



AGRICULTURA FAMILIAR: O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS PRINCIPAIS CULTIVOS

FAMILY FARMING: THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE MOST IMPORTANT CROPS

Autor (es): Flávia Trentini e Sarah Araújo Ravagnani

Filiação: Universidade de São Paulo

E-mail: trentini.sma@terra.com.br e sarah.ravagnani@usp.br

GT05: Agricultura familiar e ruralidades

Resumo

As alterações nos padrões climáticos já são uma realidade mundial. As mudanças climáticas incluem aumento da temperatura, da seca e de eventos extremos, que atingem o setor agroalimentar, especialmente, os agricultores familiares. Dessa forma, o presente analisou quais os possíveis impactos das mudanças climáticas nas seis culturas produzidas pela maior quantidade de estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar no Brasil. Trata-se de uma pesquisa de caráter básico, com abordagem qualitativa, objetivo exploratório e método bibliográfico e documental. Concluiu-se que haverá declínio no rendimento da cultura da banana, deslocamento de áreas consideradas aptas ao cultivo do café arábica, bem como efeitos negativos em relação à produtividade do cacaueteiro. Ademais, o milho poderá apresentar queda no rendimento, em razão do encurtamento do ciclo da cultura; e o feijão, redução das áreas com baixo risco climático para o grão na Região Nordeste. Por outro lado, a mandioca apresenta-se como a cultura mais apta entre as analisadas a adaptar-se às condições extremas previstas, visto que suporta temperaturas elevadas.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Mudança climática. Agricultura.

Abstract

Changes in weather patterns are already a global reality. Climate change encompasses higher temperatures, droughts, and extreme events, affecting the agri-food sector, especially family farmers. That being so, the present study analyzed the possible impacts of climate change on the six types of crops produced by the highest number of establishments characterized as family farming in Brazil. This research is characterized as fundamental research with a qualitative approach, exploratory purpose, and bibliographic and documentary method. The conclusion held is that there will be a decline in the yield of the banana crop, displacement of areas considered suitable for the cultivation of arabica coffee, and adverse effects concerning the productivity of cocoa. Furthermore, corn may show a drop in yield due to the shortening of the crop cycle; and beans may find a reduction in areas with low climatic risk for the grain in the Northeast Region. On the other hand, cassava is the most suitable crop among those analyzed to adapt to the extreme conditions foreseen since it supports high temperatures.

Keywords: Family farming. Climate change. Agriculture.

1. Introdução



A concentração de gases do efeito estufa na atmosfera terrestre aumenta a cada década, desde a era pré-industrial. Como consequência, há um recrudescimento da temperatura terrestre e da frequência de eventos climáticos extremos, fenômeno denominado mudança climática. Estas afetam diversos segmentos, como os sistemas agroalimentares, especialmente, a agricultura familiar, visto que essa modalidade representa a maioria dos estabelecimentos rurais brasileiros e é considerada, atualmente, como elemento chave ao combate da insegurança alimentar. Dessa forma, o artigo pretende analisar quais os impactos das alterações climáticas nas culturas mais produzidas por estabelecimentos de caráter familiar no Brasil, visto que cada uma responde de forma individual ao aumento da temperatura e da seca.

A pesquisa possui natureza qualitativa, por conseguinte, a metodologia utilizada é bibliográfica e documental, as quais possibilitam a interpretação e análise de dados e conhecimentos já relatados pela comunidade científica. A coleta de fontes bibliográficas foi realizada por meio da consulta e seleção de artigos das bases de dados Agência USP de Gestão da informação acadêmica (AGUIA), Web of Science e Periódicos da CAPES.

