cultivo, mudanças no projeto do pomar e no manejo da copa, adoção de irrigação eficiente, melhoria do manejo do solo e aplicação de compostos protetores especiais. Porém a topografia acidentada e a escassez de água de algumas regiões requerem sistemas de captação e distribuição da água com elevados custos econômicos e ambientais. Assim como tentativas de melhorar a tolerância através da criação de plantas são demorados e laboriosos, dados os conhecimentos existentes (BRITO *et al.*, 2019).

Motivado pela significativa participação do Brasil na teia global de comercialização, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) elaborou três cenários estratégicos sobre o comportamento da demanda global pelo produto, para o período de 2019 até 2030, atribuindo diferentes taxas de crescimento, variando entre 1,5% até 2,5% ao ano. Assumindo um dos cenários, ou seja, fixando a taxa de crescimento da demanda em 2,0% ao ano, as nações do planeta consumirão em 2030, aproximadamente, 208,80 milhões de sacas de 60 kg de café. Para que o Brasil continue na posição de maior, mais importante e mais confiável fornecedor global, obrigatoriamente deverá aumentar sua produção para 74 milhões de sacas de 60kg em 2030 (EMBRAPA, 2019).

Várias iniciativas de melhoramento genético têm sido empregadas a fim de aumentar a tolerância da planta de café às altas temperaturas, porém todas têm demandado altos recursos e tempo longo em função da variabilidade genética existente (TEIXEIRA, 2019). Provocar uma alteração de uma única característica é trabalhoso e difícil em função da alta probabilidade multigene, assim, mesmo considerando as metodologias de melhoramento genético e adoção de sistema de irrigação, para a melhoria do desempenho produtivo frente o estresse térmico é fundamental a adoção de novas alternativas de curto prazo. De acordo com a revisão

bibliográfica realizada, a pulverização do caulim sobre as plantas que são cultivadas a pleno sol trouxe alívio do estresse abiótico (GLENN; PUTERKA, 2005). O uso de caulim como agente de mitigação das tensões ambientais, em destaque as altas temperaturas do ar atmosférico e a incidência de radiação solar, tem sido intensamente estudado. A eficiência é comprovada em função da película de proteção branca formada na superfície das folhas, a qual é responsável pela refletividade do excesso de radiação e pela proteção das folhas e frutos contra o indesejável acúmulo de carga térmica a qual se desdobra em lesões que danificam o sistema de realização de fotossíntese (GLENN; PUTERKA, 2005; GLENN, 2012).

Para fazer frente ao desafio do atendimento da crescente demanda nacional, e simultaneamente, se manter na vanguarda de fornecimento de um terço da demanda internacional há duas respostas potenciais: expandir a área plantada ou, alternativamente, estimular o aumento da produtividade, que pode oscilar entre 5 e 10 sacas de 60Kg de café beneficiado por hectare por safra (EMPRAPA, 2019).

O fator produtividade é uma variável complexa de ser analisada e estimada, pois depende da influência, tanto de fatores bióticos, ou seja, presença de ervas daninhas, incidência de pragas (insetos não desejáveis) e doenças, como também, de influências dos fatores abióticos, notadamente, as temperaturas mínima e máxima do ar, o regime de chuvas, e o índice de radiação solar (MONTEIRO, 2009).

2.4 A produção de café brasileiro frente às adversidades climáticas

A consolidação do agronegócio brasileiro, pautado na cafeicultura, como comentado anteriormente, está intimamente relacionada com os fatores bióticos e fatores abióticos. O conjunto desses fatores, quando em desequilíbrio, pode causar significativas perdas na produtividade e na qualidade dos produtos produzidos no campo (ASSAD; MAGALHÃES, 2014).

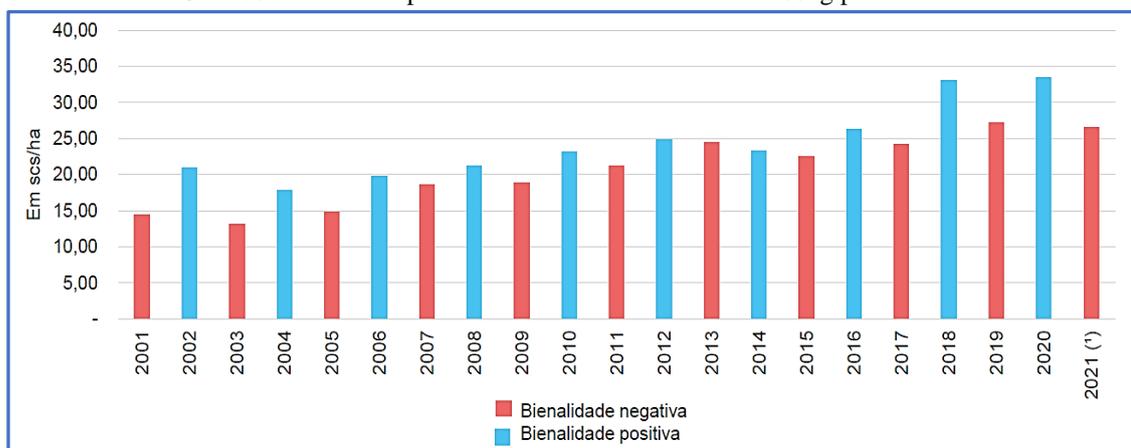
A produtividade e o sabor do café, bem como intensidade de pragas e doenças, estão relacionados ao comportamento do clima, particularmente a temperatura e a umidade (EMBRAPA, 2019). As regiões mais aptas para o cultivo do café arábica de alta qualidade e produtividade, são as regiões de montanha, localizadas a uma altitude acima 1200 m (BUNN *et al.*, 2015) e média anual da temperatura ambiente entre 18°C e 22°C (CAMARGO, 1985).

No Brasil há seis estados produtores de café, encabeçados por Minas Gerais- que são responsáveis por mais de 50% do total produzido- sobre uma área de cultivo de mais de 1 milhão

de ha e ocupando mais de uma centena de milhar de agricultores (EMBRAPA, 2020). Estudos sobre os impactos da mudança climática e lavouras de café indicam aumento de, aproximadamente, 0,25°C a cada década, concomitantemente à redução do acumulado anual de chuvas nos períodos de floração e amadurecimento dos grãos. Este conjunto de eventos climáticos adversos, provocaram uma redução de produtividade acima de 20%, particularmente na região Sudeste, notadamente Minas Gerais, maior estado produtor e exportador de café do Brasil, portanto o risco climático traduz-se em risco de redução de produção e aumento da vulnerabilidade social dos cafeicultores (ILYUB *et al.*, 2020).

Além dos fatores naturais que impactam na oscilação da produtividade, a planta de café possui uma característica fisiológica peculiar denominada de bienalidade, responsável pela variação da produtividade. O ciclo bienal ocorre porque o ramo de café apresenta funções vegetativas e reprodutivas, simultaneamente, fator fisiológico que explica o aumento da produtividade em um ciclo, chamado de positivo, e a redução da produtividade no ciclo seguinte, denominado ciclo negativo. Esse fenômeno fisiológico é decorrente do destino da energia e dos nutrientes absorvido e sintetizados pela planta, ou seja, em um ciclo as reservas nutricionais são dedicadas à emissão e enchimento do grão, no ciclo subsequente os nutrientes serão direcionados para o crescimento da planta (BACHA, 1998). O histórico da produtividade média em lavouras de café no Brasil, no período de 2001 a 2020, mostra crescimento e bienalidade (Gráfico 4). Comparando safras de 2012 e 2020 observa-se um aumento da produtividade de 24,97 para 28,24 sacas de 60kg/ha (CONAB, 2021).

Gráfico 3. Média de produtividade de café em sacas de 60kg por hectare.



Fonte: CONAB (2021).

A expectativa de produtividade menor para o ano de 2021 em comparação ao ano de 2020 se dá em função do fenômeno da bienalidade, agravado pelas altas temperaturas e escassez de chuvas (CONAB, 2021).

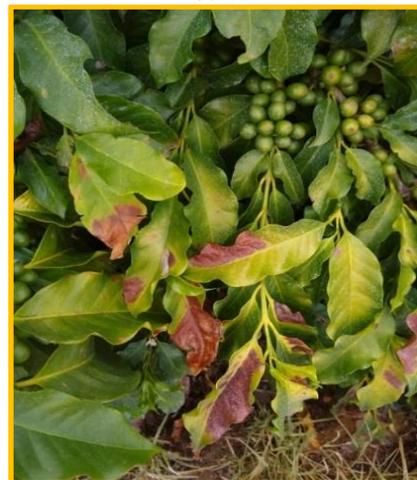
Estudo conduzido na estação experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) revela que, as partes da planta de café expostas ao sol sofrem danos na estrutura celular decorrentes do alto grau de degradação de clorofila, (MOUTINHO-PEREIRA *et al.*, 2009), simultaneamente à redução da taxa fotossintética, aumento das taxas de transpiração, respiração e fotorrespiração, que leva à fotoinibição (BICALHO *et al.*, 2005), visivelmente observadas através da manifestação de manchas cloróticas, comumente conhecidas como “queimaduras de sol” ou “escaldaduras.

Figura 2. Queimadura da folha por sol (escaldadura)



Fonte: Fotos do autor (2018).

Figura 3. Queimadura das folhas expostas ao sol.



Fonte: Fotos do autor (2019).

Estudos científicos ressaltam a sensibilidade da planta de café sob adversidade climática, especificamente, instabilidade no regime de chuva e temperatura do ar, assim, mais de 90% das lavouras de café, já instaladas, estariam comprometidas, se houver elevação de 6°C na atual temperatura média do ar (ASSAD; MAGALHÃES, 2014).

Existem tácitas evidências de que a mudança climática já começou, e também os impactos na produção de café, e em outras culturas-chave mundiais (LOBELL; SCHELENKER; COSTA-ROBERTS, 2011). Em 2014 o Estado de Minas Gerais, maior produtor de café do país e responsável por um quarto da produção total, vivenciou um período de seca severa, acompanhado de altas, motivando especuladores do comércio, a anteciparem as altas dos preços (COOKE, 2016).

O comportamento fisiológico e a produtividade de toda lavoura de *Coffea spp* dependem da fecundação das flores, do nascimento e enchimento dos grãos. No período da prefloração e também na fase inicial do grão de café (chumbinhos com tamanho entre 4,0 mm e 6,0 mm de comprimento) a presença de baixa umidade relativa do ar e, simultaneamente, temperaturas na faixa entre 20°C e 23°C provocam desidratação dos botões florais, conhecido como “abortamento floral” (flor estéril), e queda de “chumbinhos”, influenciando em perdas significativas de produtividade (Figura 4) (MATIELLO; FERREIRA, 2016).

Figura 4: Abortamento de flores causados por alta temperatura e baixa UR.



Fonte: PROCAFÉ (2017).

2.5 Práticas agrícolas para o aumento da produção de café arábica a pleno sol

A evolução temporal do ciclo técnico-científico da cafeicultura pode ser dividida em períodos. Segundo Frederico (2017), é possível identificar quatro períodos distintos: 1º) Primórdio da Cafeicultura e o Meio Natural caracterizado pela deficiência de instrumentação técnica e marcado por um sistema produtivo itinerante e predatório dos recursos naturais.

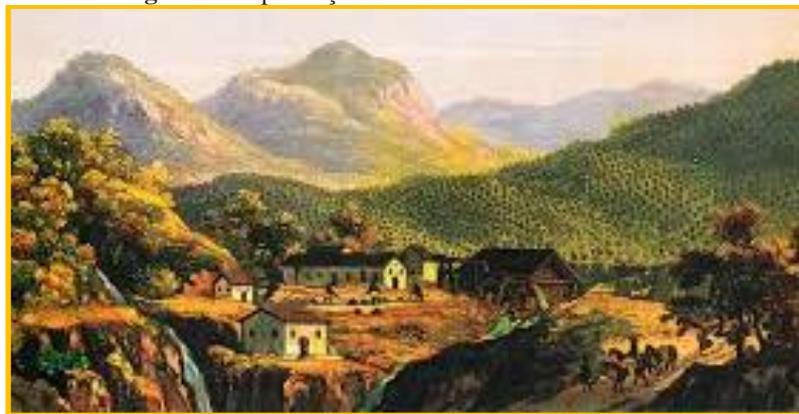
Figura 5. Desmatamento da mata da atlântica em 1760.



Fonte: Acervo Fundação Biblioteca Nacional (1825).

O período registra os primeiros grandes impactos ambientais, principalmente a degradação do solo de: Vale do Paraíba (fluminense e paulista), Zona da Mata Mineira e sul do Espírito Santo, onde à época se concentravam as lavouras (FREDERICO, 2017).

Figura 6. Implantação das lavouras de café em 1760.



Fonte: Acervo Fundação Biblioteca Nacional (1835).

2º) A mecanização da cafeicultura propiciou aprimoramento das práticas conservacionistas de preparação horizontal de solo tais como o terraceamento, construção de caixas secas e plantio em nível. Tais técnicas dão longevidade à biodiversidade do solo e são ações mitigadoras de perdas de terras agricultáveis por erosão, evitando assoreamento de rios. Graças a mecanização, houve melhora também nas técnicas de preparação vertical do solo, com objetivo de aumentar a fertilidade em busca de incremento de produção (GRIEBELER et al., 2005), movendo o cultivo do Oeste Paulista e do Norte do Paraná (FREDERICO, 2017) para o Cerrado de Minas Gerais.

Figura 7. Abrindo sulco de plantio com trator.



Fonte: Foto do autor (2018).

Figura 8. Colheitadeira de café e caçamba de transporte.



Fonte: COOXUPÉ (2019).

3º) Abordagem científica da cafeicultura e integração do meio técnico com o meio científico, surgimento da Revolução Verde⁴. É o período no qual a cafeicultura brasileira se expande para as regiões do sul de Minas Gerais e cerrado mineiro.

Figura 9. Pulverização de caulim via atomizador.

⁴ “A Revolução Verde é conceito que associa a adoção de insumos químicos como fertilizantes e agrotóxicos, conjunto conhecido como “Pacote Tecnológico”, adoção da mecanização para realizar operações como trator, roçadeira, colheitadeira, sulcador e adoção de melhoramento genético variedades melhoradas (SANTILI, 2009).



Fonte: Deivisson Pellegrino (2018).

4º) Período caracterizado como Cafeicultura Científica Globalizada e o Meio Técnico-científico-informacional, marcado pela adoção de tecnologia, informação e ciência (FREDERICO, 2017).

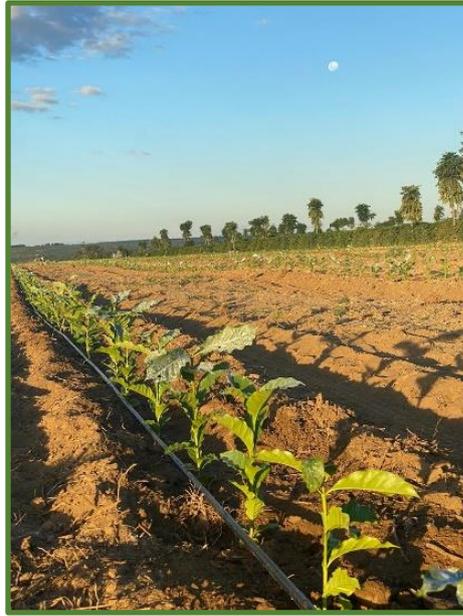
Figura 10: Medidor de taxa de fotossíntese.



Fonte: Foto do autor (2018).

A irrigação artificial na cafeicultura se consolida como uma técnica que aumenta a produção e mitiga riscos de perdas por déficit hídrico (SAKAI *et al.*, 2015). O sistema de irrigação permite a otimização de aplicação de fertilizantes, denominado de fertirrigação, e aumenta a produtividade do cafeeiro, mesmo com redução de dose de uso por ha (SILVEIRA *et al.*, 2015).

Figura 11. Café recém-plantado a pleno sol com irrigação por gotejamento.



Fonte: Fazenda Lajinha (2019).

O café cultivado a pleno sol com irrigação, aumentou a produtividade em 38%, comparado ao mesmo cultivo dependente exclusivamente do regime de chuva como fonte de água, se tornando um investimento economicamente viável, além do benefício de mitigar os riscos de déficit hídrico e proteção da rentabilidade ao cafeicultor (FERNANDES *et al.*, 2016).

Estas fases podem ser observadas na experiência do cultivo de café na região do Cerrado de Minas Gerais. A partir de 1969, após geadas intensas nas regiões tradicionalmente produtoras de café, o Instituto Brasileiro do Café (IBC) elaborou o Plano de Renovação e Revigoração de Cafezais (PRRC), com iniciativa do Instituto Brasileiro do Café (IBC) e o Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (GERCA), com recursos do Banco do Brasil (BB), subsidiado pelo governo federal, qual elegeu a região de Minas Gerais, no bioma cerrado, para priorizar um conjunto de incentivos (EPAMIG, 2011). Graças às instituições de pesquisa e extensão rural como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), variedades adaptadas foram desenvolvidas, ancoradas em sistemáticos estudos de viabilidade econômico (EMBRAPA, 2016).

