



COMUNICADO
TÉCNICO

250

Sete Lagoas, MG
Setembro, 2021

Embrapa

Reflectância espectral do satélite Amazonia1 para a estimativa de efeitos provocados por geadas na cultura do café em Minas Gerais

Daniel Pereira Guimarães
Elena Charlotte Landau

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

13 AÇÃO CONTRA A
MUDANÇA GLOBAL
DO CLIMA



Reflectância espectral do satélite Amazonia1 para a estimativa de efeitos provocados por geadas na cultura do café em Minas Gerais¹

Introdução

O clima exerce influência importante na fisiologia das plantas, que podem apresentar metabolismos diferentes, com distintos requerimentos em termos de temperatura, demanda hídrica e absorção da radiação solar. Fatores climáticos influenciam diretamente na fotossíntese e produção de carboidratos, conseqüentemente, no desenvolvimento e na produtividade das culturas agrícolas. Por outro lado, condições de estresse geralmente comprometem a produtividade destas (Vianello; Alves, 2000; Bortolon et al., 2016; Ayoade, 1996; Deconto, 2008; Monteiro, 2009).

Geadas formam-se em dias frios, secos e sem vento, em que a temperatura do ar atinge 0 °C ou menos. Provocam o congelamento dos tecidos vegetais, com conseqüentes danos e morte das plantas ou partes destas (folhas, flores, frutos, ramos, caule), podendo causar grandes prejuízos econômicos para os

agricultores (Deconto, 2008; Liu et al., 2018). No Brasil, geadas ocorrem com maior frequência nos meses mais frios e secos do ano, nos Estados da Região Sul, e nas áreas de maior altitude situadas no Sul do Estado de Minas Gerais, em São Paulo e no Mato Grosso do Sul. Registros meteorológicos têm indicado que existe um ciclo aproximado de 9 a 11 anos para a ocorrência de geadas mais fortes, quando as lavouras são mais afetadas (Nimer, 1989; Algarve, 1996; Deconto, 2008).

A suscetibilidade das lavouras a geadas varia principalmente de acordo com a cultura agrícola (espécie e genótipo) e com a fase fenológica desta no momento da ocorrência do fenômeno. Nas partes das plantas afetadas por geadas, os vasos condutores de seiva são necrosados, ocorrendo perda de fotossíntese e aparentando cor escura (Deconto, 2008; MFMagazine, 2021).

Efeitos regionais causados por geadas podem apresentar distribuição heterogênea na paisagem, variando de acordo com o relevo, a localização das

¹ Daniel Pereira Guimarães, Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Elena Charlotte Landau, Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo.

plantas no terreno, o grau de adensamento destas, o porte da vegetação no entorno e de características de manejo (como o uso de irrigação, coberturas protetoras, ventilação forçada, etc.) (adaptado de Caramori et al., 2007; Deconto, 2008; MFMagazine, 2021). Em diversos estudos, o levantamento de áreas impactadas é realizado com base em inspeções visuais, principalmente naquelas áreas cobertas por seguro rural. No entanto, a severidade dos danos depende da intensidade das geadas, que podem provocar desde danos referentes à queima das folhas até a morte das plantas.

Técnicas de sensoriamento remoto permitem estimar a variação geográfica e abrangência de efeitos adversos como os causados por geadas em lavouras. O uso de sensoriamento remoto tem importância fundamental para o mapeamento e monitoramento dos impactos das geadas, podendo ser empregadas imagens de alta resolução (drones ou satélites comerciais) ou imagens de menor resolução espacial disponibilizadas gratuitamente, como as da série Landsat, Sentinel e as imagens dos satélites nacionais Cbers e Amazonia 1. Os pigmentos fotossintéticos são essenciais para o desenvolvimento das plantas, sendo responsáveis pela captura da energia solar incidente necessária para a realização de fotossíntese. O sensoriamento remoto permite quantificar a ocorrência destes pigmentos em grandes extensões de lavouras agrícolas, auxiliando na determinação do estado fisiológico da vegetação, e possibilitando

a comparação entre características anteriores e posteriores à ocorrência de eventos adversos severos, como a quantificação de áreas afetadas em resposta ao estresse de congelamento (Nicotra et al., 2003; adaptado de Volpato et al., 2013, 2014).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café (FAO, 2021), com uma produção de aproximadamente 3 milhões de toneladas em 2019 (IBGE, 2020). As exportações de café em 2020 geraram uma receita de 5,6 bilhões de dólares, cerca de 30 bilhões de reais no câmbio atual. No Brasil são plantadas principalmente duas espécies de café: *Coffea arabica* (café arábica) e *C. canephora* (café robusta). Minas Gerais é o principal produtor nacional de café, concentrando também a maior extensão plantada com a cultura (990.845 ha, 54,29% da área destinada para a colheita de café no País em 2019) (IBGE, 2020). As condições climáticas favorecem o cultivo de *C. arabica*, que representa mais de 99% da área de café plantada no estado (981.773 ha ou 99,08% da área destinada à colheita em 2019), e é a espécie que produz a bebida de melhor qualidade e valor econômico. Enquanto o café do tipo robusta apresenta ótima adaptação às condições de temperaturas mais elevadas, sendo cultivado no Espírito Santo, em Rondônia e no Sul da Bahia, o café arábica requer condições mais amenas e suas maiores áreas de cultivo e qualidade da bebida estão nas regiões do Cerrado Mineiro, Sul de Minas e Mogiana (SP), em altitudes entre 850 e 1.200 metros. Nessas condições, os

riscos de geadas são maiores, embora nos últimos anos esse fenômeno tenha se tornado cada vez mais raro.

O café é extremamente sensível a baixas temperaturas. Diante do congelamento, facilmente ocorre rompimento da estrutura da parede celular. Até 1975, o café era o principal produto agrícola plantado no Paraná. A forte geada ocorrida em 18 de julho daquele ano causou imensos prejuízos econômicos aos cafeicultores do estado, queimando quase todas as plantações da época. De acordo com o levantamento efetuado pelo

Instituto Brasileiro do Café (IBC), 300 mil hectares da lavoura foram erradicados no Paraná em um ano, e muitos agricultores migraram para áreas urbanas ou outras regiões do País (MFMagazine, 2021). Os agricultores do Paraná optaram posteriormente pelo plantio de soja, o que contribuiu para a migração das áreas de cultivo de café para as regiões atuais, como apresentado para o País pela Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, 2015, 2021), Landau et al. (2018, 2020), e, com maior detalhamento para o Estado de Minas Gerais, na **Figura 1**.