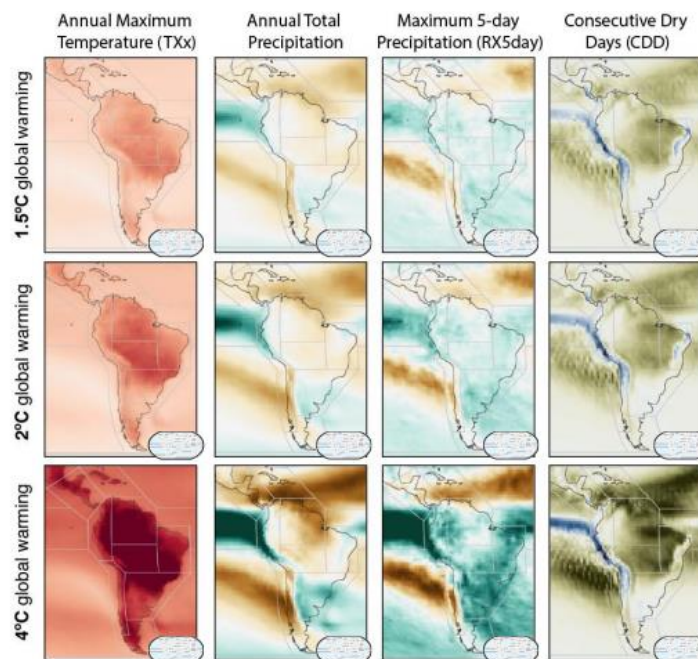
O artigo está organizado em dois tópicos. O primeiro descreve a origem das mudanças climáticas e as previsões de aumento da temperatura e diminuição dos índices pluviométricos para o Brasil, bem como as alterações no clima já observadas. E o segundo esclarece o conceito, distribuição territorial, importância econômica-social da agricultura familiar, bem como analisa quais os impactos das mudanças climáticas nas seis culturas produzidas pela maior quantidade de estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar.

2. As mudanças climáticas

A humanidade presencia um aumento da temperatura média tanto terrestre, quanto marítima a cada década desde a era pré-industrial, motivada por fenômenos naturais e, especialmente, atividades antrópicas. O recrudescimento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE), principais causadores do aumento da temperatura terrestre, é derivado de atividades humanas e as concentrações desses, CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso), continuam a aumentar desde o século XIX, paralelamente, a temperatura média terrestre (IPCC, 2021).

Cada uma das quatro últimas décadas foi sucessivamente mais quente do que as que precederam 1850 e estima-se que haverá um acréscimo anual de 1°C acima dos níveis pré-industriais (1850-1900) em cinco anos (2020-2024). Os modelos climáticos projetam que as características particulares de cada região sofrerão impactos, os quais incluem aumento da temperatura média na maioria das regiões terrestres, recrudescimento dos extremos de calor nas regiões habitadas, elevação na frequência de ocorrência de chuva intensa, bem como a maior probabilidade de seca e déficits de precipitação em algumas regiões (IPCC, 2019).

Figura 1 - Ficha Técnica Regional da América Central e América do Sul



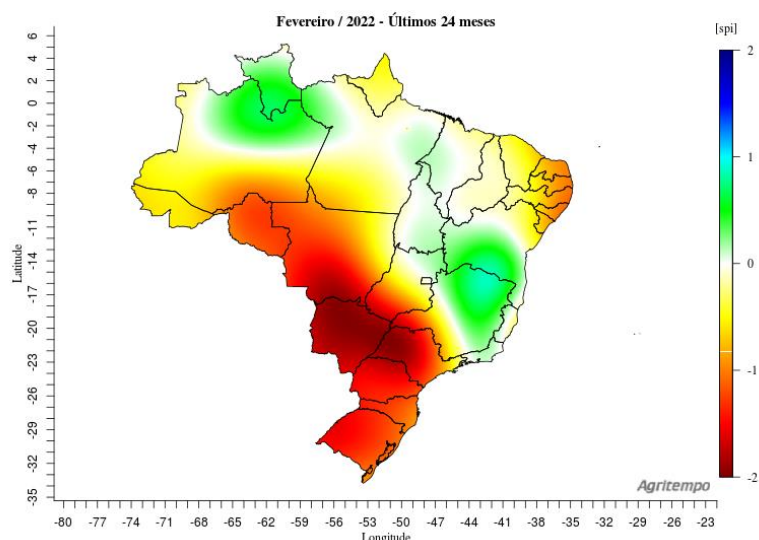
Fonte: Sixth Assessment Report (IPCC, 2021).