Nas áreas planas, a mecanização revolucionou o sistema produtivo. O uso de tratores para produzir em contorno, ou curva de nível, permitiram o plantio em diferentes níveis do terreno evitando a degradação do solo por causa da erosão, ajudando na retenção de nutrientes e proteção das raízes cobertas pelo solo (SOUZA, 2018). A mecanização da colheita a partir da década de 70, possibilitou o cultivo intensivo a partir dos anos 90 (CRUZ NETO; MATIELLO,

1981). A implantação do sistema de irrigação no cerrado mineiro, foi um marco histórico da inovação tecnológica que assegura uniformidade do amadurecimento dos grãos e melhoria na taxa de pegamento das flores, conferindo melhor qualidade ao produto colhido (ORTEGA; JESUS, 2011).

Figura 12. Microrregião do cerrado mineiro ideal para produção de café.



Fonte: Fazenda Caixeta- Ally Coffe (2018).

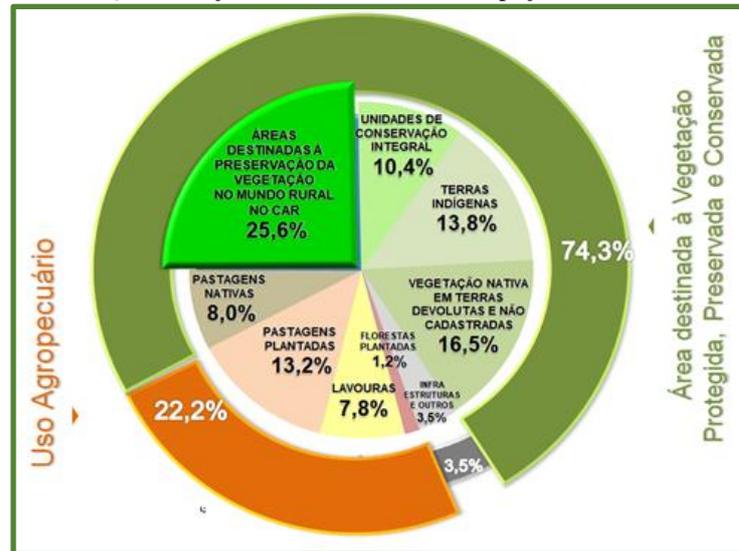
2.6 A sustentabilidade ambiental na cafeicultura brasileira

A preocupação com a ocupação do solo e os impactos ambientais das ações humanas podem ser observados nas conferências mundiais sobre o meio ambiente. Apresentado e aprovado na Assembleia Geral das Nações Unidas em 1983, o Relatório Brundtland explicitava as preocupações com as consequências da promoção do crescimento econômico. Nele, o desenvolvimento sustentável é definido como: “aquele desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem as suas próprias” (CMMAD, 1991, p. 9).

O Relatório sustentava a necessidade de repensar o desenvolvimento para que fosse capaz de promover o progresso humano, atual e futuro (GUERRA, 2010). Assim, o sistema produtivo, analisado pelas lentes da sustentabilidade ambiental, deveria dedicar esforços para aumentar a produção considerando outros aspectos importantes, como o bioma, a sanidade e longevidade das lavouras, a redução dos impactos da bienalidade e a redução dos impactos do esgotamento do solo (KHATOUNIAN, 2001).

O Brasil, quinto maior país do planeta, tem uma área total de 851,57 milhões de hectares, com uso e ocupação de diferentes formas, como demonstrado no Gráfico 4.

Gráfico 4. Quantificação territorial do uso e ocupação das terras no Brasil.



Fonte: EMBRAPA (2019, p. 20).

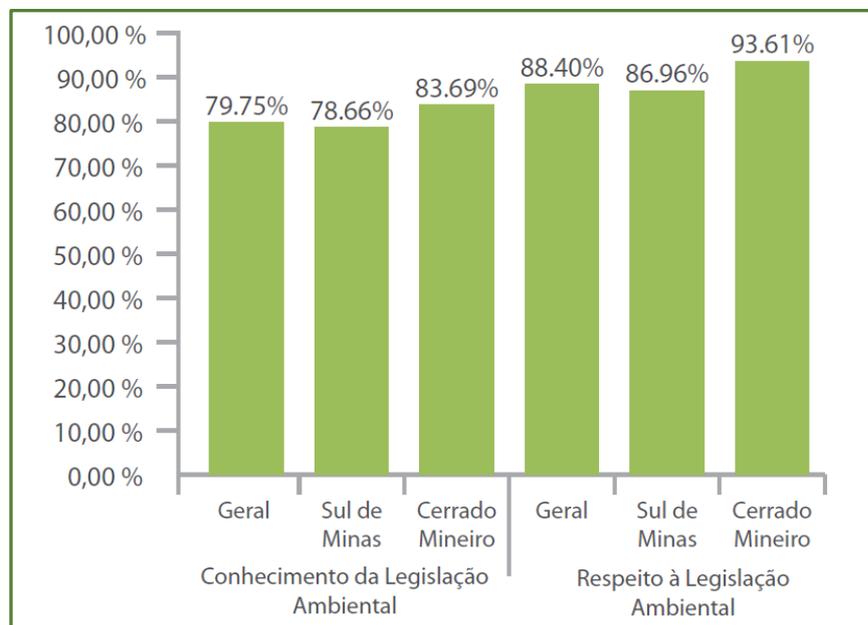
As atividades agropecuárias ocupam 255,47 milhões de hectares, dos quais 21,2% são para pastagens nativas e cultivadas, 1,2% são recobertos com florestas plantadas, e somente 7,8% são destinados aos variados cultivos. 562,03 milhões de hectares, ou seja, 66% de todo o território nacional, está ocupado por unidades de conservação integral, vegetação nativa intocável e terras indígenas, razão pela qual o Brasil é reconhecido como o país que mais preserva as áreas nativas, em comparação com outras nações (EMBRAPA, 2019).

Considerando o agronegócio do café e as principais regiões de produção, todas as propriedades rurais possuem, em média, uma porcentagem da área dedicada à preservação da vegetação nativa acima do mínimo estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro (CFB). Em Minas Gerais, o valor é de 34%; no Espírito Santo, 33%; São Paulo, 22%, e na Bahia, 45% das áreas dedicadas à preservação (EMBRAPA, 2019).

Em função da Lei nº 12.651/12, o Código Florestal Brasileiro (Lei n. 4.771/65) foi alterado incorporando algumas mudanças como o Programa de Regularização Ambiental, que tem o objetivo de imprimir celeridade na legalização dos produtores que estão em desconformidade com a lei, e os novos critérios sobre Reserva Legal (RL) e as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Se de um lado esses instrumentos são importantes “portões de segurança” para a preservação do meio ambiente, por outro limitam a expansão das atividades rural e agropecuária, podendo causar prejuízos aos produtores que, estando fora das novas exigências legais, deverão readequar o dimensionamento da área cultivada (DINIZ; FERREIRA FILHO, 2015).

A evolução do ordenamento jurídico brasileiro impulsionado pelas Conferências Internacionais sobre o Meio Ambiente no âmbito da Organização das Nações Unidas impõe, atualmente, ao cafeicultor uma postura mais racional e sustentável no cultivo do café (REZENDE; CAMPOS, 2017). Os resultados da pesquisa de diagnóstico do perfil socioeconômico dos cooperados, realizada com 647 cafeicultores dos 12 mil membros da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda (COOXUPE), demonstraram que somente 12,36 % tinham conhecimento do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de um Plano para uma Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) (Gráfico 5).

Gráfico 5: Conhecimento da Legislação Ambiental pelos cafeicultores.



Fonte: Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTDA (2017).

Todos os cafeicultores entrevistados declararam respeitar o Código Florestal Brasileiro (CFB) e conhecer o Plano ABC, programa governamental criado para incentivar a sustentabilidade, elaborado em consonância com o artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010 para promover o planejamento e organizar ações que viabilizem a adoção de tecnologias socioambientalmente sustentáveis de produção de café.

2.7 Análise da produção de café a pleno sol comparado com café sombreado

O plantio de café a pleno sol no Brasil tem seu início a partir da libertação dos escravos e redução de mão de obra a custo baixo. O grau de luminosidade é o principal fator responsável pela produção do cafeeiro pois afeta as gemas vegetativas e gemas florais, se tornando frutos.

O sistema fisiológico do cafeeiro não tem mecanismos protetores contra o excesso de frutos, assim, a luz em excesso resulta em produção excessiva (BERNARDES, 1987).

Figura 13: Café plantado em área desmatada.



Fonte: Deivisson Pelegrino, (2017).

Existem manejos que possibilitam mitigar as perdas de produtividade causadas pelas adversidades climáticas, especificamente o aumento da temperatura do ar e o excesso de radiação solar. Trata-se do sistema arborizado de sombreamento sob as copas das árvores nativas ou cultivadas, amplamente observado no cultivo da Costa Rica (OIC, 2017).

O cafeicultor brasileiro tem pouca tradição no cultivo de café em sistemas arborizados sombreado, porém, existem pesquisas dedicadas ao Sistema AgroFlorestal (SAF) que endossam a possibilidade, com sucesso, da prática em algumas regiões, as quais oferecem condições edafoclimáticas adequadas (MOURA *et al.*, 2018).

Em regiões tropicais, a utilização da arborização promove a redução da temperatura ambiente, impulsionando a melhora na floração e redução do índice de abortamento floral (DA MATTA *et al.*, 2007).

Figura 14: Café plantado em consórcio espécie florestal



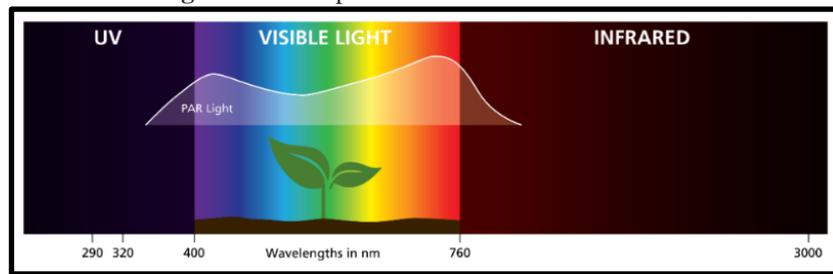
Fonte: Atlântica Agropecuária (2017).

Experimento conduzido no estado do Paraná, variedade IAC-33-TUPI, período 2001 a 2002, demonstrou que o déficit hídrico contínuo, combinado com elevação de 2°C na temperatura média do ar padrão da região, causava estresse térmico nas lavouras a pleno sol resultando em rendimento de 543,2 kg/ha menor do que o rendimento obtido nas parcelas protegidas pela arborização com guandu que foi de 679,2 kg/ha, a mais. Em síntese, o sistema de cultivo arborizado atenua a incidência da radiação solar, reduz a temperatura e conseqüentemente, melhora o desenvolvimento dos grãos, que se tornam maiores e mais pesados (CRUZ, 2003). Outra área experimental de cultivo de café Arábica variedade IPR-99, sob denso sombreamento com planta guandu, mostrou significativa redução na incidência da radiação solar sobre o cafezal, com redução das temperaturas máximas sobre as folhas e solo. Como resultado da maturação mais lenta, benefício da proteção do sombreamento, as plantas de café produziram grãos maiores e de melhor qualidade, entretanto, a produção foi menor (MORAIS, 2006).

O sombreamento decorrente do plantio de seringueira e coqueiro-anão, em consórcio com a lavoura de café, reduziu a temperatura média nos dias mais quentes, seja no outono como no verão, em até 3°C, e a temperatura mínima se elevou em 2°C (DA MATTA *et al.*, 2007).

Experimento de campo conduzido na Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso pela EPAMIG demonstrou que a implantação do sombreamento, utilizando espécies de plantas da família das leguminosas arbóreas, promoveu menor variação térmica do ar e assim o cafezal ficou protegido da incidência direta dos raios solares, promovendo bioma propício para o bom desempenho fisiológico e aumento da produtividade (BALIZA, 2013).

Figura 15: Comprimento de luz dos raios solares.



Fonte: NovaSource (2010).

O efeito da arborização oferece conforto térmico ao cafezal e traz efeitos benéficos sobre o solo porque promove uma mudança no microclima, influenciando os processos fisiológicos do cafeeiro. Torna-se então uma alternativa estratégica para as adversidades climáticas, principalmente a mudança nas temperaturas.

No cultivo do café, as adversidades climáticas causam impactos diretos, na redução da produtividade e indiretos, gerando instabilidade econômica principalmente nas comunidades rurais, que dependem para seu sustento das condições edafoclimáticas para o bom desempenho das lavouras. A mudança climática é eminente ameaça à integridade do sistema da cafeicultura de Minas Gerais a longo prazo (VIEIRA, 2007).

2.8 A contribuição do caulim para cultivos comerciais

O caulim é um mineral encontrado na natureza na forma de rocha, sendo constituído de silicato de alumínio hidratado, a composição química teórica é de 39,50% de óxido de alumínio, 46,54% de dióxido de silício e 13,96% de água (LUZ; DAMASCENO, 1994). A rocha caulim, *in natura* ou *crua*, traz em sua composição traços de metais não desejáveis, tais como o óxido de ferro vermelho (Fe_2O_3), que deve ser removido para que sejam obtidas altas qualidades de brilho branco, bem como o dióxido de titânio (TiO_2), o qual deve ser eliminado para garantir a segurança no manuseio e atender especificações industriais (HARBEN, 1995).

Em função do conjunto de características positivas, o caulim se tornou um mineral versátil, usado na indústria de cosméticos, tinta látex, catalisadores para refino de petróleo, cerâmica, na composição do creme dental, nas formulações de produtos medicinais, aditivo alimentar e insumo para proteção de cultivos agrícolas (LUZ; DAMASCENO, 1994; SCORZELLI *et al.*, 2008; KARISE *et al.*, 2016).

A utilização expressiva desse mineral se destina ao clareamento de papel pelas indústrias papeleiras (HARBEN, 1995).

Quimicamente inerte, o caulim ($\text{Al}_4 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_8$) tem textura macia, alta capacidade higroscópica e se apresenta com ampla faixa de pH. Esse mineral, comumente encontrado na coloração branca, não sofre dilatação, é não abrasivo e com baixas condutividades térmica e elétrica, por isso, é um insumo muito utilizado como pigmento, e como inerte para reforço de carga nas formulações de produtos (GLENN; PUTERKA, 2005).

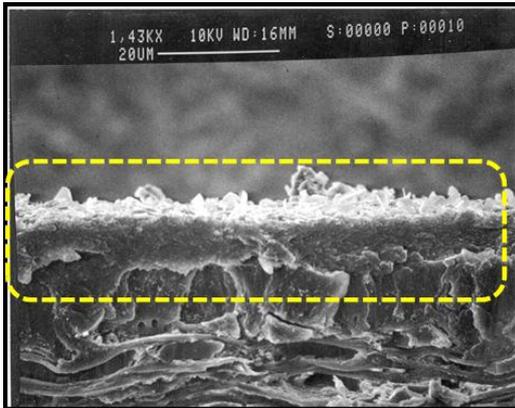
Insumo ecologicamente apropriado para o manejo de cultivos comerciais, o caulim na forma de pó de rocha processado e purificado se apresenta como um produto de baixo impacto ambiental, não tóxico ao meio ambiente e aos seres vivos.

Pulverizado sobre as plantas em mistura com água, após evaporação forma uma película microscópica de mineral aderida à superfície da planta, que a qual desempenha a função de redutor do estresse térmico, especificamente, naquelas partes do vegetal que estão expostas as radiações solares e altas temperaturas do ar, reduzindo queimaduras, contribuindo para o aumento de produção e da melhoria da qualidade das frutas (MPHANDE *et al.*, 2020; SHARMA; REDDY; DATTA, 2015; SMEDT; SOMEUS; SPANOGHE, 2015; GLENN; PUTERKA, 2005).

Publicações científicas comprovam a eficiência do caulim em vários cultivos, uma vez que o filme de partícula mineral que se forma com a sua pulverização nas plantas reflete a radiação solar, reduz o acúmulo de calor, reduz o estresse oxidativo, reduz a perda de água por transpiração, promovendo alívio do estresse abiótico, desdobrando-se em melhoria do funcionamento dos mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos da planta (BRITO *et al.*, 2019).

Tratando-se de cultivos agrícolas, a película de mineral caulim para ser eficaz, deve ter algumas características desejáveis como: 1) pH neutro (inerte); 2) Diâmetro menor que $2 \mu\text{m}$; 3) Formulado para proporcionar uniformidade de espalhamento afim de formar uma película uniforme 4) Suficientemente poroso para não interferir nas trocas gasosas das folhas; 5) Permitir a transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), exercendo, até um determinado grau, a função de agente refletor ou filtro da radiação ultravioleta (UV) e radiação infravermelho (IR) (GLENN; PUTERKA, 2005).

Figura 16. Película de caulim sobre a folha



Fonte: Tessenderlo Kerley (2005).

Figura 17. Desenho representativo de caulim sobre folha reflete excesso de raio solar.



Fonte: FUNDECITRUS (2017).

Uma alternativa de pó de caulim formulado como produto para fins agrícolas, técnico-cientificamente comprovada e disponível no mercado brasileiro é conhecido como ‘Surround® WP’, produto a base de caulim processado, purificado e formulado, com características apropriadas para fins agrícolas, que está sob proteção de patente em favor da empresa Tessenderlo Kerley Inc (EPA, 1998).