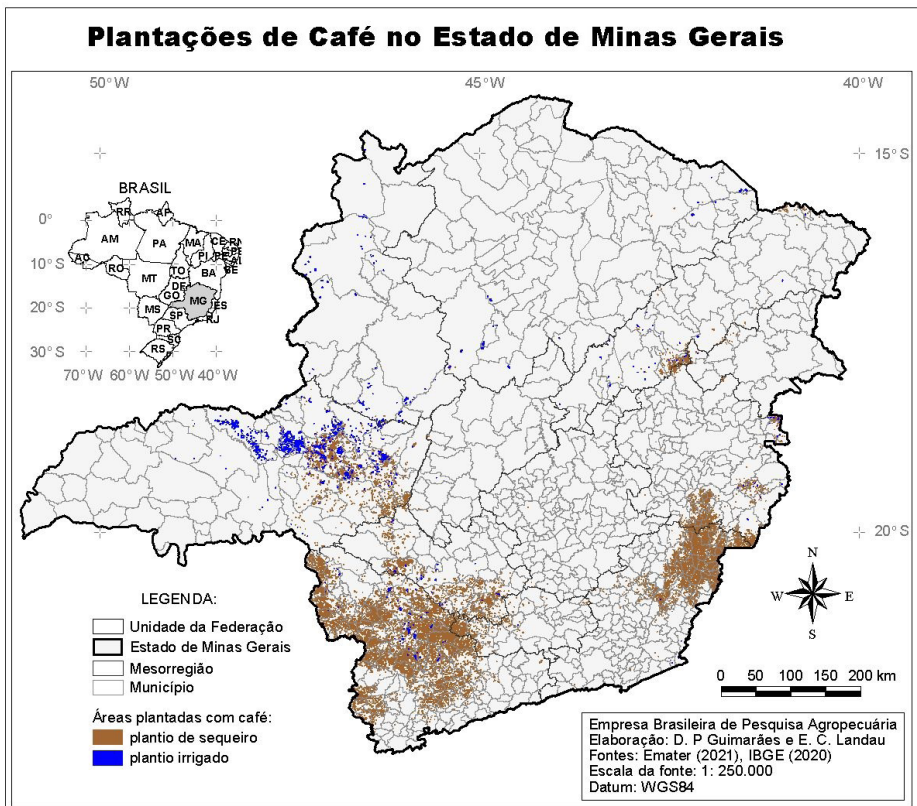


Figura 1. Plantios de café de sequeiro e irrigados do Estado de Minas Gerais em 2019. Fonte de dados: Geoportal do Café (Emater-MG, 2021), IBGE (2020).

Durante o mês de julho de 2021 houve ocorrência de fortes geadas nas regiões cafeeiras do Estado de Minas Gerais, principal produtor nacional de café (Bernardes, 2021). As características de bionalidade, com alternâncias entre altas e baixas na produtividade, e os impactos da estiagem contribuíram para uma queda na safra atual em cerca de 30% com relação à safra do ano passado. De acordo com as estatísticas da Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, 2021), a produção da safra brasileira de café foi de 63,1 milhões de sacas em 2020 e uma expectativa de colheita de 48,8 milhões de sacas neste ano. No entanto, as expectativas de altas produtividades na safra de 2022 estão sendo frustradas pela baixa disponibilidade hídrica dos solos e pelo impacto das geadas nas principais regiões produtoras.

Diante do impacto causado pelas recentes geadas nas principais regiões produtoras de café do País, o presente trabalho objetivou o mapeamento de áreas de cafezais afetados no Estado de Minas Gerais, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Os procedimentos apresentados para a identificação de áreas afetadas por fatores climáticos adversos poderão ser adotados para mensurar efeitos de mudanças climáticas, podendo subsidiar futuras ações de prevenção e mitigação destes, contribuindo para o atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável ODS13 “Ação Contra a Mudança Global do Clima”, considerando mais especificamente as metas 13.1 – “Reforçar a

resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países” e 13.2 – “Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais”.

Ocorrência de geadas

O mês de julho foi marcado pela entrada de fortes massas de ar de origem polar no País, com a ocorrência de neve nos estados da Região Sul, e a formação de geadas, atingindo também estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste, inclusive o Mato Grosso. Em Minas Gerais, as temperaturas mais baixas ocorreram nos dias 20 e 30 de julho, quando foram registradas temperatura mínimas inferiores a 4 °C, em 12 estações meteorológicas do Inmet instaladas em regiões produtoras de café, sendo que em seis dessas houve temperaturas negativas (**Figura 2**). Além do café, cultura de maior expressão econômica, as geadas impactaram consideravelmente também áreas de fruticultura, floricultura, pastagens, outras lavouras e vegetação nativa, principalmente as matas ciliares.

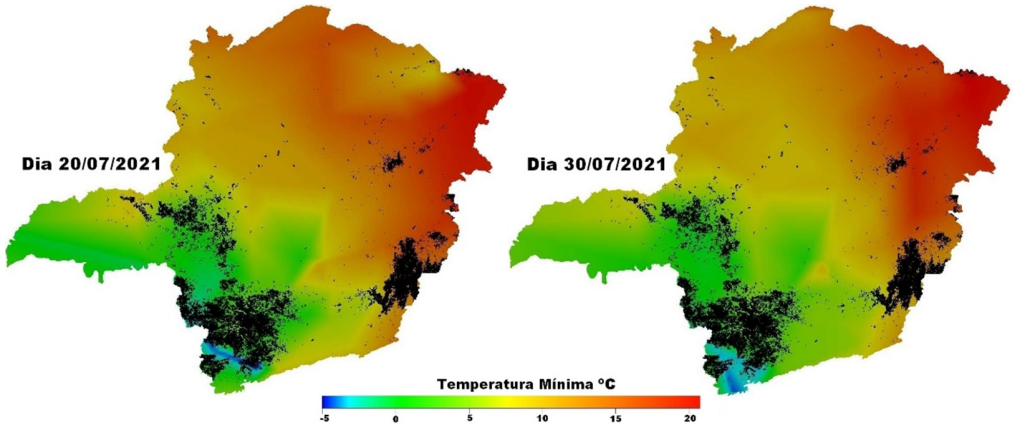


Figura 2. Temperaturas mínimas registradas nos dias 20 e 30 de julho de 2021 e áreas de cultivo de café em Minas Gerais. Fonte de dados: Geoportal do Café (Emater-MG, 2021) e interpolação com base em temperaturas mínimas absolutas registradas em estações meteorológicas automáticas do INMET. Os plantios de café foram destacados na cor preta.

Levantamento das áreas afetadas utilizando imagens de satélite de livre acesso

A disponibilidade de acesso a imagens gratuitas de sensores remotos facilita o monitoramento da cobertura e do uso da terra a baixo custo. O satélite Landsat tem imagens com resolução espacial de 30 metros (15 na banda pancromática) e faz o imageamento a cada 16 dias. O Sentinel 2 da Agência Espacial Europeia tem resolução espacial de 10 metros e período de retorno de cinco dias. O satélite brasileiro CBERS 4A tem resolução de 55 metros e passagem a cada cinco dias, além da Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), que permite

a geração de imagens com resolução espacial de 2 metros, mas o período de retorno na área é de 31 dias (Correa; Canil, 2020).