Em relação às mudanças climáticas observadas na América do Sul e no sul da América Central para diferentes cenários de aumento da temperatura média global, a Ficha Técnica Regional aponta que: (i) a temperatura média aumentará em praticamente todas as sub-regiões; (ii) provavelmente a precipitação média mudará, com aumentos no noroeste e sudeste da América do Sul e quedas no nordeste e sudoeste da América do Sul; (iii) é extremamente provável que o aumento relativo do nível do mar continue nos oceanos ao redor da América Central e do Sul, contribuindo para o aumento das inundações costeiras em áreas baixas e recuo da costa ao longo da maioria das costas arenosas (IPCC, 2021).

As consequências expostas refletem na qualidade de vida populacional, produtividade e ecossistemas, pois o aumento da temperatura (i) poderá produzir impactos na saúde humana, como no caso de mortes causadas por ondas de calor e inundações (BRASIL, 2008). Ademais, em relação à mudança no padrão de distribuição de chuvas (ii), o aumento da seca em algumas regiões e a diminuição da mesma em outras, pode afetar a produtividade agrícola, pois o conteúdo de água no solo afeta diretamente o desenvolvimento, crescimento e rendimento das culturas agrícolas (STRECK; ALBERTO, 2006b). Já o aumento do nível dos oceanos (iii) impactam tanto os ecossistemas costeiros pela contração de seu habitat, mudança geográfica de espécies associadas e perda de biodiversidade e funcionalidade ecossistêmica, quanto às comunidades que ali vivem, pois estão expostas a ciclones tropicais, níveis extremos do mar, inundações e ondas de calor marinhas (IPCC, 2019).

Dessa forma, a alteração dos padrões climáticos até então observados afetarão a saúde, meios de subsistência, abastecimento de água, crescimento econômico e a segurança alimentar, pois a produção de gêneros alimentícios será negativamente impactada (IPCC, 2019). Os sistemas agrícolas serão gravemente afetados por estarem subordinados às variáveis climáticas e aos impactos e perdas na produção que eventos extremos podem produzir, visto que as culturas são, mesmo que em graus diferentes, sensíveis às adversidades climáticas. Dessa forma, o aumento da temperatura e de eventos climáticos extremos, os quais já são uma realidade presente, desaceleram a produtividade, o crescimento agrícola e a qualidade das colheitas, especialmente em latitudes médias e baixas (IPCC, 2022a), as quais são predominantes no Brasil.

Figura 2 – Índice de Seca (SPI) no período de 24 meses, em relação à fevereiro/2022

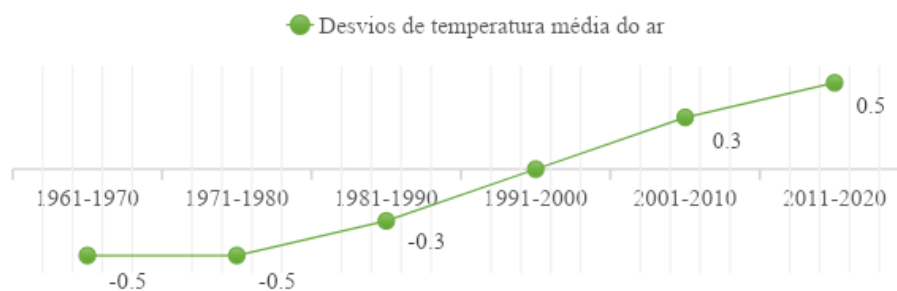


Fonte: Agritempo. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico.