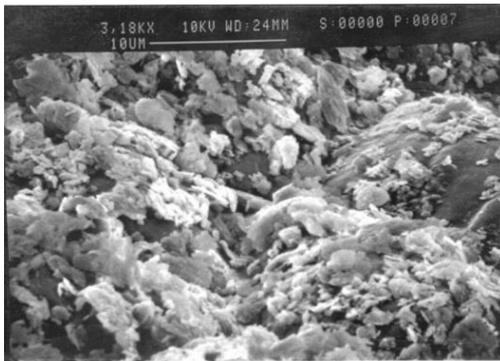
O caulim processado, purificado e formulado, é classificado como um insumo agrícola não perigoso, não inflamável, inodoro e isento de qualquer tipo de ingrediente quimicamente sintético, assim, em função desse conjunto de características está classificado no Brasil como insumo agrícola isento da obrigatoriedade de registro de uso comercialização e uso, tanto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como também pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Nacionais Renováveis (IBAMA), órgãos que regulam todos os tipos de insumos agrícolas no Brasil (CGAA, 2014).

Após a pulverização, o caulim forma um filme de partícula mineral sobre a superfície, a qual proporciona alívio do estresse abiótico, devido a redução da perda de água por transpiração, aumento da taxa de água na planta, melhoria da condutância estomatológica. Essas mudanças influenciam positivamente nos mecanismos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos da planta, promovendo como consequência, uma maior sanidade às folhas e frutos, além da redução de cloroses ou queimaduras, provocadas pelo estresse oxidativo (BRITO *et al.*, 2019).

Estudos de campo demonstram que as partes das plantas expostas a pleno sol protegidas após a pulverização de caulim, quando comparadas com plantas não recobertas, apresentaram uma redução média de 4°C, gerando maior conforto térmico (KHALED; HAGAN;

DAVENPORT, 1970). No mesmo estudo, os autores asseveram que, devido à formação da película de caulim sobre as folhas, observou-se também a redução de 25% na taxa de transpiração das plantas.

Figura 18. Película de caulim sobre a folha.



Fonte: Tessenderlo Kerley (2005).

Figura 19. Estômatos abertos. Trocas gasosas.



Fonte: Tessenderlo Kerley (2005).

Levantamento bibliográfico aponta que o mineral caulim processado e purificado quando adicionado ao manejo dos cultivos de plantas, na forma de insumo para uso agrícola, apresenta resultados benéficos. Em oliveiras foi comprovado o aumento da quantidade de óleo extraído a partir das azeitonas colhidas, bem como o aumento na estabilidade oxidativa, na vida útil do azeite de oliva e a redução da acidez livre (SAOUR, MAKEE, 2003; KHALEGHI *et al.*, 2015; NANOS, 2015).

Macieiras cultivadas na Nova Zelândia, recobertas com a película de caulim, apresentaram menor dano de escaldaduras causadas por radiação solar nas folhas devido à redução de 17% na temperatura da folha (WÜNSCHE; LOMBARDINI; GREER, 2004), similar aos resultados observados na África do Sul, também com árvores de macieira que receberam o pó de caulim, as quais sofreram menos perdas causadas por escaldadura originada da alta radiação (GINDABARA; WAND, 2007). Estudos conduzidos com árvores de macieiras no Chile registraram que, o caulim pulverizado três semanas antes da colheita, reduziu em 1,5°C a temperatura na superfície das frutas, promoveu o aumento em 70,1% da taxa de assimilação fotossintética de carbono e o incremento de 61,3% na taxa de condutância estomática, desdobrando-se em um aumento de 16% na produtividade (GLENN *et al.*, 2001).

Árvores de macieiras da variedade ‘Galaxy’ cultivadas na Estação de Pesquisa de Frutas da Universidade de Kahramanmaras Sutcu Imam, Turquia, que receberam três pulverizações de caulim aumentaram a qualidade dos frutos e, mesmo pós-colheita foi comprovada a redução

da perda de peso dos frutos, dos sólidos solúveis -SS e também do grau de acidez titulável -AT (ERGUN, 2012).

No cultivo de videiras destinadas à produção de vinhos, a película protetiva de mineral caulim aumentou as concentrações de fenólicos nos bagos, além de promover o aumento dos compostos antocianinas, ascorbate, e a capacidade antioxidante (SHELLIE; KING, 2013; CONDE *et al.*, 2016; DINIS *et al.*, 2016). Como benefício adicional, os vinhos produzidos estavam visualmente mais atraentes e melhor apreciados quando comparado com vinhos produzidos em plantas isentas da adição do caulim no manejo de produção (BRILHANTE, 2016).

Em romãs, cultivadas na Índia a pleno sol, em escala comercial, foi comprovada a redução de 47% no índice de escaldadura da casca e das folhas causadas pela radiação solar, pois estavam recobertas com a película do mineral caulim. Uma vez isentas de manchas na casca, as frutas apresentaram melhor qualidade que o padrão usualmente comercializado (SHARMA, DATTA, VARGHESE, 2018). Resultados consistentes são observados também em plantações de romãs na Turquia (YAZICI; KAYNAK, 2006).

Hortaliças, como o pimentão, cultivadas a pleno sol e que receberam o pó de caulim foram menos prejudicados por perdas através de queimaduras de sol (CREAMER *et al.*, 2005). Em cultivo comercial de tomate no Egito foi observada a redução na temperatura sobre as folhas em 1,1°C. Com a redução significativa dos sintomas de escaldadura na fruta do tomate exposto a pleno sol, diminuíram as perdas de qualidade nos produtos comercializados (ABDALLAH, 2019).

Figura 20. Diferença da coloração do tomate industrial no dia da colheita



Fonte: IPÊ Agrícola (2019).

Outro estudo realizado na Itália comprovou que o fruto de tomate com casca isenta de manchas de queimaduras de sol foi classificado como ‘tomate de qualidade superior’, fator de

agregação de valor comercial, o que resultou na geração de lucro adicional de até 900 € a mais por hectare cultivado (BOARI *et al.*, 2014).

Benefício adicional promovido pelo pó de caulim, na forma de película sobre a planta, é a ação de repelência à mosca-das-frutas (*Rhagoletis pomonella*), inseto causador de danos à qualidade dos frutos, pois na fase larval, raspa e fura a superfície dos frutos de maçã, tornando-os de baixo valor comercial (LESKEY *et al.*, 2010).

Foi também demonstrada a eficiência como agente repelente à cigarra, inseto transmissor da bactéria *Xylella fastidiosa*, responsável por provocar uma doença letal em pomares de laranja, manga, tangerinas, limão, maçã e uva (JOUBERT *et al.*, 2004; PUTERKA *et al.*, 2003).

Na Itália, em lavoura de girassol *Helianthus annuus*, comprovou-se a eficiência do filme de partículas de caulim processado e purificado como agente repelente de insetos não desejáveis (SALERNO; REBORA; KVALEV; GORB, 2020).

Na Índia, o produto reduziu em 50,3% a incidência da broca da fruta, e em menos 40,2% o aparecimento da doença denominada “crestamento bacteriano” nos cultivos de romãzeiras *Punica granatum* (SHARMA, DATTA, VARGHESE, 2018).

Além destes benefícios já mencionados, estudos recentes conduzidos no Brasil comprovam que a pulverização do caulim sobre plantas de laranjeiras, contribui para a repelência da praga chamada psilídeos *Diaphorina citri*, em até 80% (FRANCO; FUKUDA, 2018). Essa praga, temível pelos citricultores, age como vetor da transmissão das bactérias que causam o *greening* (*Huanglongbing/HLB*), uma das doenças mais destrutivas, com poder de dizimar pomares de citros, em todas as idades, no Brasil e no mundo.

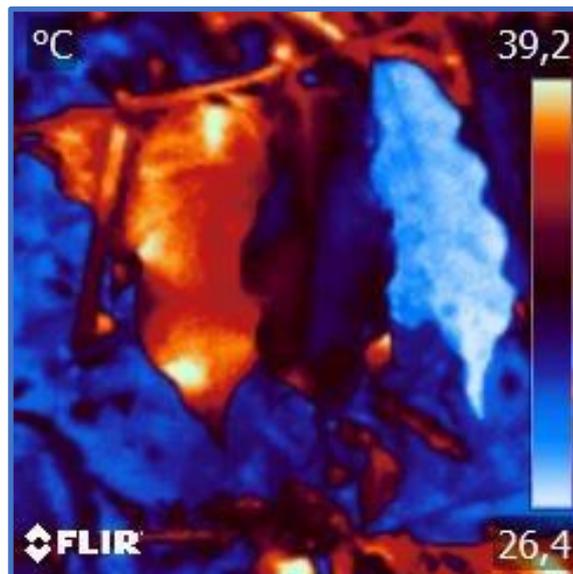
Considerando o cultivo de café, um besouro denominado Broca do café (*Hypothenemus hampei*), é apontado como o inseto mais indesejável, devido a sua alta capacidade de danificar os grãos, depreciando-os a ponto de torná-los inviáveis comercialmente. Observou-se que o caulim processado e purificado é agente repelente contra a presença da Broca do café, cuja taxa de presença se manteve inferior a 2% ao longo do período de frutificação. Associado ao inseticida biológico Mycotrol®ESO, demonstrou efeito de repelência também contra presença de afídeos, tripses e mosca-branca (KAWABATA, NAKAMOTO, CURTISS, 2015; REIS *et al.*, 2010).

2.9 A eficiência do uso de caulim purificado no manejo de lavouras de café no Brasil

A fotossíntese é um processo de reações químicas complexas, que depende tanto da luz

como da temperatura para a sua realização (FERNANDES, 2011). Somente a partir dos anos 70, o processo de fotossíntese foi elucidado, desvendando os mecanismos e princípios físicos que fundamentam o armazenamento de energia fotossintética, funcionalidade e estrutura do aparelho fotossintético (TAIZ; ZAIGER, 2017). Pesquisas realizadas entre a década de 50 e 70, comprovam que as plantas de cafeeiro são altamente sensíveis e a partir de 25°C, as células vão se tornando ineficientes até a total paralização do processo a partir de 34°C (NUNES; BIERHUIZEN; PLOEGMAN, 1968). Estudos de campo revelam que as partes das plantas expostas a pleno sol recobertas com caulim tiveram redução de 4°C na temperatura quando comparado com plantas expostas ao sol desprovidos de caulim. No mesmo estudo, os autores relatam que o caulim auxiliou também na redução de 25% na taxa de transpiração das plantas (KHALED; HAGAN; DAVENPORT, 1970).

Figura 21. Folha de café exposta ao sol temperatura 39°C e com caulim 26°C.



Fonte: Cesar Khrolling (2017).

Lavouras comerciais de café cultivadas a pleno sol, que receberam pulverização do caulim processado, avaliadas sob condições climáticas desfavoráveis, se mostraram mais produtivas comparadas com plantas desprovidas de proteção em função do conforto térmico da planta (ABREU *et al.*, 2020; GLENN *et al.*, 2001). Cafeeiros expostos a temperaturas acima de 23°C, sem sombreamento florestal, tendem a apresentar maior índice de abortamento de flores, induzindo a planta a produzir mais folhas e menos grãos (CAMARGO, 2010).

Figura 22: Momento da pulverização de caulim

Figura 23: Grãos de café protegidos com caulim

processado e purificado: Pré-florada



Fonte: SANTINATO, 2017. Estação experimental de café de Carmo do Rio Paranaíba/MG

Resultados de pesquisas de campo apontaram que lavouras de café, protegidas com esse caulim processado produziram mais frutos de café perfeitos, com maior tamanho, resultando em incremento da produtividade (ABREU *et al.*, 2016; SANTINATO *et al.*, 2017).

Figura 24: Sem proteção.
Planta com poucas folhas.
Ramos com poucos grãos.



Fonte: Cesar Khrolling (2019).

Figura 25: Com caulim (Surround®) .
Planta mais vigoroso e mais folhas.
Ramos com bastante grãos.



Fonte: Cesar Khrolling (2019).

Figura 26: Comparação das lavouras de café sem caulim e com caulim



Fonte: Cesar Khrolling (2017).

Pesquisa de avaliação do efeito de caulim processado, purificado e formulado sobre a qualidade sensorial da bebida de café, conduzida na variedade Catuaí Vermelho IAC-44, demonstrou que, a plantação desprovida de caulim registrou 71,66 pontos, comparado com 77,13 pontos obtidos na área onde o caulim foi pulverizado sobre as plantas, resultando em uma melhora de 9,2%. O maior benefício do aumento da nota sensorial foi que o preço de venda do lote de café foi 15,5% maior que o preço da saca de 60kg do padrão colhido pelo agricultor (ABREU; KROHLLING; RODA; CAMPOSTRINI, 2017)

Tabela 2. Tabela de prêmio pago de acordo com a pontuação sensorial da bebida.

ABIC		SCAA	Prêmio (%)
PQC - ABIC	Catção		
Gourmet	< 10	85-100	25
Gourmet	< 10	80-84	20
Gourmet	< 10	73-79	15
Superior	< 10	65-72	10

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de Café (2010).

Outro estudo científico comprovou o aumento de 28,4% na qualidade dos grãos e que cada kg de grão de café seco em côco, com proteção de caulim, rendeu 0,635 kg comparado

com 0,594 kg da área colhida sem caulim (ABREU *et al.*, 2017a). As plantas de café protegidas com Surround® WP produziram 94 sacas de 60 kg por hectare, contra as 91 sacas das plantas sem proteção (ABREU *et al.*, 2017a).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esse trabalho caracteriza-se como uma pesquisa descritiva, a qual contempla a observação dos fatos registrados e analisados sem qualquer forma de manipulação do pesquisador (PRODANOV, FREITAS, 2013). É também uma pesquisa exploratória, tendo em vista que o objetivo dessa pesquisa é proporcionar mais informações sobre o tema da investigação (PRODANOV, FREITAS, 2013; GIL, 2008).

Quanto ao procedimento técnico de coleta dos dados, classifica-se como uma pesquisa bibliográfica e de campo (LAKATOS; MARCONI, 2003; GIL, 2008). Através da primeira etapa, a realização da pesquisa bibliográfica permite identificar um conjunto de estudos publicamente disponíveis, abordando o tema do uso do mineral caulim, desempenhando a função de agente refletivo e filtrantes do excesso de radiação solar, sendo classificado como protetor de plantas destinado à agricultura comercial, com ênfase na produção de café. Em uma segunda etapa, a pesquisa de campo, realizada através de entrevistas individuais, permite a coleta de informações para à pergunta (ou hipótese) dessa dissertação.

A pesquisa é dividida em duas etapas distintas, assim descritas:

1ª etapa da pesquisa: Realização de revisão bibliográfica, utilizando o mecanismo de busca do sistema de bibliotecas eletrônicas de: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária centro café (EMBRAPA), Scielo, *Science Direct*, *Agricultural Research Service-ARS* do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, Sociedade Brasileira Indústria do Café (SBIC), Biblioteca do Café e publicações do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, período de 2016 a 2020, coordenado pela Fundação Procafé. Originalmente, o fórum científico do café foi idealizado pelo Instituto Brasileiro do Café (IBC), uma autarquia do governo federal, criada por meio da Lei nº 1.779, de 22 de dezembro de 1952, substituindo a então Divisão de Economia Cafeeira (DEC) de 1946, vinculada ao Ministério da Indústria e do Comércio (MDIC), com jurisdição em todo o território nacional (EMBRAPA, 2019). No final da década de 50, o IBC já havia perdido suas funções reguladoras, em função da ocorrência de superprodução e rebaixamento da qualidade do café, ao mesmo tempo emergiam outras culturas comercialmente

mais lucrativas, como o algodão e soja (FGV, 2009). Por meio do Decreto nº 99.240, publicado no Diário Oficial da União no dia 8 do mês de maio do ano de 1990, o então presidente da República Fernando Collor de Mello, extinguiu o IBC como instituição, com objetivo de reformular o órgão estatal (FGV, 2009). Como meio de preservar e manter ativo o patrimônio tecnológico, o banco genético, os laboratórios, as fazendas experimentais, e ainda, parte da estrutura de profissionais especializados na promoção de pesquisa e difusão de tecnologia cafeeira, corpo técnico e conhecimento desenvolvido pelo IBC ao longo de mais de três décadas, foi criada, em 2001, a Fundação Procafé, entidade responsável por organizar, promover e realizar anualmente o tradicional Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira (PROCAFÉ, 2010).

2ª etapa da pesquisa: Na fase da pesquisa de campo foram realizadas dezesseis entrevistas individuais, entre o universo conhecido de sessenta e cinco cafeicultores, que cultivam o café arábica (*Coffea arabica L.*), a pleno sol, no bioma do Cerrado de Minas Gerais, e que pulverizam o mineral caulim durante o manejo de produção das lavouras, há pelo menos duas safras consecutivas, como uma alternativa sustentável para a proteção das plantas contra excesso de radiação solar e altas temperaturas, como uma alternativa inovadora e acessível em substituição ao sombreamento do café pelo dossel de árvores nativas.

3.1 Tipo da amostra

A amostra é intencional, também conhecida como “amostra de julgamento”, e faz parte do grupo de amostragem não probabilísticas. Trata-se de um tipo de amostra que demanda maior participação e envolvimento do pesquisador na escolha dos elementos da população que compõem a amostra (FLICK, 2009). A escolha desse tipo de amostragem está fundamentada no fato que o mineral caulim usado no manejo da lavoura do café a pleno sol, objeto dessa pesquisa, foi recém introduzido no mercado brasileiro (EMBRAPA, 2016). Portanto, o número de agricultores-usuários do caulim, frente ao universo de cafeicultores existentes no Brasil, é limitado (RODA *et al.*, 2020).