O Amazonia 1 é o primeiro satélite totalmente nacional. Foi lançado no dia 28 de fevereiro de 2021, sendo as primeiras imagens distribuídas aos usuários a partir do mês de março (**Figura 3**). Embora a resolução espacial de 64 metros seja inferior à dos demais, cada imagem cobre uma área de 870 quilômetros de largura com período de retorno a cada cinco dias. Além de contar com as três bandas do espectro visível, o Amazonia 1 tem ainda a banda do infravermelho próximo, que permite a geração de índices espectrais (Brasil, 2021).



Figura 3. Imagem do Satélite Amazonia 1 sobre a região de Furnas, Minas Gerais, em 14/08/2021. Fonte das imagens: INPE (2021).

Mapeamento dos cafezais atingidos pelas geadas

O Governo de Minas Gerais criou o Geoportal do Café para disponibilização de informações sobre a cultura (ver <http://portaldocafedeminas.emater.mg.gov.br/Mapas>). A partir da integração entre instituições estaduais (Seapa, Emater, Epamig) e federais (Embrapa, Conab), foi realizado o georreferenciamento com a delimitação das áreas de cultivo do café no estado, permitindo a quantificação da área ocupada por cada lavoura, e o posterior monitoramento desta por sensoriamento remoto.

Plantas cujas folhas foram submetidas a estresses hídricos ou térmicos apresentam menores teores de pigmentações pela clorofila e podem ser diferenciadas em imagens multiespectrais. As bandas NIR (infravermelho próximo) e vermelho foram usadas para a determinação do *Índice de Pigmento por Razão Simples* (PSSR) utilizado na avaliação das respostas espectrais das lavouras antes e depois da ocorrência das geadas (**Figura 4**). Quanto maior a redução do índice espectral, maior o impacto da geada sobre a lavoura (Ferri et al., 2001; Nicotra et al., 2003; Blackburn, 2007; Ustin et al., 2009; Silva, 2012; Meyer et al., 2019; Caasi et al., 2020).

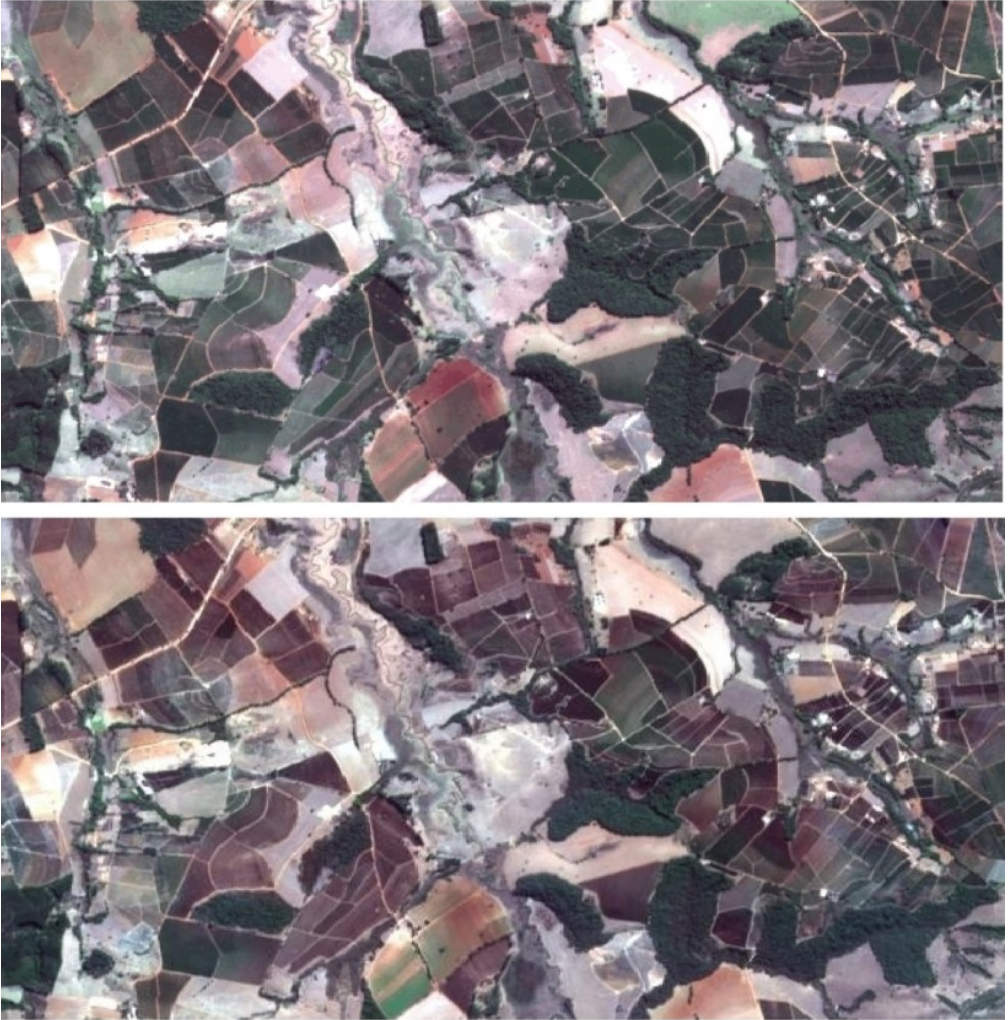


Figura 4. Áreas de cultivo de café antes e após a ocorrência das geadas do mês de julho de 2021, nas proximidades de Córrego do Ouro, município de Campos Gerais-MG. Fonte de imagens: Sentinel 2 – Copernicus – ESA (Sentinel Online, 2021).

Foi considerado o mapeamento das áreas cultivadas com café em 263 municípios do estado, envolvendo uma área cultivada com café de 830 mil hectares, dos quais 110 mil hectares sob sistemas de irrigação. A sobreposição espacial entre as áreas cultivadas com café e a delimitação das propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR) permitiram estimar a quantidade de proprietários e as respectivas áreas afetadas. Os efeitos das geadas nas lavouras foram contabilizados a partir da comparação (diferença) entre padrões de reflectância espectral captados através da aplicação do *Índice de Pigmento por Razão Simples* (PSSR) em imagens do satélite Amazonia 1 anteriores e posteriores à ocorrência das geadas. Áreas onde as lavouras de café eram novas, tinham passado por cortes ou podas recentes e/ou que apresentavam valores baixos de reflectância (anteriores à ocorrência das geadas) não foram consideradas para fins de avaliação dos efeitos das geadas. Lavouras de café com áreas inferiores a 0,5 hectares também não foram contabilizadas, dada a resolução espacial (tamanho do pixel) das imagens de satélite consideradas.

Impacto das geadas sobre os cafezais de Minas Gerais

Foi contabilizada uma área total de quase 168 mil hectares afetadas pelas geadas no estado (167.670,8 ha), portanto mais de 20% (20,3%) das áreas plantadas com café². No caso do café de sequeiro, foi impactada uma área de 154.950,8 ha (21,6%) pelas geadas; e, no caso do café irrigado, uma área de 12.720 hectares (11,6%)³.