O Índice de Seca (SPI) representa a probabilidade de ocorrência de uma quantidade de precipitação em relação à chuva média em um local determinado. O período de tempo, no caso 24 meses, é comparado com a média histórica do local e valores negativos representam déficits de precipitação, enquanto os positivos, chuvas acima da média. A intensidade da seca ou de chuva intensa varia conforme o SPI: (i) $> +2$, extremamente úmido; (ii) $+1,50$ a $+1,99$, severamente úmido; (iii) $+1,00$ a $+1,49$, moderadamente úmido; (iv) $-0,99$ a $+0,99$, próximo ao normal; (v) $-1,00$ a $-1,49$, moderadamente seco; (vi) $-1,50$ a $-1,99$, severamente seco; e (vii) $< -2,00$, extremamente seco (EMBRAPA, 2015).

Na Figura 2, é possível observar que as áreas com SPI abaixo de zero são predominantes no território nacional, especialmente nas Regiões Sul, Centro-oeste, Sudeste e Nordeste, o que representa anormalidade negativa de precipitação. A faixa compreendida entre o sul do Mato Grosso, oeste de São Paulo, norte do Paraná, extremo sul de Goiás e todo o território do Mato Grosso do Sul apresenta o menor SPI, -2 , caracterizando essa região como extremamente seca quando comparada aos índices de precipitação históricos da mesma. Dessa forma, a carência pluviométrica já se apresenta como uma problemática brasileira, o que impacta a agricultura. A deficiência hídrica em culturas afeta seus processos morfológicos, superaquece seus tecidos, bem como desidrata-os e a reversibilidade do dano depende do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS; CARLESSO, 1998, p. 288; RAVI *et al.*, 2013, p. 2),

Figura 3 - Desvios de Temperatura Média do ar no Brasil por década





Fonte: Autoria própria com informações do INMET (INMET, 2022)

Em relação à temperatura, os desvios (diferença entre o observado e a climatologia) da temperatura média do ar no Brasil aumentam a cada década. No período de 2011 a 2020, a diferença observada em relação a 1971-1980 foi de 1°C, o que representa um grande aquecimento do ar em um curto período, ou seja, o território brasileiro já presencia o aumento da sua temperatura média. Somado a isso, em todos os cenários de emissão de GEE analisados pelo IPCC, a temperatura média terrestre continuará a subir (IPCC, 2022a), o que afetará negativamente os sistemas agrícolas, visto que em altas temperaturas o comportamento fisiológico das plantas é prejudicado e a fotossíntese, teoricamente beneficiada pelo aumento de gás carbônico disponível na atmosfera, tende a decrescer gradualmente na maioria dos vegetais, a partir de temperaturas menores que 22°C e maiores que 40°, na qual os estômatos fecham-se (DECONTO, 2008).

Dessa forma, o aumento da temperatura, da seca e de eventos climáticos extremos prejudicará os sistemas agrícolas brasileiros, em virtude da influência das variáveis do clima sob os cultivos. Entre as previsões do IPCC: Fact Sheet – Central e South America (2022b), o impacto das alterações climáticas para pequenos e médios produtores será alto, visto que poderá ocorrer a redução da produção agrícola, área de cultivo adequada e disponibilidade de água. No Brasil, a agricultura familiar será afetada pelos eventos extremos por representar a maioria dos estabelecimentos agropecuários brasileiros e produzir, majoritariamente, culturas sensíveis a eventos extremos, mas importantes para a dieta populacional.

3. A influência das mudanças climáticas na produção dos principais alimentos pelos estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar

O plantio de culturas em pequenas propriedades familiares e com produção destinada ao mercado interno começou, no Brasil, durante sua colonização. Entretanto, o reconhecimento normativo da agricultura familiar ocorreu somente em 2006, com a promulgação da Lei nº 11.326 (Lei da Agricultura Familiar) (PEREIRA, 2017) que, como afirma seu artigo 1º, caput, “estabelece os conceitos, princípios e instrumentos destinados à formulação das políticas públicas direcionadas à Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais” (BRASIL, 2006).

A definição legal atual de agricultura familiar consta no Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017 e considera a área do estabelecimento rural de até quatro módulos rurais, o uso de mão de obra familiar, a renda auferida e a gestão do estabelecimento estritamente familiar (BRASIL, 2017). Essa modalidade de produção agrícola abriga 67% de todos os trabalhadores ocupados em agropecuária no país, o que representa sua importância na geração de empregos e renda para trabalhadores rurais (IBGE, 2017).