3.2 Caracterização dos elementos da amostra

As dezesseis propriedades rurais que compõem a amostra estão localizadas a uma altitude entre 900m e 1.150m acima do nível do mar, ideal para o cultivo de café, dentro do Bioma

Cerrado do Estado de Minas Gerais, considerado o segundo maior bioma tanto da América do Sul como do Brasil (EPAMIG, 2011).

As entrevistas foram realizadas nos meses de outubro e novembro de 2021, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da PUC-Campinas (Parecer nº 4.992.909 emitido em 23 de setembro de 2021).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A realização da segunda etapa da pesquisa, classificada como “pesquisa de campo”, foi desenvolvida por meio da aplicação de um questionário estruturado, disponível no Apêndice 1. Foram realizadas entrevistas individuais com dezesseis produtores de café, sendo dois deles mulheres influenciadoras em suas comunidades, selecionados a partir de um universo conhecido de sessenta e cinco cafeicultores que cultivam o café arábica (*Coffea arabica L.*) a pleno sol, irrigados e não irrigados, no bioma do Cerrado de Minas Gerais, a mais de duas décadas.

Ao serem questionados sobre conceito de sustentabilidade, receberam cinco opções de respostas, apresentadas com linguagem simples e de relativa facilidade de interpretação do texto.

O resultado encontrado é que 94% assinalaram a opção que declara: “Sustentabilidade é o uso dos recursos naturais, como solo e água dos rios, o suficiente para produzir café e pensando em deixar para meus descendentes” e apenas um, dos dezesseis entrevistados, escolheu a opção que afirma “Sustentabilidade é o uso dos recursos naturais, como solo e água dos rios o quanto seja preciso, para aumentar a produção de café, mesmo que seja de forma muito intensa”.

Pode-se afirmar que a maioria absoluta dos agricultores entrevistados, de fato, tem consciência de que são responsáveis pela manutenção da longevidade ativa do bioma Cerrado, onde exercem papel de protagonistas para a preservação do meio ambiente e que, graças à mãe-terra, extraem há mais de duas décadas o sustento para suas famílias, contribuindo com o tecido social dos municípios onde cultivam o café, por meio da geração de emprego digno, redução da fome e da desigualdade. A pesquisa revela que todos os entrevistados se sentem responsáveis pela preservação ambiental do planeta, por isso implementam práticas de manejo de produção de café, que de alguma forma, corroboram ativamente com tal compromisso. Dos entrevistados, 81,2% mencionam que incorporam no solo, resíduos das lavouras cultivadas e/ou excrementos

de animais como esterco de galinha e de bovinos, buscando substituir, plenamente ou pelo menos reduzir ao máximo, o uso de fertilizantes químicos no solo para o cultivo do café. Ainda, 68% revelam que escolhem e pulverizam produtos de origem biológica ou natural, ambientalmente seguros, menos poluentes, toxicologicamente menos agressivos aos seres humanos, para proteção de suas lavouras contra o ataque de insetos indesejáveis (insetos-pragas) e doenças de origem fúngicas e/ou bacterianas, causadores de severos prejuízos econômicos, em substituição aos agrotóxicos químicos convencionais. No Quadro 1 encontra-se a transcrição das respostas dos entrevistados.

Quadro 1. Práticas de sustentabilidade ambiental adotadas pelos entrevistados.

Entrevistado	Práticas de Proteção a Planeta
1	Palha café substitui adubo químico
2	Uso de resíduos (palha de café). Controle integrado de pragas e doenças.
3	"...tomo cuidado no momento da dosagem dos produtos nos tanques (de pulverização) para evitar a contaminação das águas".
4	"...procuro sempre usar produtos biológicos".
5	utilização de esterco de galinha
6	"... Uso produto biológico.."
7	Devolução da palha de café colhido que sobra para a lavoura como adubação
8	"...reutilizo palha de café na lavoura (fertilizante). Não uso herbicida, apenas roçadeira".
9	reutilização dos resíduos de café para fazer fertilizante
10	Utilização da palha de café
11	"...utilizo esterco nas lavouras como adubo".
12	Uso de produtos biológico
13	Uso restos de cultura (café) para fazer adubo
14	Uso de restos culturais (café e outras lavouras).
15	Busca por alternativas menos toxicas para o meio ambiente.
16	Uso de resíduo e desejos de animais (urina e esterco raspado de curral) como fertilizante

Fonte: Elaboração própria

Pelos resultados da pesquisa se deduz que os produtores de café entrevistados associam o conceito de sustentabilidade com o cumprimento Lei Federal 9.974/2000, regulamentada pelo Decreto 4.074/2002, que, dentre outras obrigatoriedades dispostas, define os princípios de destino e manuseio ambientalmente corretos das embalagens vazias de agrotóxicos, sendo uma atividade dos elos da cadeia produtiva e cuja responsabilidade deve ser compartilhada entre todos os agentes da produção agrícola, incluindo os agricultores

e poder público. Todos os cafeicultores entrevistados mencionaram ao longo das entrevistas de estar cientes da importância do descarte e da destinação ambientalmente corretos das embalagens vazias de agrotóxicos utilizados anualmente em suas lavouras de café. Somente 25% deles fizeram questão de registrar na resposta que seguem rigorosamente as recomendações do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV)⁵, considerando essa prática direta de colaboração para a preservação ambiental. Então, pode-se deduzir que, todos os agricultores envolvidos nessa pesquisa contribuem com o sistema de produção de café sustentável, uma vez que são agentes-ativos da logística reversa, cujo foco está na reciclagem das embalagens vazias, rótulos e bulas, tornando-os inertes e inofensivos ao meio ambiente, ao serem transformados em matéria prima para a retroalimentação da cadeia produtiva (COMETTI, 2009).

Figura 27. Ciclo do sistema de logística reversa das embalagens de agrotóxicos



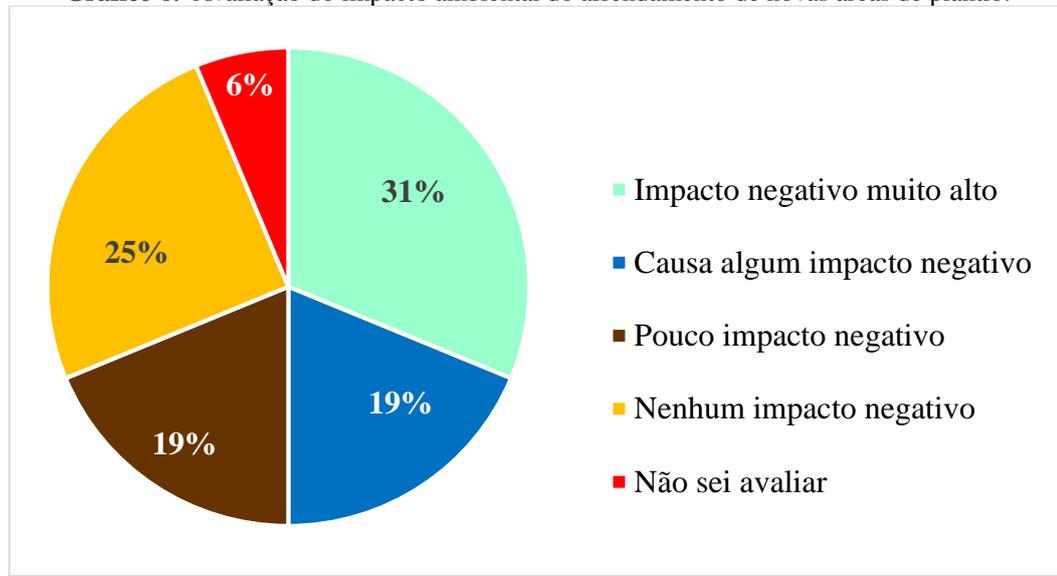
Fonte: InPev (2020, p. 15).

Continuando a indagação sobre as práticas adotadas e seus impactos ambientais, 69% dos cafeicultores entrevistados reconhecem que, aumentar a produção através da expansão de área causa algum impacto ao meio ambiente, sendo que 31% admitem que há impactos negativos muito elevados (Gráfico 6).

⁵ INPEV - órgão sem fins lucrativos, fundado em 2011 pelos fabricantes de defensivos agrícolas do Brasil, com o objetivo de promover a correta destinação das embalagens vazias de seus produtos e implantação da logística reversa.

Somente 25% avalia não existir nenhum impacto ambiental quando, para aumentar a produção de café, são ocupadas novas áreas de plantio através da modalidade de arrendamento. Importante salientar que 6% não souberam responder.

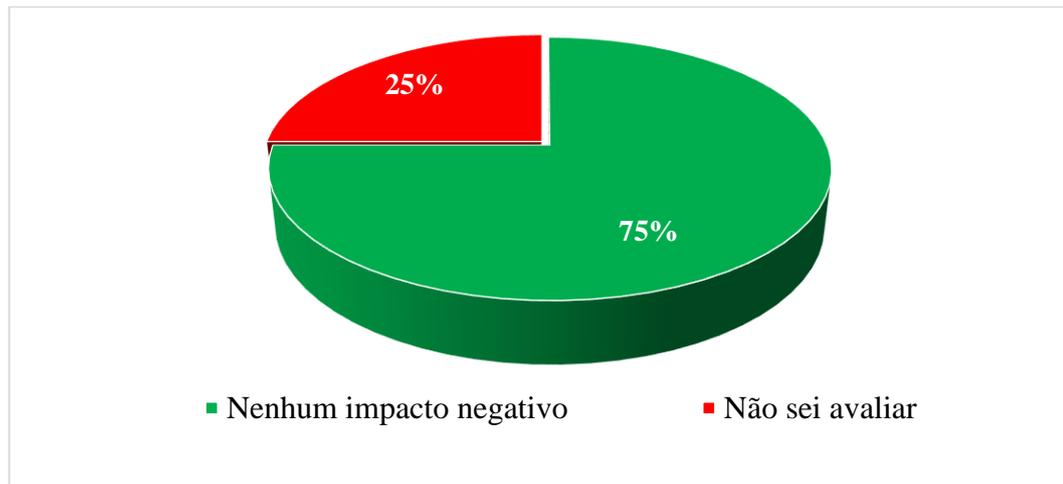
Gráfico 6. Avaliação do impacto ambiental do arrendamento de novas áreas de plantio.



Fonte: Elaboração própria.

Quando perguntados sobre a possibilidade de aumentar a produção de café por meio de investimento adicional do uso de caulim processado, purificado e formulado no manejo das lavouras já instaladas, mantendo a mesma área, 75% dos cafeicultores reconhecem que esta prática não tem nenhum impacto no meio ambiente (Gráfico 7). O restante 25% não soube avaliar. É necessário ressaltar que todos os entrevistados incluíram, a mais de duas safras, o mineral caulim processado, purificado e formulado no manejo de suas lavouras, como insumo para mitigar os efeitos das altas temperaturas em substituição ao sombreamento do café pelo dossel de árvores nativas.

Gráfico 7. Avaliação do impacto ambiental do uso de caulim para promover o aumento da produção de café, sem aumento de área plantada.



Fonte: Elaboração própria.

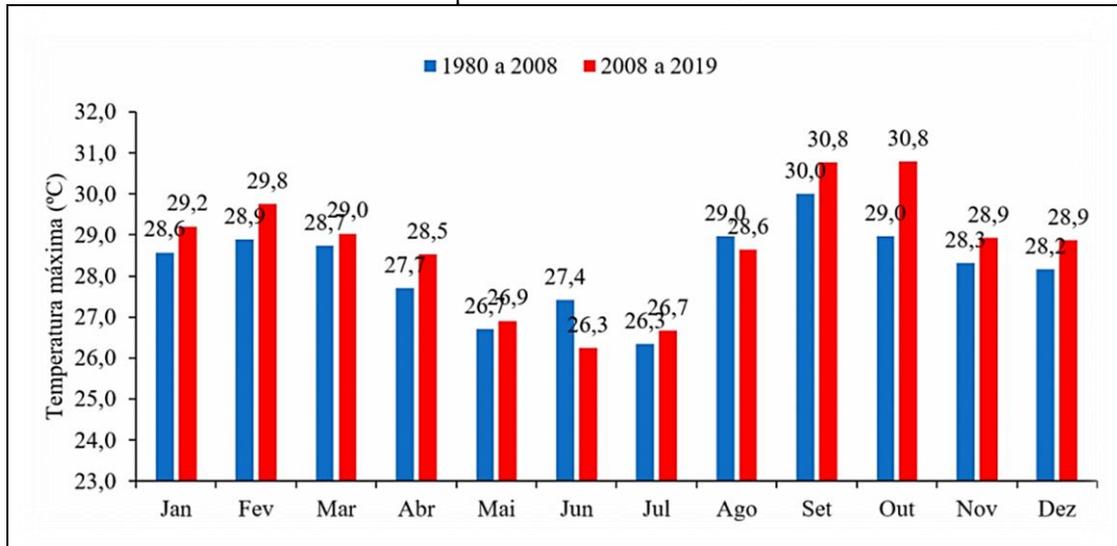
No capítulo da fundamentação teórica dessa dissertação foi discutido o tema das mudanças climáticas que estão em curso, cujos impactos estão quantificados no relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC): aumento da frequência e da intensidade de eventos ambientais extremos como período de secas prolongadas, ondas de calor, tempestades e furacões, notadamente “... entre o período de 1850-1900 e as duas primeiras décadas do século XXI aumento de 0,99°C (IPCC, 2021, p. 4).

A totalidade dos entrevistados declarou ter observado alguma mudança no clima tais como na temperatura, no regime de chuva e ou na intensidade dos raios solares, em sua propriedade desde quando começou a plantar café.

Visando conhecer como os agricultores estão avaliando os impactos das mudanças climáticas nas lavouras de café e quais decisões estão sendo tomadas, foi inicialmente perguntado quais são as mudanças que estão ocorrendo nas áreas de cultivo de café. A mudança da temperatura foi assinalada por 75% dos entrevistados e 25% ressaltam a redução na frequência e no volume de chuvas. Vale mencionar que um dos entrevistados afirma “... nasci na fazenda..” e que nos últimos 10 anos diminuiu volume de chuva e a temperatura aumentou de 3°C a 5°C”. Dois dos entrevistados reconhecem que, “as chuvas estão mais irregulares e as ondas de calor mais frequentes”.

Estas respostas e declarações, coerentes com o aumento da temperatura citado no relatório do IPCC (2021), são sustentadas pelas médias registradas na região. O Gráfico 8 sintetiza a evolução da temperatura média em um dos municípios da região cafeeira de Minas Gerais. Nele observa-se que a temperatura atmosférica média permaneceu continuamente acima do ideal fisiológico para a planta, de 24°C.

Gráfico 8. Temperatura atmosférica média registradas por mês, nos períodos 1980-2008 e 2008-2019 no município de Patos de Minas/ MG

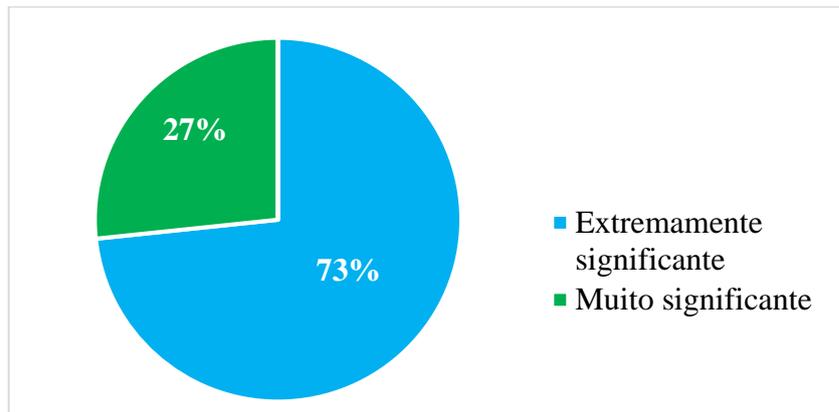


Fonte: Santinato, Santinato e Gonçalves (2020).

No capítulo dois dessa dissertação há o relato de estudos científicos que demonstraram que melhorias genéticas trouxeram algumas variedades de café arábica mais resistentes a temperaturas mais elevadas, fato que assegura o cultivo comercialmente viável nas regiões de bioma do cerrado de Minas Gerais. Porém o resultado da revisão bibliográfica destaca o fato de que a elevação das temperaturas médias acima de $0,5^{\circ}\text{C}$ na maioria dos meses do ano dispara um alerta importante, principalmente nos meses de fevereiro, com aumento de $0,9^{\circ}\text{C}$ justamente no período de florescência da planta, e no mês de outubro, com um aumento de $1,8^{\circ}\text{C}$ acima da média histórica.

A importância do aumento da temperatura atmosférica na produtividade das lavouras é reconhecida pelos entrevistados (Gráfico 9). Todos os entrevistados reconhecem que, temperaturas acima de 30°C causam impactos significantes na redução de produtividade, medida em sacas de 60kg de café colhido.