Entre os 10.973 imóveis rurais de cafeicultores registrados no Cadastro Ambiental Rural, mais de 50% (53,55%, 5.876 imóveis rurais) apresentaram área plantada até 5 ha; e mais de 70% (71,85%, 7.884 imóveis) dos produtores afetados pelas geadas possuem propriedades com áreas de plantio inferiores a 10 ha, correspondendo a apenas 21,57% da área total destinada ao plantio da cultura (**Tabela 1**). Por outro lado, 449 produtores (4,09%) detêm 34,38% da área impactada pelas geadas. Estes resultados demonstram as dificuldades

² A base de dados gerada em formato vetorial (*shapefile*) pode ser acessada através da Plataforma Geoinfo/ Embrapa: http://geoinfo.cnpms.embrapa.br/layers/geonode%3Amsg_cafe_geadas2021_amazonia1

³ Levantamentos baseados em imagens de satélite de alta resolução e incluindo áreas menores do que 0,5 ha poderão revelar áreas afetadas ainda maiores do que as obtidas neste estudo, mas provavelmente demandarão mais tempo, além de capacidade de armazenamento e processamento de grande quantidade de imagens.

do atendimento da assistência técnica e de acesso ao seguro rural, bem como as funcionalidades do sensoriamento para efetuar esses diagnósticos. Uma área de 40.333 hectares de cafezais corresponde a proprietários que ainda não aderiram ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), ou seja, quase 20% das lavouras de café estão em propriedades rurais sem CAR.

De acordo com a metodologia adotada, considerando os municípios com mais de 5.000 ha plantados em 2019, os cafezais do município de Campestre foram os mais impactados pelas geadas, chegando a um percentual de aproximadamente 70% destes afetados (69,7%) (Tabela 2, Figura 5). Considerando todos os municípios com plantios em 2019, aqueles com maior área relativa dos cafezais afetados pelas geadas

foram: Maria da Fé (88,5%), Conquista (86,4%) e Poço de Caldas (83,8%).

No total, entre os municípios com mais de 5.000 ha plantados em 2019, 18 tiveram mais do que 20% da área de cafezais afetada pelas geadas, e seis municípios, mais da metade da área plantada: Campestre, Poço Fundo, Santa Rita do Sapucaí, Botelhos, Machado e São Gonçalo do Sapucaí (Tabela 2, Figura 5). Considerando todos os municípios com plantios de café, 67 tiveram mais do que 20% da área de cafezais afetada pelas geadas, sendo 33 com mais do que a metade da área plantada afetada. A maioria das plantações de café encontra-se em altitudes em torno de 1.100 metros. O município de Patrocínio, principal produtor de café do estado, teve 17,6% dos cafezais atingidos pelas geadas.

Tabela 1. Áreas afetadas pelas geadas ocorridas em julho de 2021 em Minas Gerais em relação ao tamanho das lavouras de café por propriedade, considerando os imóveis rurais de cafeicultores registrados no Cadastro Ambiental Rural.

Área cultivada com café na propriedade (ha)	Número de produtores rurais (número)	Percentual de produtores rurais (%)	Área afetada (ha)	Área relativa afetada (%)
0,5 – ≤5	5.876	53,55	13.023,0	10,23
5 – ≤10	2.008	18,30	14.444,2	11,34
10 – ≤15	958	8,73	11.778,6	9,25
15 – ≤20	571	5,20	9.904,3	7,78
20 – ≤25	358	3,26	7.994,3	6,28
25 – ≤30	233	2,12	6.407,1	5,03
30 – ≤35	184	1,68	5.967,1	4,69
35 – ≤40	127	1,16	4.738,8	3,72
40 – ≤50	209	1,90	9.295,7	7,30
>50	449	4,09	43.784,7	34,38
Total	10.973	100,00	127.337,8	100,00

Tabela 2. Percentuais das áreas de cafezais atingidas pelas geadas em julho de 2021 em municípios produtores de café do Estado de Minas Gerais.

Município	Área plantada com café em 2019 (ha)			Área afetada pelas geadas de julho/2021* (ha)			Percentual da área plantada afetada pelas geadas (%)		
	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total
Maria da Fé	149,1		149,1	132,0		132,0	88,53		88,53
Conquista	6,6		6,6	5,7		5,7	86,36		86,36
Poços de Caldas	3.513,6		3.513,6	2.944,0		2.944,0	83,79		83,79
Pedralva	2.355,1		2.355,1	1.850,7		1.850,7	78,58		78,58
Conceição dos Ouros	291,9		291,9	226,3		226,3	77,53		77,53
Olímpio Noronha	810,1		810,1	617,4		617,4	76,21		76,21
Heliodora	3.232,8		3.232,8	2.445,7		2.445,7	75,65		75,65
Lambari	4.790,3		4.790,3	3.506,9		3.506,9	73,21		73,21
Campestre	13.104,7		13.104,7	9.138,6		9.138,6	69,74		69,74
São João da Mata	1.203,0		1.203,0	826,9		826,9	68,74		68,74
Poço Fundo	10.544,8	1,1	10.545,9	7.237,7		7.237,7	68,64		68,63
Ibitiúra de Minas	1.654,1		1.654,1	1.129,7		1.129,7	68,30		68,30
São José do Alegre	255,8		255,8	171,9		171,9	67,20		67,20
Santa Rita do Sapucaí	5.283,7		5.283,7	3.481,1		3.481,1	65,88		65,88
Cambuquira	2.753,6		2.753,6	1.806,5		1.806,5	65,61		65,61
Botelhos	8.491,5		8.491,5	5.529,7		5.529,7	65,12		65,12
Conceição do Rio Verde	3.216,0		3.216,0	2.091,3		2.091,3	65,03		65,03
Caldas	1.312,3		1.312,3	852,5		852,5	64,96		64,96
Jesuânia	1.851,8		1.851,8	1.194,9		1.194,9	64,53		64,53
Paraisópolis	37,7		37,7	23,9		23,9	63,40		63,40
Campanha	4.079,8	9,4	4.089,2	2.532,9	5,5	2.538,4	62,08	58,51	62,08
Machado	16.201,0	613,0	16.814,0	9.599,2	508,2	10.107,4	59,25	82,90	60,11
Cristina	1.359,0		1.359,0	814,8		814,8	59,96		59,96
Silvianópolis	1.453,2		1.453,2	857,2		857,2	58,99		58,99
São Gonçalo do Sapucaí	5.710,8		5.710,8	3.346,8		3.346,8	58,60		58,60
Espírito Santo do Dourado	467,5		467,5	265,1		265,1	56,71		56,71
Conceição das Pedras	1.498,8		1.498,8	847,5		847,5	56,55		56,55
São João Batista do Glória	281,9	7,8	289,7	149,0	7,8	156,8	52,86	100,00	54,12
Bandeira do Sul	342,1		342,1	179,5		179,5	52,47		52,47
Carmo de Minas	3.625,6		3.625,6	1.901,3		1.901,3	52,44		52,44
Munhoz	52,5		52,5	27,4		27,4	52,19		52,19
Carvalhópolis	1.823,3		1.823,3	934,2		934,2	51,24		51,24
Cordislândia	1.846,9		1.846,9	929,2		929,2	50,31		50,31
Natércia	1.915,2		1.915,2	931,8		931,8	48,65		48,65
Turvolândia	1.581,6		1.581,6	769,1		769,1	48,63		48,63
Careaçu	1.525,4		1.525,4	721,3		721,3	47,29		47,29
Monsenhor Paulo	3.002,6		3.002,6	1.414,6		1.414,6	47,11		47,11
Minduri	23,8		23,8	10,9		10,9	45,80		45,80
Cambuí	12,8		12,8	5,7		5,7	44,53		44,53
Itajubá	27,8		27,8	12,2		12,2	43,88		43,88
São Sebastião da Bela Vista	1.301,2		1.301,2	565,6		565,6	43,47		43,47
Cachoeira de Minas	1.408,5		1.408,5	572,5		572,5	40,65		40,65
Andradas	9.484,9		9.484,9	3.821,9		3.821,9	40,29		40,29
Piranguinho	473,4		473,4	189,9		189,9	40,11		40,11
Pouso Alegre	90,4		90,4	33,5		33,5	37,06		37,06
Oliveira	5.579,6	224,6	5.804,2	1.966,8	112,2	2.079,0	35,25	49,96	35,82
Luminárias	2.236,6		2.236,6	791,8		791,8	35,40		35,40
Brazópolis	433,0		433,0	151,4		151,4	34,97		34,97
Paraguaçu	9.140,6	163,7	9.304,3	3.074,8	141,8	3.216,6	33,64	86,62	34,57