A distribuição dos estabelecimentos rurais caracterizados como agricultura familiar no Brasil é heterogênea, entretanto, a maioria dos estados possuem de 60,1% a 80,0% de suas propriedades classificadas como familiares, o que denota a importância fundiária da agricultura familiar (IBGE, 2017). Somado a isso, os produtores familiares, antes vistos como parte do problema da pobreza, atualmente, são considerados como um dos principais elementos de combate à insegurança alimentar e nutricional (GRAEUB *et al.*, 2016). A produção agropecuária por essa modalidade agrícola corresponde a 23% de toda a brasileira, alcançando 107 bilhões de valor de produção (IBGE, 2017), o que evidencia sua relevância econômica e produtiva.

A agricultura familiar representa uma importante forma de promover a soberania alimentar enquanto perspectiva fundamentada na salvaguarda das agriculturas locais como meio eficiente de combate à fome e de produção de alimentos, os quais são destinados aos mercados regionais (MARQUES, 2015). Segundo o Censo Agropecuário de 2017, nas lavouras

permanentes, as três culturas que mais são plantadas por estabelecimentos agropecuários enquadrados como agricultura familiar com 50 pés e mais existentes são, em ordem decrescente: (i) banana; (ii) café arábica em grão; e (iii) cacau (amêndoa). Já em relação às lavouras temporárias, as três que mais são cultivadas por estabelecimentos agropecuários enquadrados como agricultura familiar, em ordem decrescente: (iv) milho em grão; (v) mandioca; e (vi) feijão fradinho em grão.

A banana, além de figurar como um alimento complementar na dieta da população, também apresenta uma relevância social e econômica, servindo como fonte de renda aos agricultores, gerando postos de trabalho no campo e contribuindo para o desenvolvimento das regiões onde é produzida (FIORAVANÇO, 2003). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, a produção de banana é exercida, majoritariamente, pela Região Nordeste, a qual possui 74.188 estabelecimentos familiares que possuem 50 pés ou mais dessa cultura (IBGE, 2017).

A temperatura ótima para o desenvolvimento normal das bananeiras está entre 15 °C e 35 °C. Abaixo de 15 °C, há a paralisação do crescimento da planta e com a temperatura inferior a 12 °C ocorre o distúrbio fisiológico denominado *chilling* ou “friagem”, o qual prejudica os tecidos do fruto e da casca e, conseqüentemente, as frutas afetadas apresentam seu processo de maturação prejudicado, o que pode deformar o cacho e inviabilizar sua comercialização. Já acima de 35 °C, o desenvolvimento da planta é inibido, em virtude da desidratação dos tecidos (TRINDADE *et al.*, 2004). Devido ao seu comportamento em temperaturas altas, a bananeira será prejudicada pelas alterações climáticas, especialmente o cultivo em regiões que apresentarão temperaturas médias acima de 35°C, visto que sua progressão é afetada.

Em relação à precipitação, para o desenvolvimento ideal da bananeira é preciso de 1.200mm a 1.800mm ao ano, no entanto, bem distribuídos, com uma média de 160mm ao mês. A fase floral e de frutificação são as mais sensíveis ao déficit hídrico e caso esse não seja satisfeito, poderá ocorrer a compressão da roseta foliar e, conseqüentemente, perda do valor comercial do cacho (TRINDADE *et al.*, 2004). Salienta-se que as previsões do IPCC indicam que as chuvas irão se tornar irregulares e mal distribuídas, o que pode comprometer o desenvolvimento da cultura, visto que a disponibilidade de água no solo é essencial para uma boa produtividade.