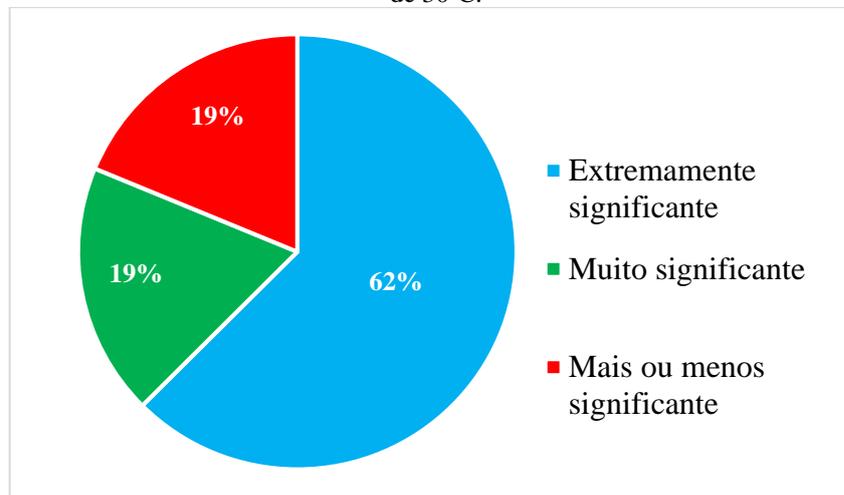
Gráfico 9. Avaliação do impacto da temperatura atmosférica acima de 30°C na produtividade do café colhido (sacas de 60 kg).



Fonte: Elaboração própria.

Além da redução da produtividade descrita no Gráfico 9, ainda mais preocupante é a redução da qualidade dos grãos de café colhidos nas safras em que as temperaturas médias registradas são iguais ou maiores que 30°C na fase de “enchimento dos grãos” e maturação. Todos os cafeicultores entrevistados reconhecem esta perda de qualidade e 81% a reputa muito ou extremamente importante (Gráfico 10). Como descrito no item 2.9, na Tabela 2 desta dissertação, o preço de venda da saca de café está vinculado à sua qualidade.

Gráfico 10. Avaliação da redução da qualidade dos grãos de café colhidos com temperatura atmosférica acima de 30°C.

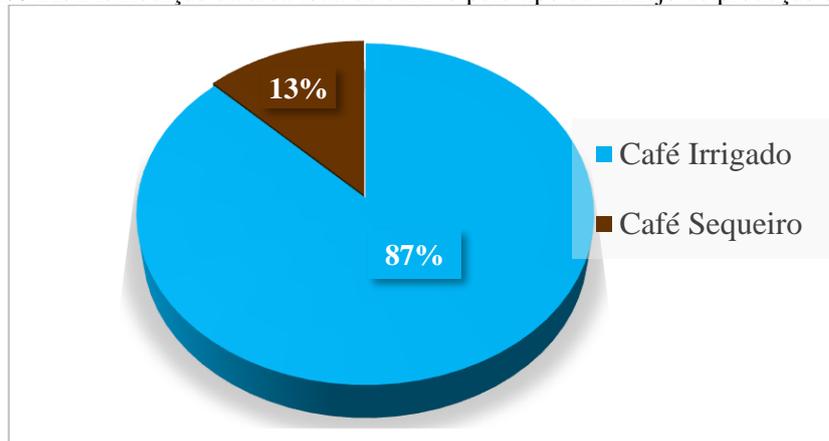


Fonte: Elaboração própria.

Concomitantemente a essa mudança climática, se observa a alteração na regularidade e no volume de chuvas (FERNANDES, 2016). Através da revisão da literatura foi possível observar que a adoção de métodos e irrigação artificial auxilia na redução dos impactos causados pelo aumento da temperatura, não obstante o custo elevado de implementação, além da dependência de ter fonte regular e suficiente de abastecimento de água (GONÇALVES, 2020). O Gráfico 11 resume a importância que os cafeicultores entrevistados atribuem ao

sistema de irrigação como instrumento para aumentar a produção e mitigar a variabilidade das chuvas, haja vista que na maioria absoluta, 87%, adota o modelo de gotejamento, e assim, contar com algum grau de garantia da longevidade das lavouras.

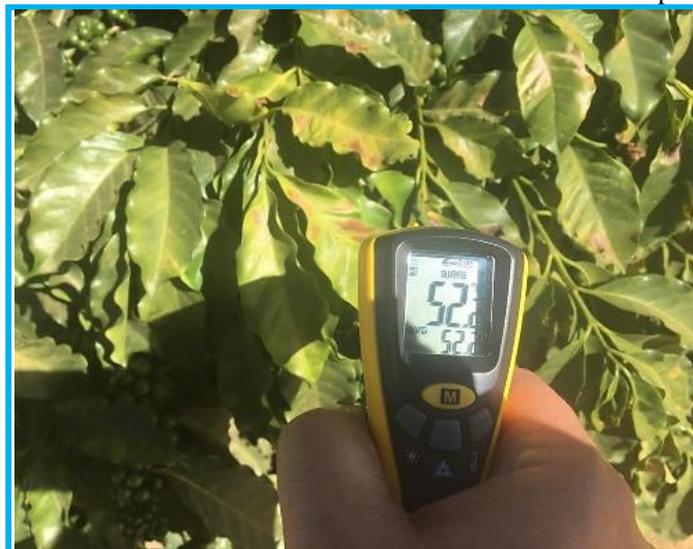
Gráfico 11. Distribuição da área total de cultivo pelo tipo de manejo de produção do café.



Fonte: Elaboração própria.

A relevância do impacto do aumento da temperatura no desenvolvimento fisiológico do café, reconhecida pelos entrevistados, corrobora as evidências encontradas na revisão da literatura de que, em dias quentes com sol, principalmente no verão, quando há incidência dos raios solares diretamente sobre a superfície das folhas e grãos de café, é muito frequente o aparecimento de escaldaduras (MESQUITA *et al.*, 2016).

Figura 28. Folhas de café com sintomas de escaldadura causada pelo sol.

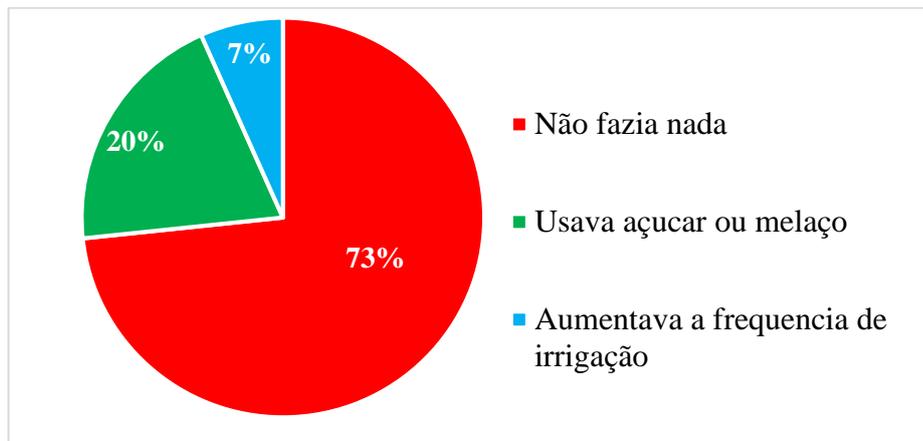


Fonte: Flavio Torres (2021)

A maioria dos cafeicultores (73%) relataram que, antes de conhecer a opção do uso de caulim processado, nada faziam para proteger a lavoura do excesso de radiação solar e altas temperaturas (Gráfico 12).

Somente 27% deles faziam algum tipo de ação visando amenizar os impactos negativos causados pelas altas temperaturas, sendo que 20% afirmaram que utilizavam açúcar ou melaço, de forma empírica, e 7% aumentavam a frequência de irrigação (Gráfico 12).

Gráfico 12. Ações de manejo de produção para reduzir os impactos das altas temperaturas atmosféricas.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 29. Grãos de café bourbon amarelo queimados pelas altas temperaturas.



Fonte: Flavio Torres (2020).

Figura 30. Grãos de café catuaí queimados pelas altas temperaturas.



Fonte: Flavio Torres (2021).

Figura 31. Grãos de café bourbon amarelo saudios, com proteção de caulim.



Fonte: Flavio Torres (2020).

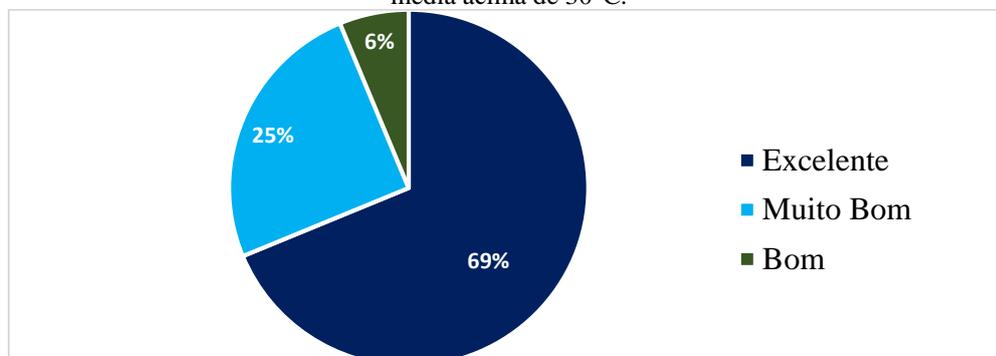
Figura 32. Grãos de café catuaí saudios, com proteção de caulim.



Fonte: Flavio Torres (2021).

Legitimado pelo fato de que todos os entrevistados conheciam e adicionam o caulim processado, purificado e formulado no manejo de produção de café, a mais de duas safras consecutivas, foi solicitada uma avaliação do desempenho de caulim na proteção das folhas e dos grãos de acordo com a experiência vivenciada. O caulim na proteção de folhas recebeu avaliação “excelente” de 69% dos agricultores, “muito bom”, por 25% e “bom”, pelo restante 6% (Gráfico 13).

Gráfico 13. Avaliação de caulim como protetor contra escaldadura nas folhas com temperatura atmosférica média acima de 30°C.



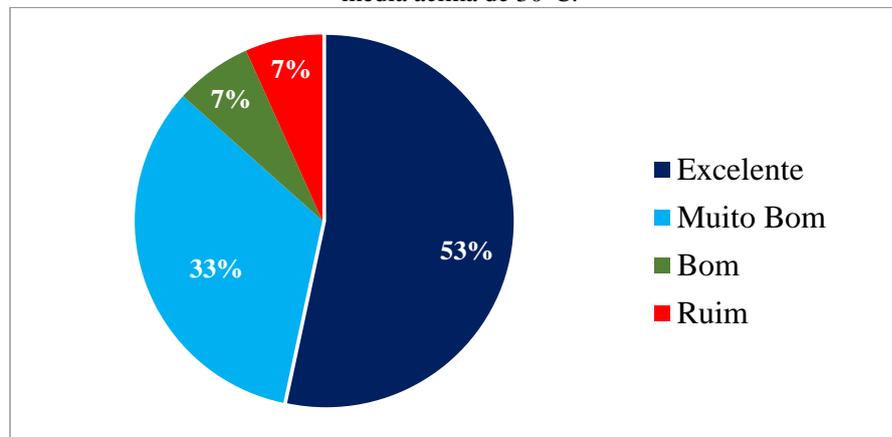
Fonte: Elaboração própria.

Para 53% dos entrevistados, o desempenho do caulim como agente protetor dos grãos de café em formação ou em fase de maturação, quando expostos a temperaturas atmosféricas

acima de 30°C, foi excelente, 33% classificaram como “muito bom” e 7% classificaram como “bom” (Gráfico 14). Somente 7% responderam que foi ruim e nenhum dos entrevistados respondeu que o caulim foi muito ruim.

De acordo com a condução das entrevistas, se observou que todas as respostas estavam relacionadas com o grau de expectativa de desempenho dos entrevistados, e portanto, podem variar de acordo com o nível individual de exigência.

Gráfico 14. Avaliação de caulim como protetor contra escaldadura nos grãos com temperatura atmosférica média acima de 30°C.



Fonte: Elaboração própria.

Uma avaliação completa de qualquer atividade produtiva deve considerar a sustentabilidade econômica que, para os cafeicultores, se traduz em quantidade de sacas de café colhidas e beneficiadas e no seu respectivo preço de venda.

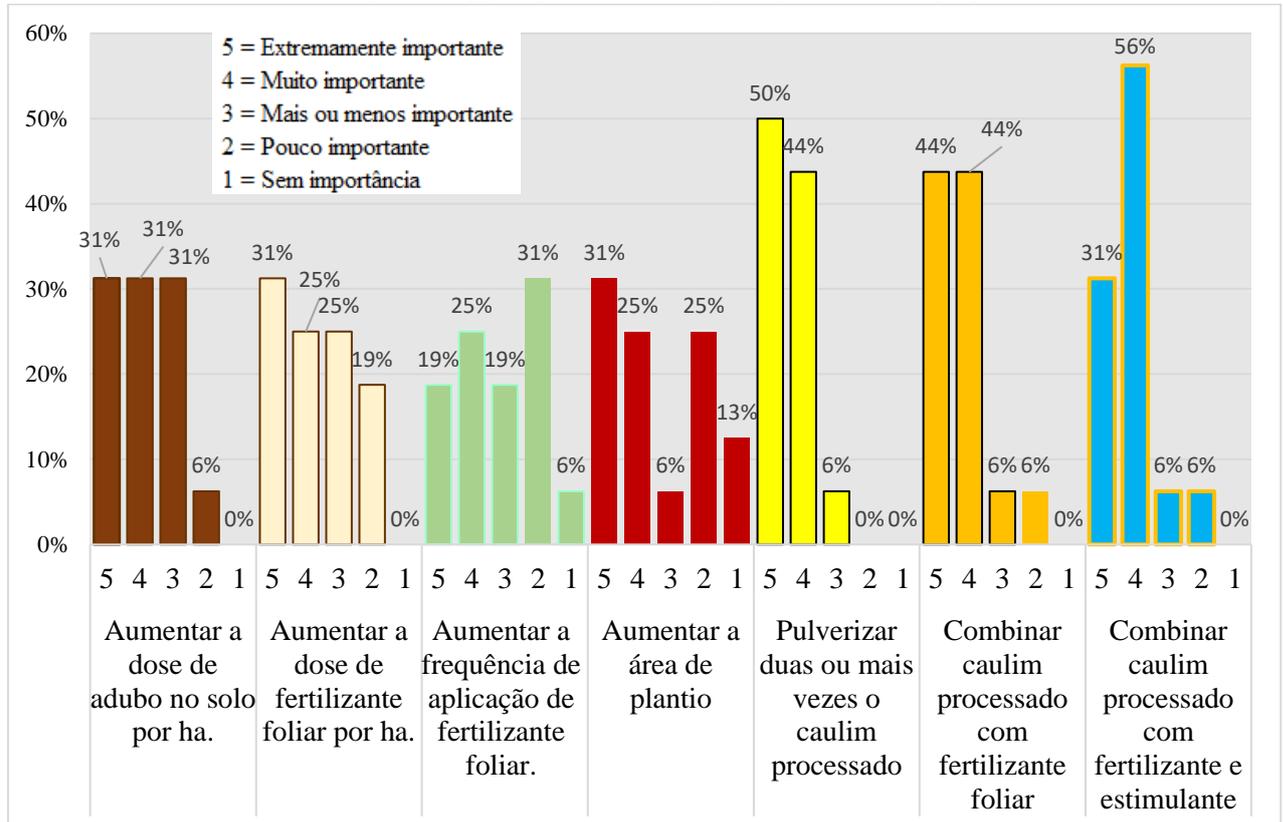
Sabendo-se que as temperaturas acima do ideal de desempenho fisiológico da planta afetam o desempenho produtivo, havia uma pergunta específica sobre como aumentar a produção frente à mudança climática observada e o resultado está sintetizado no Gráfico 15.

Foram oferecidas sete opções de ações para aumentar a produção e cinco níveis de avaliação. Entre as opções oferecidas, 94% dos entrevistados reconhecem como “extremamente importante” e “muito importante” adicionar caulim processado e purificado no manejo atual do cultivo do cafezal, pulverizando sobre as plantas duas ou mais vezes, dentro de um ciclo produtivo. E mais, 88% dos agricultores consideram “muito importante” e “extremamente importante” combinar a pulverização de caulim com fertilizante foliar e estimulante, todos associados ao mesmo tanque de pulverização, visando o aumento da produção.

Quase a totalidade dos entrevistados (93%) acredita que, aumentar a dose de adubo de solo contribui para o aumento da produtividade, haja vista os baixos índices de fertilidade natural típico dos solos do bioma cerrado.

Consoante com o papel de protagonistas na preservação ambiental, somente 31% julgam extremamente importante aumentar a área de plantio, 25% declaram que o aumento de área é muito importante e mais de um terço afirma que essa iniciativa é pouco ou sem importância.