Continua...

Tabela 2. Continua

Município	Área plantada com café em 2019 (ha)			Área afetada pelas geadas de julho/2021* (ha)			Percentual da área plantada afetada pelas geadas (%)		
	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total
Serra do Salitre	13.711,3	4.889,9	18.601,2	4.070,2	2.323,7	6.393,9	29,69	47,52	34,37
Formiga	2.141,7	742,7	2.884,4	684,8	206,9	891,7	31,97	27,86	30,91
Alfenas	10.296,4	3.048,1	13.344,5	2.580,7	1.483,8	4.064,5	25,06	48,68	30,46
Perdizes	7.279,6	1.048,4	8.328,0	1.825,3	616,6	2.441,9	25,07	58,81	29,32
Campos Gerais	24.818,4	912,1	25.730,5	7.135,4	367,8	7.503,2	28,75	40,32	29,16
Três Corações	7.336,2	92,3	7.428,5	1.968,3	15,2	1.983,5	26,83	16,47	26,70
Nazareno	1.871,6		1.871,6	492,2		492,2	26,30		26,30
Araxá	3.243,5	86,5	3.330,0	779,9	82,0	861,9	24,05	94,80	25,88
Campo do Meio	5.136,3	594,1	5.730,4	1.448,7	26,3	1.475,0	28,21	4,43	25,74
São João del-Rei	335,9	13,0	348,9	87,2		87,2	25,96		24,99
Santa Rita de Caldas	194,8		194,8	46,6		46,6	23,92		23,92
Elói Mendes	9.381,2	200,7	9.581,9	2.123,3	121,1	2.244,4	22,63	60,34	23,42
Congonhal	328,9		328,9	75,5		75,5	22,96		22,96
Santana da Vargem	5.825,7		5.825,7	1.326,7		1.326,7	22,77		22,77
Três Pontas	25.333,9	82,0	25.415,9	5.606,2	68,6	5.674,8	22,13	83,66	22,33
Bambuí	3.052,0		3.052,0	653,0		653,0	21,40		21,40
Borda da Mata	853,1		853,1	176,6		176,6	20,70		20,70
Senador José Bento	469,8		469,8	95,3		95,3	20,29		20,29
Serrania	3.400,9		3.400,9	671,5		671,5	19,74		19,74
Bom Sucesso	3.650,3		3.650,3	718,3		718,3	19,68		19,68
São Thomé das Letras	995,6		995,6	193,7		193,7	19,46		19,46
Jacutinga	4.207,8		4.207,8	812,4		812,4	19,31		19,31
Ibiá	8.255,9	284,1	8.540,0	1.518,6	102,5	1.621,1	18,39	36,08	18,98
Ouro Fino	7.008,2		7.008,2	1.325,7		1.325,7	18,92		18,92
Caxambu	98,5		98,5	18,6		18,6	18,88		18,88
Coqueiral	7.280,5		7.280,5	1.374,0		1.374,0	18,87		18,87
São Bento Abade	980,7		980,7	177,1		177,1	18,06		18,06
Patrocínio	37.255,2	14.199,8	51.455,0	6.528,1	2.518,4	9.046,5	17,52	17,74	17,58
Soledade de Minas	373,6		373,6	64,1		64,1	17,16		17,16
Alterosa	4.867,0		4.867,0	830,0		830,0	17,05		17,05
Bom Jesus da Penha	2.685,7		2.685,7	455,7		455,7	16,97		16,97
Boa Esperança	19.066,5	386,1	19.452,6	3.142,1	137,2	3.279,3	16,48	35,53	16,86
Lavras	4.913,2		4.913,2	818,1		818,1	16,65		16,65
Patos de Minas	2.929,2	6.048,9	8.978,1	410,4	1.056,0	1.466,4	14,01	17,46	16,33
Ingaí	563,4		563,4	90,1		90,1	15,99		15,99
Medeiros	3.309,8		3.309,8	527,9		527,9	15,95		15,95
Alpinópolis	5.760,2		5.760,2	884,5		884,5	15,36		15,36
Carmo do Rio Claro	11.354,1	683,0	12.037,1	1.716,0	68,0	1.784,0	15,11	9,96	14,82
Santo Antônio do Amparo	7.283,9	19,6	7.303,5	1.053,1		1.053,1	14,46		14,42
Areão	3.352,6	20,1	3.372,7	429,6	20,1	449,7	12,81	100,00	13,33
Cruzília	179,7		179,7	23,9		23,9	13,30		13,30
Divisa Nova	2.026,9		2.026,9	261,8		261,8	12,92		12,92
Delfinópolis	305,9		305,9	39,3		39,3	12,85		12,85
Fama	1.335,4		1.335,4	170,1		170,1	12,74		12,74
São Francisco de Paula	2.575,2		2.575,2	324,0		324,0	12,58		12,58
Nepomuceno	13.834,4		13.834,4	1.715,5		1.715,5	12,40		12,40
Lagoa Formosa	469,4	493,2	962,6	60,8	55,9	116,7	12,95	11,33	12,12
Itumirim	295,6		295,6	34,9		34,9	11,81		11,81
Carmo da Cachoeira	13.279,4		13.279,4	1.562,5		1.562,5	11,77		11,77
São José da Barra	2.312,3	890,1	3.202,4	341,1	30,9	372,0	14,75	3,47	11,62
Piumhi	15.369,8	767,8	16.137,6	1.769,6	98,0	1.867,6	11,51	12,76	11,57
Ilicinea	6.685,8		6.685,8	746,5		746,5	11,17		11,17
Inconfidentes	1.779,9		1.779,9	195,4		195,4	10,98		10,98
Passos	2.819,4		2.819,4	305,2		305,2	10,82		10,82

Continua...