Ademais, em estudo sobre as mudanças previstas nos rendimentos de banana até 2050 em relação aos rendimentos modelados usando condições climáticas médias de longo prazo (1970-2000) sob cenários climáticos RCP 4.5, médias emissões de GEE, concluiu-se que são negativas em t/ha para o Brasil, ou seja, haverá um declínio no rendimento da cultura de banana em curto, médio e longo prazo (VARMA; BEBBER, 2019). Entretanto, a escassez de água, fator comprometedor da produtividade da bananeira pode ser, mesmo que parcialmente, superado pelo manejo cultural ou pelo melhoramento genético da cultura, o último, importante mecanismo para agricultores com condição financeira precária continuarem o cultivo dessa fruta mesmo com as alterações climáticas (RAVI, *et al.*, 2013).

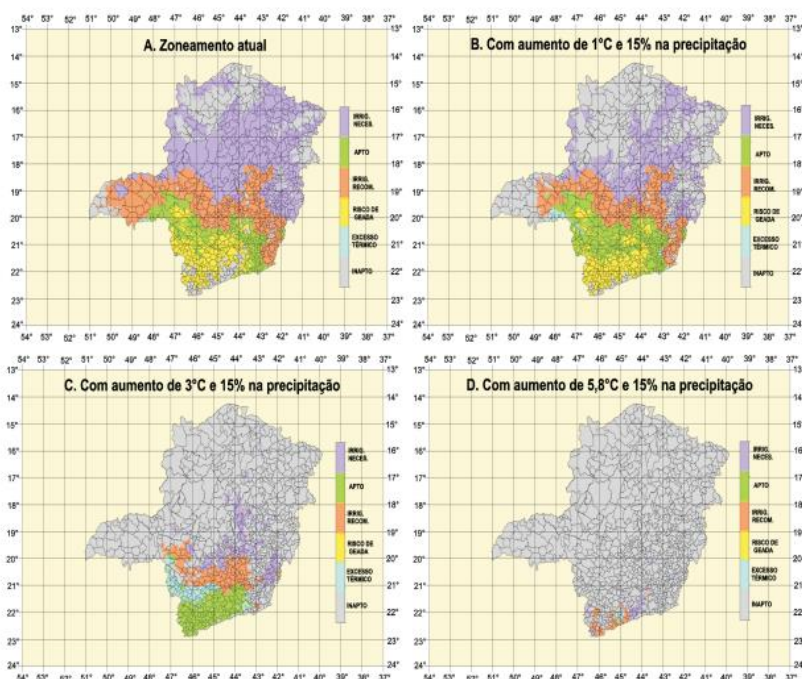
O segundo é cultivado por propriedades familiares, majoritariamente, da Região Sudeste, notável, historicamente, pela produção do grão, especialmente o estado de Minas Gerais, o qual possui mais propriedades familiares que cultivam café arábica no Brasil (IBGE, 2017). Em relação à sua produtividade, a maioria das oscilações são, principalmente, relacionadas a fatores climáticos, pois a cultura necessita de condições favoráveis ao longo do seu ciclo vegetativo e reprodutivo. A região que atende às exigências climáticas, especialmente a temperatura do ar e a disponibilidade hídrica, é considerada adequada para o cultivo do grão (TAVARES *et al.*, 2017).

Segundo Mesquita *et al.* (2016), a temperatura média de aptidão do café está entre 18 °C e 23 °C, uma temperatura amena, e a precipitação ideal entre 1.200 mm e 1.800 mm. Entretanto, destaca-se que é importante que as chuvas sejam distribuídas de forma que atinjam



todos os períodos de desenvolvimento do cafeeiro, especialmente o de frutificação, no qual são formados os grãos.

Figura 3 – Zoneamento do Estado de Minas Gerais para a cultura do café. Zoneamento atual do café para o Estado de São Paulo (A); Zoneamento considerando aumento de 1°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (B); Zoneamento considerando aumento de 3°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (C); Zoneamento considerando aumento de 5,8°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial (D).



Fonte: Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil (ASSAD *et al.*, 2014).