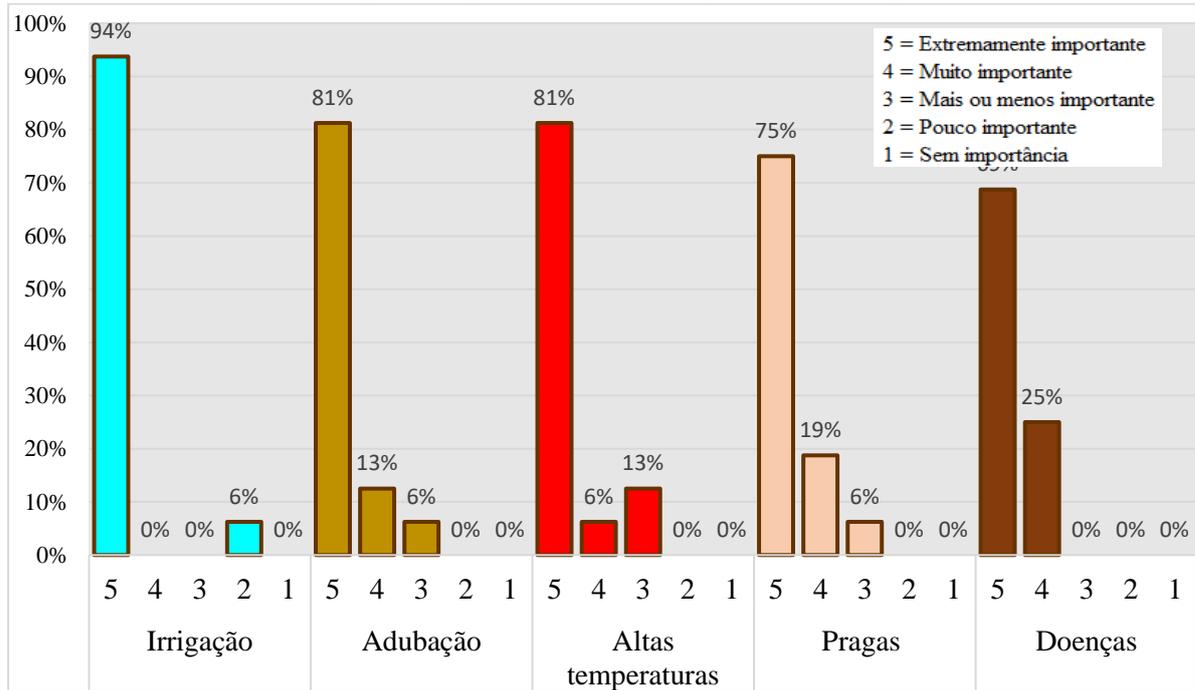
Gráfico 15. Avaliação das opções para aumentar a produção de café na propriedade.



Fonte: Elaboração própria.

Diferentemente do conceito de produção, o conceito de produtividade agrícola é uma medida relativa da quantidade produzida por unidade de área cultivada (BARONI; BENEDETI; SEIDEL, 2017). A busca pelo aumento da produtividade estabelece uma trajetória viável para o aumento da produção (CARVALHO, *et al.*, 2010), sem necessidade de procurar novas áreas de plantio.

Os entrevistados, todos com mais de duas décadas de experiência em lavouras de café, reconhecem como fatores extremamente importantes, e que interferem na produtividade: a irrigação (93,8%), as altas temperaturas e uso de adubação (81,3%), a presença de insetos-pragas de solo e/ou da parte aérea da planta (75%) e somente 68,8% a incidência de doenças, de origem fúngicas e ou bacterianas, confirmando a preocupação com temperaturas atmosféricas, acima do ideal para o bom desenvolvimento da planta de café (Gráfico 16).

Gráfico 16. Avaliação de importância dos fatores que interferem na produtividade.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 33. Caulim pulverizado no botão floral como protetor do potencial produtivo.

Fonte: Flavio Torres (2019).

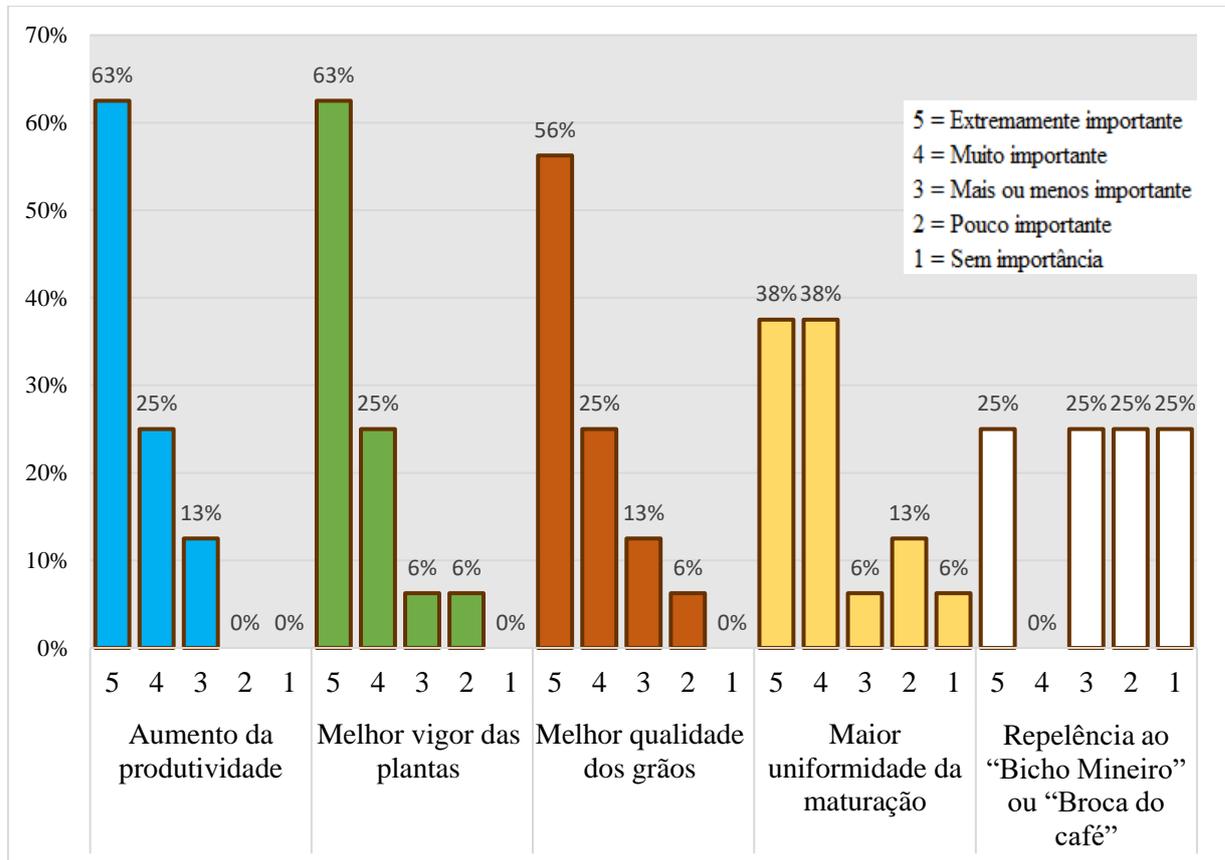
Figura 34. Caulim recobrindo botão floral.

Fonte: Flavio Torres (2019).

Assim, numa avaliação geral dos diferentes efeitos do caulim, sobre as lavouras de café, 88% atribuem ser “extremamente importante” ou “muito importante” para o aumento da produtividade e melhoria do vigor das plantas. O caulim, protegendo os grãos, beneficia a melhoria da qualidade até a colheita (81%) e ainda é considerado mediamente importante no auxílio da repelência sobre os insetos-praga (25%).

Os resultados, resumidos no Gráfico 17, da avaliação subjetiva dos agricultores da amostra, corroboram as evidências científicas revisadas no segundo capítulo desse estudo, o qual discorre sobre o caulim no manejo do café.

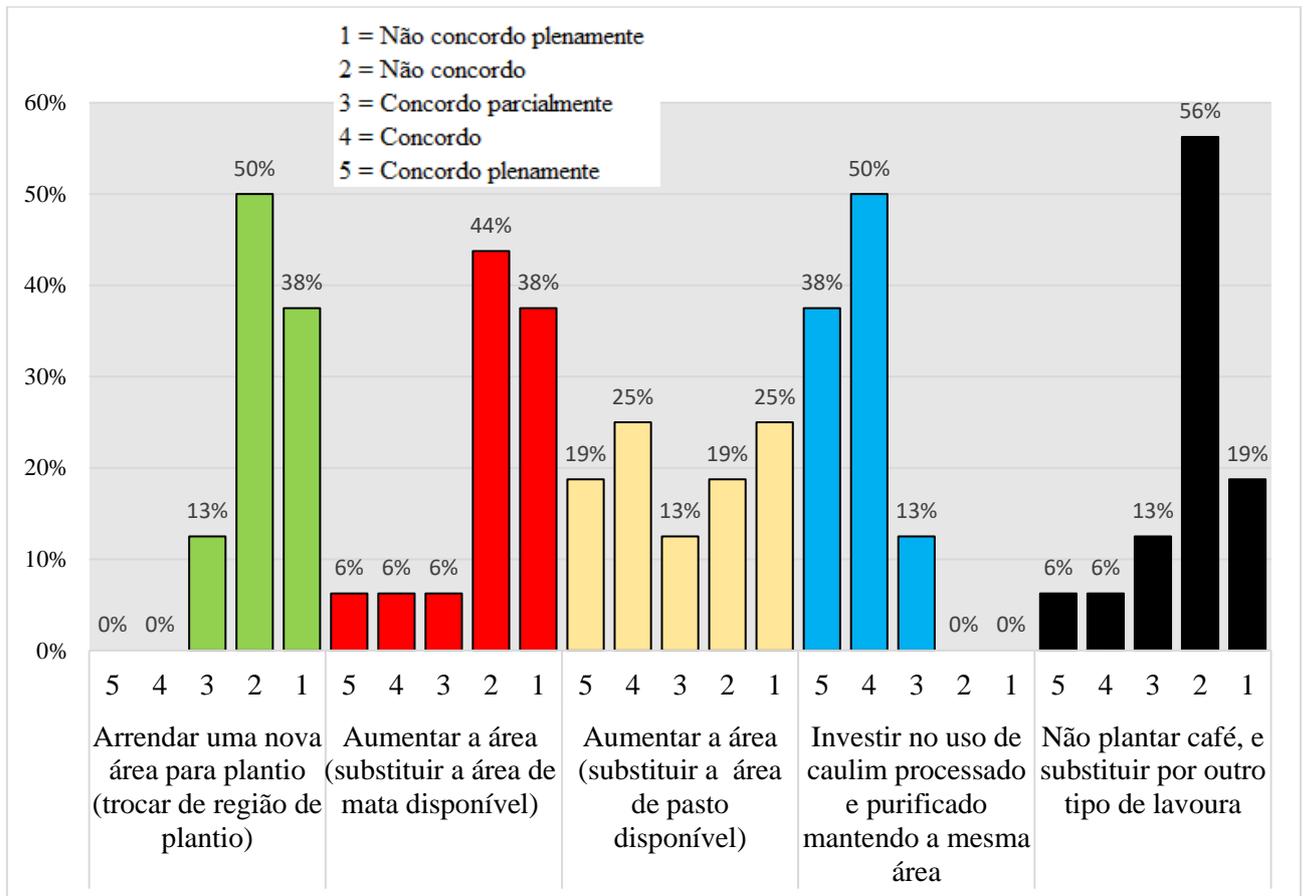
Gráfico 17. Avaliação dos efeitos de caulim mensurados pelo cafeicultor.



Fonte: Elaboração própria

Finalmente, quando questionados sobre as ações que estariam inclinados a tomar, nos próximos dez anos, considerando a hipótese de que a temperatura continue em elevação, a totalidade dos cafeicultores concorda, em algum grau, que irá incluir o caulim no manejo de produção para atenuar as perdas. Uma grande maioria (75%) discorda, em algum grau, em descontinuar o cultivo de café na atual propriedade, demonstrando ser apaixonado pela cultura e pela região. Cientes da importância de zelar e preservar a natureza, 88% dos entrevistados não manifestam interesse em arrendar novas áreas de plantio, 82% não concordam, em algum grau de intensidade, com a possibilidade de desmatar áreas nativas e 57% concordam, em algum grau, em substituir as áreas de pastagem para cultivar café.

Gráfico 18. Ações futuras para manter ou aumentar a produtividade em 2031 com a continuidade da elevação da temperatura do ar atmosférico.



Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÕES

As mudanças climáticas e as ações ambientalmente sustentáveis dos agricultores para promover a produção do café, orientaram a revisão da literatura e a pesquisa de campo.

O estudo traz evidência do compromisso dos cafeicultores entrevistados com a preservação da longevidade ativa do bioma Cerrado. Declaram e demonstram, por meio de ações concretas, o compromisso de preservar o meio ambiente, gratidão e reverência à mãe-terra, que garante o sustento para suas famílias e de outrem, contribuindo diretamente com a saúde e prosperidade do tecido social dos municípios onde cultivam o café. Exemplos de iniciativas efetivas são: a substituição de agrotóxicos químicos sintéticos por bioprodutos e insumos orgânicos de proteção contra insetos-pragas e doenças; destino correto de embalagens vazias de agrotóxicos; incorporação dos restos das colheitas; dejetos de animais, na forma de esterco; resíduos de curral, como fontes alternativas de nutrição das lavouras de

café, reduzindo assim o consumo de fertilizantes químicos, potencialmente contaminantes de solo e lençol freático.

A ocorrência de eventos climáticos adversos é motivo de preocupação, notadamente a elevação da temperatura, a qual acima de 23°C interfere no bom desempenho fisiológico, crescimento, floração e produção de grãos de café, em virtude dos danos causados ao tecido vegetal das plantas, comumente conhecidos como “escaldaduras”. Do grupo de cafeicultores entrevistados, 73% relatam que desconheciam a existência de alguma tecnologia que pudesse atenuar, e até mitigar, os efeitos prejudiciais causados pela temperaturas elevadas e excesso de radiação solar.

A revisão da literatura permitiu sistematizar os benefícios do uso do caulim no manejo do cultivo das lavouras, protegendo-as do excesso de radiação solar e dos efeitos maléficos causados pelas altas temperatura, uma vez que promove o conforto térmico desejado pela planta, substituindo, ainda que parcialmente, o sombreamento por copa das árvores. Na pesquisa de campo, 94% dos cafeicultores reconhecem os bons efeitos protetivos de caulim nas folhas expostas. A grande maioria (86%) afirma que essa nova tecnologia, que consiste em pulverizar o caulim processado, purificado e formulado, quando incorporada ao manejo das lavouras, protege e melhora a qualidade dos grãos, contribuindo para o aumento da renda do cafeicultor. Importante salientar que, em se tratando de uma iniciativa tecnologicamente inovadora, faz-se necessário instruir e ensinar os cafeicultores como e quando utilizar o caulim, enfatizando o momento apropriado de pulverizar, a vazão de água adequada ao tamanho das plantas para evitar desperdício de produto, orientação quanto ao tipo de ponta de pulverização e a maneira de adicionar o produto ao tanque de pulverização.

Uma vez que os agricultores entrevistados atestam que o caulim promove conforto térmico para as plantas, contribui para o aumento de produção na mesma propriedade, em consonância com as características do produto, que o reconhecem como ambientalmente qualificado, tecnologicamente inovador e disponível para uso, seja puro ou em combinação com fertilizantes foliares e ou estimulantes, pode-se concluir que é uma alternativa muito importante a ser usada no manejo das lavouras. O caulim processado, purificado e formulado exclusivamente para uso agrícola, se apresenta como uma ferramenta de auxílio sustentável da longevidade da atividade cafeeira, mesmo sob a ameaça do aumento da temperatura. Referenciado pela literatura, e reconhecido pelos entrevistados, o caulim pode oferecer um benefício adicional ao cafeicultor, atuando como agente de repelência de insetos-pragas. Tal informação, abre um novo campo de pesquisa em busca de confirmar cientificamente o grau

de desempenho do produto como inibidor da presença de insetos não desejáveis, podendo vir a ser uma importante ferramenta de manejo integrado de pragas a versar como mais uma alternativa visando a redução do número de aplicações de agroquímicos.

A maioria (75%) dos cafeicultores dessa amostra confirma que o caulim não causa impacto ao meio ambiente e todos planejam, em algum grau, proteger suas lavouras pulverizando caulim nas lavouras afim de atenuar e/ou mitigar as perdas causadas pelo aumento da temperatura, principalmente se, hipoteticamente, as ondas de calor persistirem também no futuro.

Pode-se então concluir que o compromisso dos cafeicultores com o cultivo ambientalmente sustentável é latente, uma vez que estão atentos desde o preparo do solo com práticas conservacionistas até o manejo das lavouras, todavia, faz-se necessário observar que existe espaço para a melhoria da conscientização. Por exemplo, a maioria absoluta dos cafeicultores entrevistados (87%) produz café com o auxílio de um sistema de irrigação, mas, somente dois, dos 16 cafeicultores (12,5%) mencionam na entrevista a preocupação com o uso racional da água para irrigação das suas lavouras. Esse resultado aponta para a oportunidade da elaboração de novas pesquisas acerca da relação entre o uso da água para as lavouras e os impactos ambientais, visando promover o compromisso dos agricultores com a sustentabilidade ambiental.

6 REFERÊNCIAS

ABDALLAH, A. Impacts of Kaolin and Pinoline foliar application on growth, yield and water use efficiency of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under water deficit: A comparative study. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 256-268, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.08.001>.

ABREU, D. P.; ABREU, J. P.; KROHILING, C.A.; FILHO, J. A. M.; SILVA, J. R.; RODRIGUES, W. P.; CAMPOSTRINI E. Aplicação de Surround® WP, um filme de partículas inorgânicas a base de caulim, e seu efeito no tamanho dos frutos de

Coffea canephora. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 42, 2016, Serra Negra, SP. Produzir mais café, com economia, só com boa tecnologia. **Anais**[...] Brasília: Embrapa Café, 2016.