Tabela 2. Continua

Município	Área plantada com café em 2019 (ha)			Área afetada pelas geadas de julho/2021* (ha)			Percentual da área plantada afetada pelas geadas (%)		
	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total
Passa Tempo	62,4		62,4	6,6		6,6	10,58		10,58
Aguanil	967,6	223,7	1.191,3	57,6	67,2	124,8	5,95	30,04	10,48
Indianópolis		5.158,2	5.158,2		535,3	535,3		10,38	10,38
Cristais	5.228,5	174,3	5.402,8	468,7	66,7	535,4	8,96	38,27	9,91
Varginha	9.342,0		9.342,0	887,7		887,7	9,50		9,50
Tapira	308,7		308,7	27,2		27,2	8,81		8,81
Conceição da Barra de Minas	268,0	58,9	326,9	28,7		28,7	10,71		8,78
Monte Belo	5.143,1		5.143,1	432,1		432,1	8,40		8,40
Desterro de Entre Rios	35,3		35,3	2,9		2,9	8,22		8,22
Campos Altos	9.162,8		9.162,8	751,7		751,7	8,20		8,20
Baependi	904,6		904,6	72,5		72,5	8,01		8,01
Cássia	5.010,2	514,7	5.524,9	408,2		408,2	8,15		7,39
Pratinha	2.533,8		2.533,8	183,4		183,4	7,24		7,24
Candeias	6.038,0		6.038,0	431,9		431,9	7,15		7,15
Andrelândia	353,9		353,9	25,3		25,3	7,15		7,15
Nova Resende	13.443,2		13.443,2	947,4		947,4	7,05		7,05
Guapé	7.706,0	379,9	8.085,9	373,5	186,6	560,1	4,85	49,12	6,93
Nova Ponte		358,9	358,9		24,3	24,3		6,77	6,77
Campo Belo	1.737,4		1.737,4	117,4		117,4	6,76		6,76
Tocos do Moji	386,6		386,6	25,5		25,5	6,60		6,60
Guimarânia	3.528,2	269,6	3.797,8	172,8	75,8	248,6	4,90	28,12	6,55
Pimenta	1.557,3	304,1	1.861,4	119,7		119,7	7,69		6,43
Santana do Jacaré	451,5		451,5	26,9		26,9	5,96		5,96
Cana Verde	851,4		851,4	48,8		48,8	5,73		5,73
Albertina	2.104,0		2.104,0	120,0		120,0	5,70		5,70
Claraval	3.645,0	10,8	3.655,8	203,7		203,7	5,59		5,57
Conceição da Aparecida	7.855,1		7.855,1	430,3		430,3	5,48		5,48
Estrela do Sul	637,8	2.244,0	2.881,8		157,3	157,3		7,01	5,46
Jacuí	3.692,7		3.692,7	178,8		178,8	4,84		4,84
Pratápolis	207,6		207,6	9,6		9,6	4,62		4,62
São Pedro da União	4.208,8		4.208,8	192,7		192,7	4,58		4,58
Juruáia	5.439,4		5.439,4	248,8		248,8	4,57		4,57
Camacho	1.764,4		1.764,4	79,1		79,1	4,48		4,48
Rio Paranaíba	12.062,4	1.785,4	13.847,8	375,1	237,8	612,9	3,11	13,32	4,43
Romaria	32,0	8.714,1	8.746,1		375,1	375,1		4,30	4,29
Muzambinho	9.267,1		9.267,1	373,3		373,3	4,03		4,03
Cabo Verde	10.414,8		10.414,8	394,6		394,6	3,79		3,79
Sacramento	1.381,8	264,8	1.646,6	59,5	1,2	60,7	4,31	0,45	3,69
Guaranésia	4.768,4	39,2	4.807,6	155,3	13,2	168,5	3,26	33,67	3,50
Ritápolis	282,7		282,7	9,4		9,4	3,33		3,33
Bueno Brandão	2.588,3		2.588,3	83,8		83,8	3,24		3,24
Cruzeiro da Fortaleza	936,2		936,2	28,2		28,2	3,01		3,01
Tiros	1.254,6	139,2	1.393,8	41,1		41,1	3,28		2,95
Itamogi	10.289,6	26,1	10.315,7	299,6		299,6	2,91		2,90
Monte Carmelo	2.208,4	16.675,8	18.884,2	65,7	449,2	514,9	2,98	2,69	2,73
Monte Sião	2.426,0		2.426,0	65,1		65,1	2,68		2,68
Carmo do Paranaíba	7.124,2	4.875,8	12.000,0	101,5	178,4	279,9	1,42	3,66	2,33
Itapacerica	394,1	103,3	497,4	10,4		10,4	2,64		2,09
Capitólio	1.649,7		1.649,7	34,2		34,2	2,07		2,07
Ibituruna	567,3		567,3	8,8		8,8	1,55		1,55
Perdões	2.991,2		2.991,2	45,4		45,4	1,52		1,52
Ibiraci	13.615,1	41,3	13.656,4	206,6		206,6	1,52		1,51
Arceburgo	1.418,3	38,6	1.456,9	19,6		19,6	1,38		1,35
Araguari		13.477,8	13.477,8		177,0	177,0		1,31	1,31

Continua...

Tabela 2. Continua

Município	Área plantada com café em 2019 (ha)			Área afetada pelas geadas de julho/2021* (ha)			Percentual da área plantada afetada pelas geadas (%)		
	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total	Sequeiro	Irrigado	Total
Córrego Danta	508,8		508,8	6,4		6,4	1,26		1,26
Fortaleza de Minas	1.124,1		1.124,1	13,7		13,7	1,22		1,22
Doresópolis	232,6		232,6	2,7		2,7	1,16		1,16
Monte Santo de Minas	10.028,2		10.028,2	112,5		112,5	1,12		1,12
Dom Viçoso	441,8		441,8	3,5		3,5	0,79		0,79
São Sebastião do Paraíso	15.572,0	292,4	15.864,4	98,7		98,7	0,63		0,62
Capetinga	4.912,7	41,8	4.954,5	24,5		24,5	0,50		0,49
São Gotardo	1.706,5	301,7	2.008,2	8,7	0,8	9,5	0,51	0,27	0,47
São Tomás de Aquino	8.304,0	5,3	8.309,3	39,2		39,2	0,47		0,47
Guaxupé	6.252,3		6.252,3	27,9		27,9	0,45		0,45
Santa Rosa da Serra	3.394,6		3.394,6	11,1		11,1	0,33		0,33
Arapuã	843,6		843,6	2,4		2,4	0,28		0,28
Carmópolis de Minas	216,1		216,1	0,5		0,5	0,23		0,23
Coromandel	2.841,5	8.381,2	11.222,7	24,9		24,9	0,88		0,22
Presidente Olegário	775,6	3.754,3	4.529,9						
Varjão de Minas	36,7	1.851,4	1.888,1						
Tapiraí	880,7	314,2	1.194,9						
Cascalho Rico	5,3	416,4	421,7						
Uberlândia	5,1	412,7	417,8						
São Tiago	370,9		370,9						
Lagamar		348,8	348,8						
Uberaba	116,7	228,2	344,9						
Cláudio	286,5		286,5						
Pedrinópolis	249,8	14,4	264,2						
Córrego Fundo	85,4	169,0	254,4						
Matutina	243,8		243,8						
Abadia dos Dourados	19,5	216,4	235,9						
Ijaci	152,4	9,5	161,9						
Luz	155,6		155,6						
Ribeirão Vermelho	153,8		153,8						
Pains	150,0		150,0						
Monte Alegre de Minas		141,7	141,7						
Pouso Alto	131,4		131,4						
Estrela do Indaiaí	125,9		125,9						
Itutinga	119,3		119,3						
Tupaciguara	92,6		92,6						
Santa Juliana	54,2		54,2						
Lagoa Dourada	48,4		48,4						
Itaú de Minas	14,1		14,1						
Aiuruoca	6,1		6,1						
Consolação	2,6		2,6						
Entre Rios de Minas	2,0		2,0						
Piracema	0,3		0,3						
Itamonte	0,1		0,1						
Somatório	717.221,6	109.300,0	826.521,6	154.950,8	12.720,4	167.671,2	21,60	11,64	20,29