ABREU, D.P.; KROHLLING, C. A.; ABREU, G. P.; CAMPOSTRINI, E. Uso de Surround® WP na cafeicultura como mitigador do estresse por altas temperaturas. In: 43º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, **Anais** [...], Poços de Caldas, MG, 2017a.

ABREU, D.; KROHLLING, C. A.; ABREU, G. P.; CAMPOSTRINI, E. Aumentando a qualidade sensorial da bebida de *Coffea arabica* L. após aplicações de Surround WP. In: 43º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, **Anais** [...], Poços de Caldas, MG, 2017b.

ABREU, D. P. ; RAKOCEVIC, M.; RODA, N. de M.; ABREU, G. P.; BERNARDO, W.; CAMPOSTRINI, E. Aplicação do filme de partículas de caulinita processada em *Coffea sp.*: efeitos na temperatura foliar. In: XII CONFLICT - V CONPG 2020, Campos dos Goytacazes. **Anais eletrônicos**... Campinas, Galoá, 2020. Disponível em: <<https://proceedings.science/conflict-conpg-2020/papers/aplicacao-do-filme-de-particulas-de-caulinita-processada-em-coffea-sp---efeitos-na-temperatura-foliar->>. Acesso em: 21 dez. 2021.

ANUFOOD-Anual Food Brazil. Feira de alimentos e bebidas FGV PROJETOS.-**A Indústria Cafeeira no Brasil e suas Interações com o Comércio Internacional**. 2018. Disponível em: https://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/u115/coffe_fgv_PT.pdf
a indústria cafeeira no brasil e suas interações com o comercio internacional – Acesso em: 07 mar. 2020

ASSAD, E. D. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

ASSAD, E. D. Mudanças climáticas e agricultura: uma abordagem agroclimatológica. **Ciência e Ambiente**, v. 34, p. 169-182, 2007.

ASSAD, E.D.; MAGALHÃES, A.R. PBMC-Painel Brasileiro de Mudanças Climática: Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do **Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas**. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

BALIZA, L. F. Parâmetros meteorológicos em cafeeiros arborizados com aleias de leguminosas e a pleno sol, em São Sebastião do Paraíso, MG. **Seminário de iniciação científica e tecnológica**, 10, 2013, Belo Horizonte. Belo Horizonte: EPAMIG, 2013.
BARONI, G. D; BENEDETI, P. H; SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, v.14, n. 4, p. 55-64, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.55-64.452>.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987.

BIBLIOTECA NACIONAL. Rio de Janeiro- **Floresta da Tijuca**. 2020. Disponível em: <https://www.bn.gov.br/acontece/noticias/2020/06/rio-janeiro-floresta-tijuca>. Acesso em: 16 out. 2020.

BOARI, F.; CUCCI, G.; DONADIO, A.; SCHIATTONE, M. I; CANTORE, V. Kaolin influences tomato response to salinity: physiological aspects. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Soil & Plant Science, v. 64, n.7, p.559-571, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.930509>.

BRITO, C.; DINIS, L. T.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIA, C. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae**. v. 250, p. 310-316, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.070>.

BUNN, C.; LÄDERACH, P.; OVALLE RIVERA, O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v.129, p.89-101, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>.

CAMARGO, A. P. de. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 831-839, 1985.

CAMARGO, A. P. de.; SANTINATO, R.; CORTEZ, J. G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de arábica no Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFFEEIRAS, 18., 1992, **Resumos[...]** Rio de Janeiro: MAPROCAFÉ, p.70-74, 1992.

CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100030>

CAMARGO, M. B. P. de; ROLIM, G. de S.; SANTOS, M. A. dos. Modelagem agroclima toológica do café: estimativa e mapeamento das produtividades. Informe Agropecuário. **Geotecnologias**, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.58-65, 2007.

CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M.A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p 269-275, 2010. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300006>>.

CESAR, L. A. M.; MORETTI, M. A.; MIOTO, B. M. Pesquisas comprovam benefícios do café à saúde humana. **Revista Visão agrícola**, n.12, p. 112- 14, 2012. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-qualidade-da-bebida03.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

CECAFE - Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **Relatório mensal de exportações**, 2019. Disponível em :< <https://www.cecafe.com.br/sobre-o-cafe/consumo>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

CGAA - Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins. Consulta Prévia sobre Protetor Solar para Plantas. **Memória da 7ª Reunião Extraordinária do Comitê Técnico de 2013**. Brasília, 2014.

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf> Acesso em: 15 fev. 2021.

CNC - CONSELHO NACIONAL DO CAFÉ. **Relatório 2019**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://imagenscnc.files.wordpress.com/2021/01/relatorio-2019-versao-final.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

COMETTI, J. L. S. **Logística reversa das embalagens de agrotóxicos no Brasil: um caminho sustentável?**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)- Universidade de Brasília, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: primeiro levantamento**: volume 8, Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Conab pegs Brazil's coffee output at 48.8m bags down 23% from last year's record crop**. 2021. Disponível em: <<https://www.comunicaffe.com/conab-pegs-brazils-coffee-output-at-48-8-million-bags-down-23-from-last-years-record-crop/>> Acesso em: 19 jul. 2021.

CONDE, A.; PIMENTEL, D.; NEVES, A.; DINIS, L.T.; BERNARDO, S.; CORREIA, C. M.; GERÓS, H.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin foliar application has a stimulatory effect on phenylpropanoid and flavonoid pathways in grape berries. **Front. Plant Sci**, v.7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01150>

COOKE, K. Climate Change Impacts to Drive Up Coffee Prices, **Climate News Network**, 2016. Disponível em: <<http://ourworld.unu.edu/en/climate-change-impacts-to-drive-up-coffee-prices>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CREAMER, R.; SANOGO, S.; EL-SEBAI, O. A.; CARPENTER, J.; SANDERSON, R. Kaolin-based foliar reflectant affects physiology and incidence of beet curly top virus but not yield of Chile pepper. **HortScience**, v.40, v.3, p. 574-576 2005. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.3.574..>

CRUZ, R.F.R. Efeito da arborização com guandu na primeira produção de café no norte do Paraná. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, 3., 2003, Porto Seguro. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa Café, p. 286, 2003. Disponível em : <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/1774>>. Acesso em: 02 maio 2021.

CRUZ NETO, F.; MATIELLO, J. B. Estudo comparativo de rendimento de colheita entre cultivares Mundo Novo e Catuaí, em lavouras com diferentes níveis de produtividade. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, 1981, São Lourenço. **Anais[...]** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE, 1981. p. 329-333.

DA MATTA, F.M; RONCHI, P. C.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?q=Ecophysiology+of+coffee+growth+and+production.+Brazilian+Journal+of+Plant+Physiology,&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=schocart>. Acesso em: 19 mar. 2021.

DINIS, L.T. ; BERNARDO, S. ; CONDE, A. ; PIMENTEL, D. ; FERREIRA, H. ; FÉLIX, L. ; GERÓS, H. ; CORREIA, C. M. ; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. **J. Plant Physiol**, n.191, p. 45–53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.005>

DINIZ, T.; FERREIRA FILHO, J. B. Impactos Econômicos do Código Florestal Brasileiro: uma discussão à luz de um modelo computável de equilíbrio geral. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 53, n. 2, p. 229-250, junho/2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/12346781806-9479005302003>.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sumário Executivo: Café**. Brasília: MAPA, 2016. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Sumario_Cafe_Marco_2020.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, 2019. Disponível em : < <https://www.embrapa.br/visao-2030>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sumário Executivo: Café**. Brasília: MAPA, 2020. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Sumario_Cafe_Marco_2020.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

EPA- Environmental Protection Agency. **EPA Registration n°61842-16**. Phoenix, 2009.

EPAMIG - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Informe Agropecuário 261- Produção de café: opção pela qualidade**, v. 32, n. 261, 2011. Disponível em: <<https://www.epamig.br/download/informe-agropecuario-261-producao-de-cafe-opcao-pela-qualidade-2011/>>. Acesso em: 16 fev. 2021.

ERGUN, M. Postharvest quality of ‘Galaxy’ apple fruit in response to kaolin-based particle film application. **J. Agric. Sci. Technol**, v.14, n.3, p. 599–607, 2012.

FERNANDES, A. T.; TAVARES, T. O.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Viabilidade técnica e econômica da irrigação local do cafeeiro, nas condições climáticas do Planalto de Araxá- MG. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 346–357,

2016. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8030>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FERNANDES, N. M. Uma síntese sobre aspectos da fotossíntese. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 11, n. 2, pp.10-14, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50021611002>

FERRARESSO, J. L. SCA- Beyond the Stereotype. **Specialty Coffee Association** (SCA.coffee). 2019. Disponível em : <[https://sca.coffee/sca-news/#25 Magazine Issue 11 English #25-magazine-english](https://sca.coffee/sca-news/#25%20Magazine%20Issue%2011%20English#25-magazine-english)>. Acesso em: 13 mar. 2021.

FERREIRA, W. P. M.; FERNANDEZ, E. I. F.; RIBEIRO, M.F.; SOUZA, C. F. Influência da radiação solar na cafeicultura de Montanha. **VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 25 a 28 de novembro de 2013, Salvador–BA. Disponível em : <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95245/1/Influencia-da-radiacao-solar.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. **Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil** (CPDOC). Temático. IBC- Instituto Brasileiro do Café. Rio de Janeiro. [s.d]. Disponível em: <www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/instituto-brasileiro-do-caffe-ibc>. Acesso em: 15 dez. 2020.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução. Joice Elias Costa. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p. Disponível em : <http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/necio_turra/PPGG%20%20PESQUISA%20QUALI%20PARA%20GEOGRAFIA/flick%20%20introducao%20a%20pesq%20quali.pdf>. Acesso em: 21 de abr. 2021.

FRANCO, D.; FUKUDA, L. A. Eficácia e praticabilidade agronômica de TKI-15BR no controle de psíldeo (*Diaphorina citri*) em citrus (*Citrus sinensis*). **Farmatac**. Bebedouro, 2018.

FREDERICO, S. Território e cafeicultura no Brasil: uma proposta de periodização. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 73-101, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2017.98588>.

FREEDMAN, N.D. ; PARK, Y. ; ABNET, C. C. ; HOLLENBECK, A. R. ; SINHA, R. Association of Coffee Drinking with Total and Cause-Specific Mortality. **N Engl J Med**, v. 366, n. 20, p. 1891-1904, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1112010>.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GINDABARA, J.; WAND, S. J. E. Do fruit sunburn control measures affect leaf photosynthetic rate and stomatal conductance in ‘Royal Gala’ apple?’ **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n.2, p. 160-165, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.11.001>.

GLENN, D. M. The Mechanisms of Plant Stress Mitigation by Kaolin-based Particle Films and Applications in Horticultural and Agricultural Crops. **HortScience**, v.47, n.6, 2012. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.6.710>.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. The Use of Plastic Films and Sprayable Reflective Particle Films to Increase Light Penetration in Apple Canopies and Improve Apple Color and Weigh. **Journal of the American Society for Horticultural Science** v. 42, n. 1, 2007. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.1.91>.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. Particle films: a new technology for agriculture. **Horticultural reviews**, v. 31, p. 1-44, 2005.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J.; DRAKE, S. R.; UNRUH, T. R.; KNIGHT, A. L.; BAHRELRE, P.; PRADO, E.; BAUGHER, T. A. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.126, n.2, p.175-181, 2001. Disponível em: <<https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/2017/Particle%20film%20application%20influences%20apple%20leaf%20etc.pdf>> . Acesso em: 25 nov. 2021.

GOMES, L.C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHULTE, R. P. O. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 294, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>

GONÇALVES, F. Produtividade de cultivares de coffee arábica submetidas a dois métodos de irrigação no norte mineiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 2, p. 3941-3948, 2020.

GRIEBELER, N. P. et al. **Modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível**. Engenharia Agrícola, v. 25, n. 3, p. 696-704, 2005.

GUERRA, S. **Direito internacional ambiental**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2010. Acesso em: 14 maio 2021.

HARBEN, P. W. **The industrial minerals handbook: a guide to markers, specifications, and rices**. London: Metal Bulletin Books, 1995. 254 p. Disponível em : <<https://rushim.ru/books/geochemie/industrial-minerals-and-their-uses-pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

IBD - INSTITUTO DE BIODINÂMICA CERTIFICAÇÕES. **Carta de Aprovação de Insumos Ref.: CAI622**, 2020. Disponível em: <https://www.ibd.com.br/customers/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil : uma primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 84 p.

ILYUB, K.; GARREYY, R.; JANETOS, A.; MUELLER, N.D. Climate risks to Brazilian coffee production. **Reg Environ Research Letters** v.15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba471>.

INOVACAFAE. **Relatório internacional de tendências do café.** v.5, n.9, 27 outubro 2016. Lavras: Bureau de Inteligência Competitiva do Café, 11 p.

IPCC-INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University, 2021. Disponível em: <Sixth Assessment Report (ipcc.ch)>. Acesso em: 22 out. 2021.

IPCC-INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Homepage.** Geneva: IPCC, 2019. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/2019>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-206, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-15742003000100008>.

JOUBERT, P. H.; GROVÉ, T.; DE BEER, M. S.; STEYN, W.P. Evaluation of kaolin (SURROUND® WP) in an IPM program on mangoes in South Africa. **Acta Hort.** n. 645, p. 493-499, 2004. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.645.65>.

KARISE, R.; MULJAR, R.; KUUSIK, A.; DREYERSDORFF, G.; WILLIAMS, I. H.; MÄND, M. Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 1, p. 171-178, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0649-z>

KAWABATA, A. M.; NAKAMOTO, S. T.; CURTISS, R. T. Recommendations for coffee berry borer integrated pest management in Hawai'i 2015. **Insect Pests.** Havaí: Universidade do Havaí, 2015. Disponível em: <<https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/ip-33.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** Guanabara Koogan. 2.ed. Rio de Janeiro, 2004. 452p.

KHALED, A.; HAGAN, M. R.; DAVENPORT, D. C. Effects of kaolinite as a reflective antitranspirant on leaf temperature, transpiration, photosynthesis, and water-use efficiency, 1970. In: **AGU Journals**, v. 6, n.1, p.280-289, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1029/WR006i001p00280>.

KHALEGHI, E.; ARZANI, K.; MOALLEMI, N.; BARZEGAR, M. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv 'Zard' grown under warm and semi-arid region of Iran. **Food Chem**, v.166, p. 35-41, 2015.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura.** Botucatu: Agroecológica, 2001. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4000306/mod_resource/content/1/A%20reconstrucao%20ecologica%20da%20agricultura.pdf>. Acesso em 20 mar. 2021.

KRISHNAN, S.; RANKER, T. A.; DAVIS, A. P.; RAKOTOMALA, J. J. An assessment of the genetic integrity of ex situ germplasm collections of three endangered species of *Coffea*

from Madagascar: implications for the management of field germplasm collections. *Genet. Resour. Crop Evol*, v.60, p.1021–1036, 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LESKEY, T.C.; WRIGHT, S.E.; GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J. Effect of Surround WP on Behavior and Mortality of Apple Maggot (Dip tera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v.103, p.394–401, 2010. Disponível em: <https://ur.booksc.org/book/21966055/cbb03b>. Acesso em: 13 mar. 2021.

LOBELL, D. B.; SCHELENKER, W.; COSTA-ROBERTS, J. Climate Trends and Global Production since 1980. **Science**, v. 333, n.6042, p. 616–620, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21551030/>. Acesso em: 17 set. 2021.

LUZ, A. B.; DAMASCENO, E. C. **Caulim: um mineral industrial importante**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1994.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2001.

MARTINS, T. Educação: Grande consumo e novos hábitos. **Food Service News**, 12 de julho de 2019. Disponível em: <<https://www.foodservicenews.com.br/educacao-grande-consumo-e-novos-habitos/>>. Acesso em: 03 nov. 2020.

MARULANDA, V. V.; PEREZ, Y. C.A.; ALZATE, C. A. C. The biorefinery concept for the industrial valorization of coffee processing by-products. **Handbook of Coffee Processing By-Products**, Academic Press, p. 63-92, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00003-7>.

MATIELLO, J. B.; FERREIRA, I. B. **Proteção no plantio é essencial para mudas de café conilon**. Técnica de produção. CaféPoint, 2016. Disponível em: <<https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/protecao-no-plantio-e-essencial-para-mudas-de-cafe-conilon-98678n.apx>>.

MESQUITA, C. M.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; FABRI JR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M.; ARAÚJO, W. G. **Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (Coffea arábica L.)**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 62 p. il. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite_busca_google&q=escaldadura+em+cafe+por+sol> . Acesso em 27 dez. 2021.

MIRANDA, J. M.; REINATO, R. A. O.; SILVA, A. B. Modelo matemático para previsão da produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, pp. 353-361, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000400001>.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/37056285/Bases+climatol%C3%B3gicas_G.R.CUNHA_Livro_Agrometeorologia+dos+cultivos.pdf/13d616f5-cbd1-7261-b157-351eaa31188d?version=>> Acesso em: 30 mar. 2021.

MORAIS, H. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesq. agropec. bras.** v. 41, n. 5, p.763-770, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000500007>.