* estimativa baseada em imagens do satélite Amazonia 1 e metodologia adotada. Fonte de dados: Geoportal do Café (Emater-MG, 2021), IBGE (2020), dados originais.

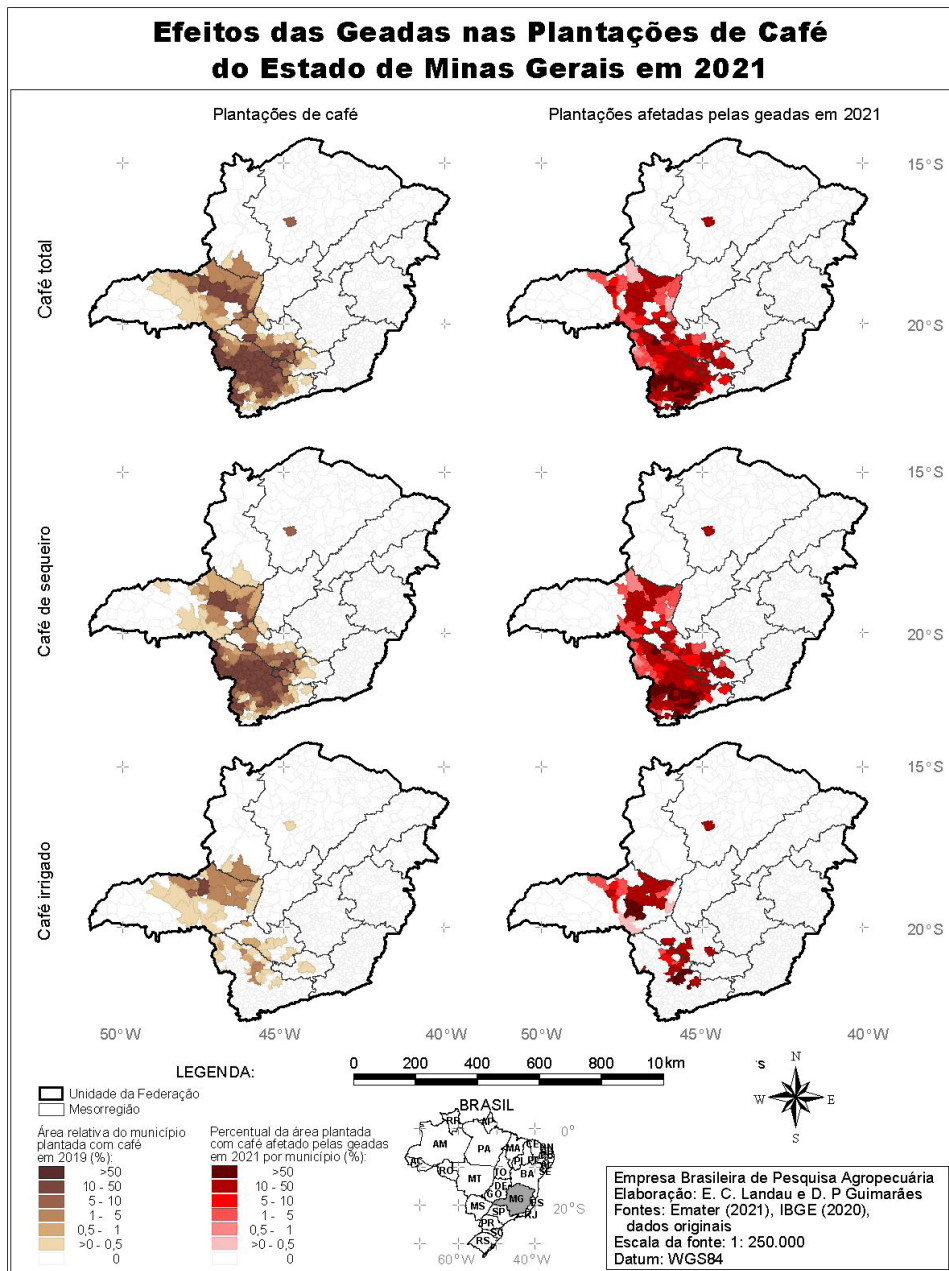


Figura 5. Áreas relativas plantadas com café de sequeiro e irrigado por município em 2019 e percentual dessas áreas atingidas pelas geadas ocorridas em julho de 2021 no Estado de Minas Gerais. Fonte de dados: Geoportal do Café (Emater-MG, 2021), IBGE (2020), dados originais

Considerações finais

As áreas de café mais impactadas pelas geadas concentraram-se nas Mesorregiões Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Oeste de Minas, onde as temperaturas mínimas absolutas atingiram valores mais baixos, trazendo como consequências prejuízos para os cafezais que implicarão a redução nacional da produção de café arábica nas próximas safras.

As ferramentas de sensoriamento permitem avaliar as áreas impactadas pelas geadas e o comportamento das lavouras em relação à próxima safra, tendo em vista a capacidade fotossintética das plantas afetadas pelo frio e as condições hídricas dos solos. Servem, ainda, para direcionar as áreas a serem monitoradas em relação à próxima florada e à produção de grãos na safra de 2022. O satélite Amazonia 1 apresenta-se como ferramenta promissora para o rápido monitoramento do efeito de adversidades climáticas sobre culturas agrícolas e a vegetação no Brasil. A geolocalização das áreas de cultivo e o Cadastro Ambiental Rural são fundamentais para o monitoramento do setor rural com as ferramentas da agricultura 4.0. Assim, o presente trabalho é de relevância para a avaliação do impacto das geadas na cafeicultura em Minas Gerais, estado maior produtor do grão, podendo subsidiar políticas públicas e ações ligadas ao setor.

Referências

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Café, v. 8, n. 2, safra 2020/21, maio 2021: segundo levantamento. Brasília, DF: Conab, 2021. 62 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>. Acesso em: 7 ago. 2021.

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Café, v. 2, n. 2, safra 2015, junho 2015: segundo levantamento. Brasília, DF: Conab, 2015. 59 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/1180_8e-9cae8899f2dd460048b00c5b67ff08. Acesso em: 7 ago. 2021.

ALGARVE, V. R. Geadas no Brasil. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 13, p. 123-128, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~r-climanl/boletim/cliesp10a/geada.html>. Acesso em: 11 ago. 2021.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p. Disponível em: <http://bodegadageografia.blogspot.com/2016/04/ayoade-jo-introducao-climatologia-para.html>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BERNARDES, I. Onda de frio chega com recordes e imagens de geadas e até neve impressionam. **Jornal Estado de Minas**, 30 jul. 2021. Notícias. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2021/07/30/interna_nacional,1291475/onda-de-frio-chega-com-recordes-e-imagens-de-geadas-e-ate-neve-impressionam.shtml. Acesso em: 30 jul. 2021.

BLACKBURN, G. A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 4, p. 855-867, 2007. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/58/4/855/424429>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BORTOLON, E. S. O.; SOUZA, J. P. de; BORTOLON, L.; EVANGELISTA, B. A.; DONAGEMMA, G. K. **Caracterização climática da região de Pedro Afonso-TO no período de 1985 a 2014**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016. 66 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Documentos, 25). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151623/1/CNPASA-2016-doc25.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Imagens do satélite Amazonia-1 estão disponíveis para o público**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/07/imagens-do-satelite-amazonia-1-estao-disponiveis-para-o-publico>. Acesso em: 4 ago 2021.

CAASI, O.; HONGO, C.; WUYONO, S.; GIAMERTI, Y.; SAITO, D.; HOMMA, K.; SHISHIDO, M. The potential of using Sentinel-2 satellite imagery in assessing bacterial leaf blight on rice in West Java, Indonesia. **Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences**, v. 26, n. 1, p. 1-16, 2020. Disponível em: <http://issaasphil.org/wp-content/uploads/2020/06/1.-Caasi-et-al-2020.-Sentinel-2-imagery-FINAL.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; CARNEIRO FILHO, F.; OLIVEIRA, D. de; MORAIS, H.; LEAL, A. C.; GALDINO, J. **Métodos de proteção contra geadas em cafezais em formação**. Londrina: IAPAR, 2007. (Informe da Pesquisa). Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/protgeada.pdf. Acesso em: 14 ago. 2021.

CORREA, D. B.; CANIL, K. Utilização de imagens gratuitas de sensores remotos para análise de riscos de movimentos de massa na Bacia do Córrego Alvarenga, São Bernardo do Campo, São Paulo. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 10, p. 88-109, 2020. Disponível em: https://www.abge.org.br/downloads/7_UTILIZACAO%20DE%20IMAGENS%20GRATUITAS%20DE.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.

DECONTO, J. G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102629/1/Aquecimento-Global-e-a-Nova-Geografia-na-Producao-Agricola-1.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

EMATER-MG. **Portal do café de Minas**. Disponível em: <http://portaldocafedeminas.emater.mg.gov.br/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

FAO. **Food and agriculture data**: production: crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FERRI, C. P.; FORMAGGIO, A. R.; SCHIAVINATO, M. A. Avaliação de índices de pigmentos fotossintéticos na estimativa da concentração de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* [L], Merrill). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 75-78. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.12.17.08/doc/0075.78.137.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

IBGE. **Malha municipal digital 2019**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=27733&t=downloads>. Acesso em: 30 jul. 2021.

INPE. **Divisão de geração de imagens**. Disponível em: http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore_. Acesso em: 21 ago. 2021.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A. **Dinâmica espaço-temporal da produção de milho, soja e café no Estado de Minas Gerais entre 1990 e 2016**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 79 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 162). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1100061>. Acesso em 10 ago. 2021.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L. Evolução da produção de café (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*, Rubiaceae). In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 18, p. 559-622. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122656>. Acesso em: 10 ago. 2021.

LIU, X.; ZHOU, Y.; XIAO, J.; BAO, F. Effects of chilling on the structure, function and development of chloroplasts. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, article 1715, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01715>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01715/full>. Acesso em: 20 ago. 2021.

MEYER, L. H.; HEURICH, M.; BEUDERT, B.; PREMIER, J.; PFLUGMACHER, D. Comparison of Landsat-8 and Sentinel-2 data for estimation of leaf area index in temperate forests. **Remote Sensing**, v. 11, n. 10, 1160, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11101160>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/10/1160>. Acesso em: 7 ago. 2021.

MFMAGAZINE. Geada no café: quais os impactos na lavoura. Blog. Disponível em: <https://blog.mfrural.com.br/geada-no-cafe/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

MONTEIRO, J. E. B. de A. Agrometeorologia dos cultivos informações para uma agricultura sustentável. In: MONTEIRO, J. E. A. B. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 3-12. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355291/37056285/Bases+climatológicas_G.R.CUNHA_Livro_Agrometeorologia+dos+cultivos.pdf/13d616f5-cbd1-7261-b157-351ea-a31188d?version=1.0. Acesso: 30 mar. 2015.

NICOTRA, A. B.; HOFMANN, M.; SIEBKE, K.; BALL, M. C. Spatial patterning of pigmentation in evergreen leaves in response to freezing stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 1893-1904, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01106.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.2003.01106.x>. Acesso em: 21 ago. 2021.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SENTINEL ONLINE. **Sentinel-2**. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>. Acesso em: 21 ago. 2021.

SILVA, J. B. da. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal em Pernambuco**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10792>. Acesso em: 21 ago. 2021.

USTIN, S. L.; GITELSON, A. A.; JACQUEMOUD, S.; SCHAEPMAN, M.; ASNER, G. P. Retrieval of foliar information about plant pigment systems from retrieval of foliar Information about plant pigment systems from high resolution spectroscopy. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 67-77, 2009. Supplement 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.019>. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1167&context=natrespapers>. Acesso em: 10 ago. 2021.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 385 p.

VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C. Comportamento sazonal do índice espectral EVI2 do sensor orbital Modis para o monitoramento de áreas cafeeiras do sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43., 2014, Campo Grande-MS. **Anais...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014. 8 p. Disponível em: <http://www.epamig.ufla.br/geosolos/publicacoes/2014/12.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

VOLPATO, M. M. L.; VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. R.; SANTOS, W. J. R. Imagens do sensor MODIS para monitoramento agrometeorológico de áreas cafeeiras. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 176-182, 2013. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/7964>. Acesso em: 20 ago. 2021.





Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Formato digital (2021)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva

Elena Charlotte Landau

Membros

Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa

Daniel Pereira Guimarães

CGPE 01 6965