MOURA, W. M.; TELES, M. C. A.; SILVA, C. S.; PEDROSA, A. W.; SILVA, L. P.; CANOTNI, L. G. Café arábica em sistemas convencionais e de base agroecológica em Minas Gerais. **Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecologia; X Congresso Brasileiro de Agroecologia; V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno; 12 a 15 de setembro de 2017, Brasília/DF, / v. 13, n. 1, 2018.** Disponível em: <<https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/962>>. Acesso em: 13 maio 2021.

MOUTINHO-PEREIRA, J.; GONÇALVES, B.; BACELAR, E.; CUNHA, J. B.; COUTINHO, J.; CORREIRA, C. Effects of elevated CO₂ on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Physiological and yield attributes. **Vitis**, v.48, n.4, p.159-165, 2009.

MPHANDE, W.; KETTLEWELL, P. S.; GROVE, I. G.; FARRELL, A. D. The potential of antitranspirants in drought management of arable crops: A review. **Agricultural Water Management**, 236, e106143, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106143>.

NANOS, P.G. Leaf and fruit responses to kaolin particle film applied onto mature olive trees. **J. Biol. Agric. Healthc**, v.5, p.17–27, 2015.

NIEBUHR, C.; HERON, R. Reisebeschreibung nach Arabien und andern umliegenden Ländern. **Travels through Arabia and Other Countries in the East and Illustrated with Engravings and Maps.** Edinburgh, 1792; new edition, UK: Garnet Publishing, 1994. Disponível em: <<https://www.worldcat.org/title/travels-through-arabia-and-other-countries-in-the-east-performed-by-m-niebuhr/oclc/31435128>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

NUNES, M. A.; BIERHUIZEN, J. F.; PLOEGMAN, C. Studies on the productivity of coffee. I. Effects of light, temperature and CO₂ concentration on photosynthesis of *Coffea arabica*. **Acta Bot. Neerl**, v.17, p. 93-102, 1968.

NUTMAN, F. J. Studies of the physiology of *Coffea arabica*. I. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. **Ann. Bot.** v.1, p.353–367, 1937.

OIC- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC. **Impacto da Covid-19 no setor global do café** – o lado da demanda. London: OIC, 2020. Disponível em: <<http://www.ico.org/market-report-19-20-e.asp>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

OIC- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Coffee Development Report 2019 Overview, 2019.** Disponível em : < <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318e-overview-flagship-report.PDF>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

OIC- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Annual Review- 2017/18, 2018.** Disponível em: <<https://www.ico.org/documents/cy2018-19/annual-review-2017-18-e.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista de Economia e Sociologia**

Rural, v. 49, n. 3, 2011. p. 771-800. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000300010>.

PANHUYSSEN, S.; PIERROT, J. **Coffee Barometer**, 2019. Disponível em: <<https://hivos.org/assets/2018/06/Coffee-Barometer-2018.pdf>>. Acesso em 09 mar. 2021.

PROCAFÉ – FUNDAÇÃO DE APOIO A TECNOLOGIA CAFEEIRA. Varginha: **PROCAFÉ**, 2010. Disponível em: <<https://www.fundacaoprocafe.com.br/historia#:~:text=Os%20objetivos%20para%20os%20quais,toda%20sua%20experi%C3%Aancia%20de%20mais>>. Acesso em: 18 de Janeiro 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed., Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SILVA, R. A.; ZACARIAS, M. S. Manejo integrado das pragas do cafeeiro. *In*: Reis, P. R.; Cunha, R. L. (Ed.). **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, p. 573-688, 2010.

REZENDE, N. E.; CAMPOS, C. A. H. Responsabilidade civil ambiental pela exploração da propriedade privada decorrente da cafeicultura no Brasil. **Revista da Faculdade de Direito da UFG**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 198–216, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5216/rfd.v40i2.40932>.

RODA, N. de M.; PONTIN, J. C. ; BRANCHI, B. A. ; LONGO, R. M.; FERREIRA, D.H.L.; ABREU, D. P. Uso de caulinita processada como técnica sustentável de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas na produção agrícola. **Anais do II Sustentare – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas e V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade**, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/2_sustentare_5_wipis/299560-uso-de-caulinita-processada-como-tecnica-sustentavel-de-mitigacao-dos-efeitos-das-mudancas-climaticas-na-producao/>. Acesso em: 14 jan. 2022

RUGENDAS, Moritz. **Viagem pitoresca através do Brasil**, 1835. *In*: Biblioteca Nacional-Acervo Digital. Disponível em: <http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_iconografia/icon94994/icon94994.pdf> . Acesso em: 06 fev. 2021.

SAKAI, E.; BARBOSA, E. A. A.; SILVEIRA, J. M. C.; PIRES, R. C. M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**. v. 148, p. 16–23, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.020>.

SALERNO, G; REBORA, M.; KOVALEV, A.; GORB, E.; GORB, S. Kaolin Nano-Powder Effect on Insect Attachment Ability. **J. Pest Sci.** v. 93, n.1, p. 315–327, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01151-3>.

SAMPER, L. F.; GIOVANNUCCI, D.; VIEIRA, L. M. The powerful role of intangibles in the coffee value chain. **Economic Research Working Paper**, n.39, nov. 2017. Disponível em: <<https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4229&plang=EN>> . Acesso em: 21 nov. 2021.

SANTILI, J. **Agrobiodiversidade e o direito dos agricultores**. São Paulo, Petrópolis, 2009.

SANTINATO, R.; ECKHARDT, C. F.; GONÇALVES, V. A.; PAIN, A. Surround atuando como redutor do índice de abortamento de flores de cafeeiro em função do estresse por elevadas temperaturas (ufv.br). 43º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, **Anais**. Poços de Caldas, 2017. Disponível em: <<http://sbicafe.ufv.br/handle/123456789/9661>>. Acesso em: 06 fev. 2021.

SANTINATO, F.; SANTINATO, R.; GONÇALVES, V. A. R.; As mudanças no clima interferem e formas diferenciadas as várias regiões que o café é cultivado e respondem a muitos dos nossos atuais questionamentos. **Notas técnicas**, 20 abr. 2020. Acesso em 18 dez. 2021. <https://santinatocafes.com/artigos/detalhe/6474/as-mudancas-no-clima-interferem-de-formas-diferenciadas-as-varias-regioes-que-o-cafe-e-cultivado-e-respodem-a-muitos-dos-nossos-atuais-questionamentos>

SANTOS, D. F.; MARTINS, F. B.; TORRES, R. R. Impacts of climate projections on water balance and implications on olive crop in Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 21, n. 2, p. 77-82, 2017.

SAOUR, G.; MAKEE, H. Effects of kaolin particle film on olive fruit yield, oil content and quality. **Adv. Hortic. Sci.** v. 17, n. 4, 2003. p. 204–206. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/42883365>> . Acesso em: 17 set. 2021

SCORZELLI, R. B.; BERTOLINO, L.C.; LUZ, A. B.; DUTTINE, M.; SILVA, F. A.N.G.; MUNAYCO, P. Spectroscopic studies of kaolin from different Brazilian regions. **Clays Minerals**, v. 43, n. 1, p. 1-7, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1180/claymin.2008.043.1.10>

SHARMA, R. R.; REDDY, S. V. R.; Datta, S. C. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science**, v.116–117, 2015. p. 54–68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.08.00>.

SHARMA, R. R.; DATTA, S. C.; VARGHESE, E. Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of ‘Kandhari’ pomegranates. **Crop Protection**, v. 114, 2018. p. 18-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.009>.

SHELLIE, K.C., KING, B.A., 2013. Kaolin-based foliar reflectant and water deficit influence malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. **Am. J. Enol. Vitic.** 2012, 12115.

SILVEIRA, J.M. de C.; COLOMBO, A.; AZEVEDO, N. F.; FREITAS, M. V. M.; ANDRADE, M.T.; TEIXEIRA, T.H.B. Produção e tamanho do café Coffea Arabica L. (CV OBATÃ) sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.4, 2015. p. 204-210. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v9n400314>.

SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, v. 71, n. 10, p. 1355-1367, 2015.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SPILLER, G. A. **The methylxanthine beverages & foods: Chemistry, consumption, and health effects.** Nova York, 1984.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TCI - THE CLIMATE INSTITUTE. **A Brewing Storm: The climate change risks to coffee.** 07/06/2019. ISBN 978-1-921611-35-3. Disponível em : <<https://unfccc.int/news/a-brewing-storm-the-climate-change-risks-to-coffee>>. Acesso em 18 Fevereiro 2020.

TEIXEIRA, A. L. **Melhoramento de café arábica visando tolerância a temperaturas elevadas.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/205968/melhoramento-de-cafe-arabica-visando-tolerancia-a-temperaturas-elevadas>. Acesso em: 20 fev. 2021.

THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 82 p.

VALENTINI, L. S. P. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.1005-1010, Dec. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400028>.

VERHAGE, F. Y. F.; ANTEN, N. P. R.; SENTELHAS, P. C. Carbon dioxide fertilization offsets negative impacts of climate change on Arabica coffee yield in Brazil. **Clim. Change**, v.144, 2017. p. 671–85.

VIEIRA, T. G. C. Geotechnologies in the assessment of land use changes in coffee regions of the state of Minas Gerais in Brazil. **Coffee Science**, v.2, n.2, p.142-149, jul./dez. 2007.

WCR-WORLD COFFEE RESEARCH. **Strategy 2021-2025: Enhancing Country Competitiveness to Bolster Origin Diversity.** 2021. Disponível em: www.worldcoffeeresearch.org/work/strategy-2021-2025/. Acesso em: 12 mar. 2021.

WÜNSCHE, J. N.; LOMBARDINI, L.; Greer, D. H. 'Surround' Particle Film Applications- Effects on Whole Canopy Physiology of Apple. **Acta Horticulturae**, 2004. p.565-571. Disponível em: https://www.ishs.org/ishs-article/636_72. Acesso em: 17 abr. 2021.

YAZICI, K., KAYNAK, L. Effects of kaolin and shading treatments on sunburn on fruit of Hicaznar cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). **Acta Horticulturae**, v.818, p.167-174, 2006. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.818.24>.

APÊNDICE 1

QUESTIONÁRIO

Nome do entrevistado: _____ Nome da Propriedade: _____

Município da propriedade: _____

Qual é a sua área total de lavoura de café ___ha:

Café Irrigado ___ha e Café Sequeiro _____ha

1. Verificando as alternativas abaixo, escolha uma, que para você, transmite o conceito de Sustentabilidade Ambiental na Agricultura:

É o uso dos recursos naturais, como solo e água dos rios o máximo possível, para aumentar a produção do café.	É o uso dos recursos naturais, como solo e água dos rios o quanto seja preciso, para aumentar a produção de café, mesmo que seja de forma muito intensa.	É o uso dos recursos naturais, como solo e água dos rios o suficiente para produzir café e pensando em deixar para meus descendentes.	É o uso dos recursos naturais, como solo e água para produzir café, não se preocupando com meus descendentes.	É o uso intenso dos recursos naturais, como solo e água, o quanto tem disponível, na propriedade, para produzir café, porque nunca vai acabar.

2. Você se sente responsável com a preservação ambiental do planeta?

() sim () não

3. Quais são as práticas que você usa para produzir café, que você considera que são “Práticas de Sustentabilidade Ambiental” e que contribuem para a preservação ambiental do planeta?

4. A terra, quando é malcuidada, pode sofrer impactos negativos que vão interferir nas produtividades da lavoura de café.

Não concordo plenamente	Não concordo	Concordo parcialmente	Concordo	Concordo plenamente

5. Qual é a média de produtividade das safras 2017 a 2021, em sacas de 60KG, colhidos em sua lavoura de café, sem uso de protetor contra o sol ?

() < 39 sc () 40-50 sc () 51-60 sc () 61-70 sc () >71 sc

6. Baseado em sua experiência de cultivar café a pleno sol, sem sombreamento, quantas sacas de café de 60Kg, em média, foram perdidas em função da mudança climática, durante o período das safras 2017 a 2021 ?

() < 5sc () 6-8sc () 9-10sc () 11-12sc () >13sc

7. Com base na sua experiência de agricultor, qual é a importância, dos fatores abaixo listados, que interferem na produtividade da sua lavoura de café ?

	Extremamente importante	Muito importante	Mais ou menos importante	Pouco importante	Sem importância
Sistema de irrigação					
Adubação via solo e adubação via foliar (pulverização em folhas)					
Pragas					
Doenças					
Altas temperaturas					
Outros:					

8. A televisão e rádio tem informado sobre o fenômeno das mudanças no clima com frequência. Você observa alguma mudança no clima tais como na temperatura, no regime de chuva e ou na intensidade dos raios solares, em sua propriedade desde quando você começou a plantar café ? () sim () não

8.a. Se sim, quais as mudanças mais marcantes para você ?

9. As temperaturas (mínima e máxima) das safras 2019 até 2021, são as mesmas, quando comparadas com as temperaturas (mínima e máxima) do seu primeiro ano de plantio de café.

Não concordo plenamente	Não concordo	Concordo parcialmente	Concordo	Concordo plenamente

10. Nas safras em que o sol está intenso e as temperaturas estão acima de 30°C, pode ser observado :

	Extremamente significante	Muito significante	Mais ou menos significante	Pouco significante	Sem significante
Redução da quantidade de café produzido (sacas/ha)					
Redução da qualidade dos grãos de café (grãos bóa)					

11. Antes de usar o caulim processado, como você protegia a lavoura de café cultivada a pleno sol contra altas temperaturas e a radiação solar ?

11.a Como avalia o resultado do caulim processado e purificado na proteção da lavoura?

	Excelente	Muito Bom	Bom	Ruim	Muito Ruim
Proteção das folhas contra escaldadura					
Proteção dos frutos					

12. Qual foi a 1ª vez que pulverizou o caulim processado e purificado na sua lavoura de café?
 2017/18 2018/19 2019/20 2020/21

13. Qual foi a sua maior dúvida ao ver que seu cafezal “ficou branco” após pulverização do caulim processado e purificado ?
 Não pensei em nada.
 Vai paralisar o crescimento do café
 Vai atrapalhar processo de fotossíntese.
 outras: _____

14. Quantas vezes costuma usar o caulim processado e purificado, na sua lavoura de café, na mesma safra?
 1 vez 2 vezes 3 vezes mais de 3 vezes

15. Observando a sua lavoura que foi aplicado caulim, qual a importância você atribui para os efeitos abaixo listados ?

	Extremamente importante	Muito importante	Mais ou menos importante	Pouco importante	Sem importância
1ª Aumento da produtividade					
2ª Melhor vigor das plantas					
3ª Melhor qualidade dos grãos/ café cereja					
4ª Maior uniformidade da maturação					
5ª Repelência ao “Bicho Mineiro” ou “Broca do café”					
6ª Outros:					

16. Sendo o caulim uma rocha transformada e sem adição de processo químico, um produto natural, e pelo fato de que você tem usado na lavoura na sua lavoura de café, você considera que é uma atitude de sustentabilidade ambiental?

Não concordo plenamente	Não concordo	Concordo parcialmente	Concordo	Concordo plenamente

17. Baseado em sua experiência de produtor de café, como você avalia as opções para aumentar a sua produção :

	Muito importante	Importante	Mais ou menos importante	Pouco importante	Sem importância
1ª Aumentar a dose de adubo no solo por ha.					
2ª Aumentar a dose de fertilizante foliar por ha.					
3ª Aumenta o número de vezes de aplicação de fertilizante foliar					
4ª Aumentar a área de plantio					
5ª Adicionar a pulverização de duas ou mais vezes o protetor solar- caulim processado e purificado no manejo					

18. Se sua resposta acima foi a 1ª ou 4ª ou 5ª opção, por favor pode explicar o(s) motivo(s) ?

19. O caulim processado é um produto orgânico e natural. A adoção desse tipo de insumo beneficia a imagem da sua propriedade? () sim () não

20. Ao longo de toda a sua jornada como cafeicultor, você pode afirmar que a qualidade do grão/ presença de café cereja, influencia no preço de venda?

	Certamente que sim	Sim	Pode ser que sim pode ser que não	Não	Certamente que não
Plantas com alta presença de grão cereja					
Plantas com alguma presença de café cereja					
Plantas com pouca presença de café cereja					

21. Considerando toda a sua história de cafeicultor nessa propriedade, você acredita que em 2031 o clima será o mesmo em sua propriedade ? () sim () não

22. Se sua resposta foi **não**, o que você acha que vai mudar no clima ?

23. Se você acredita que o clima continuará mudando até 2031, então, qual será sua atitude, ou seja, o que você pretende fazer, para manter ou aumentar a produtividade da sua lavoura de café ?

	Não concordo plenamente	Não concordo	Concordo parcialmente	Concordo	Concordo plenamente
Arrendar uma nova área para plantio (trocar de região de plantio)					
Aumentar a área (substituir a área de mata disponível)					
Aumentar a área (substituir a área de pasto disponível)					
Investir no uso de caulim processado e purificado mantendo a mesma área					
Não plantar café, e substituir por outro tipo de lavoura					

24. De acordo com sua grande experiência e seu histórico como cafeicultor, qual é sua opinião sobre o “impacto negativo para o meio ambiente” se você :

	Impacto negativo muito alto	Causa algum impacto negativo	Pouco impacto negativo	Nenhum impacto negativo	Não sei avaliar
Arrendar uma nova área para plantio nova lavoura					
Investir na aplicação do caulim mantendo a mesma área					