Em pesquisa de Assad *et al.* (2014) sobre o impacto das mudanças climáticas para o Zoneamento Agroclimático do café foram observados no estado de Minas Gerais seis condições para o cultivo do grão: (i) região para cafeicultura com irrigação necessária (cor roxa); (ii) região com irrigação recomendada; (iii) região com aptidão (cor verde); (iv) região inapta por excesso térmico (temperatura média anual maior que 23°C) (cor azul); (v) região apta, mas com risco de geada (cor amarela); e (vi) região inapta (cor cinza). Em um primeiro cenário, com um aumento de 1°C na temperatura e 15% de acréscimo na precipitação pluvial, há um deslocamento de áreas com um potencial produtivo para o café, para o sul do estado e expansão das áreas inaptas que, no Zoneamento de 2014 eram de 23,1% (em relação à área total do Estado) e passam a 43,3%. Foi observado também um pequeno aumento (de 8,9% para 12,4%) na área naturalmente apta (baixo ou nenhum risco de geada ou excesso térmico).

No segundo cenário, aumento 3°C na temperatura e 15% na precipitação, o norte e centro do estado se tornam praticamente inaptos ao cultivo do café, as áreas com risco de geada desaparecem e as aptas ficam restritas ao extremo sul do estado. No terceiro cenário, o mais extremo (recrudescimento de 5,8°C na temperatura e 15% na precipitação pluvial), 97,4% da área do estado se torna inapta ao cultivo de café, 2,5% com irrigação (necessária e recomendada) e somente 0,1% apta, o que inviabilizaria o cultivo do cafeeiro no estado que, atualmente, é o mais abriga estabelecimentos produtores de café caracterizados como agricultura familiar no Brasil.

Dessa forma, como evidenciado por Pham *et al.* (2019), os impacto das mudanças climáticas na produção de café são principalmente negativos, como o declínio da produção do grão, aumento na distribuição de pragas nos cafezais e perda de áreas consideradas aptas para



a produção de café, com impactos significativos para o Brasil. Diante disso, é possível concluir que em cenários de aumento de temperatura, mesmo que acompanhada de um recrudescimento também na precipitação, o cultivo do café será afetado e, possivelmente, os produtores locais que até então cultivavam esse grão migrarão para locais aptos ou substituirão a cultura por uma mais adaptada às condições climáticas da região na qual estão inseridos, comprometendo não só a produção cafeeira do Brasil, mas também a cultura da mesma.

O terceiro é um fruto nativo das áreas tropicais úmidas do continente americano e possui importância socioeconômica e ambiental, visto que além de suas amêndoas serem utilizadas para a fabricação do chocolate e seus derivados, também ajuda a proteger as áreas remanescentes da Mata Atlântica, especialmente na Bahia (MONTEIRO, 2009). O cacau é cultivado, de acordo com o Censo Agropecuários de 2017 (IBGE, 2017), por estabelecimentos familiares, majoritariamente, de dois estados: Bahia e Pará.

O cacauzeiro por ser uma planta típica de regiões úmidas apresenta uma alta exigência por água, sendo muito sensível à falta de umidade do solo. A precipitação pluviométrica demanda é de, aproximadamente, 1.200mm anuais e, caso essa exigência não possa ser satisfeita, é utilizada a irrigação complementar como forma de manter uma boa produtividade, entretanto essa prática demanda altos custos, os quais não podem ser satisfeitos plenamente por todos os agricultores que o cultivam (MONTEIRO, 2009). A temperatura média ideal para um bom desenvolvimento do cacauzeiro em regiões tropicais são: (i) para uma boa floração e frutificação, não é recomendado que a temperatura média fique abaixo de 22 °C; e (ii) na abertura das gemas e formação dos frutos novos, a temperatura máxima atingida não deve ultrapassar os 28 °C e a mínima os 9 °C (SENAR, 2018).

Poucos estudos abordam os efeitos das mudanças climáticas na cultura do cacau. Para Ventura *et al.* (2019, p. 291), apesar da pouca informação existente sobre o assunto, é possível afirmar que sob condições de forte déficit hídrico e altas temperaturas, a produtividade da planta de cacau é afetada negativamente. De acordo com o IPCC (2021), há uma alta confiança de que as Regiões Norte e Nordeste sofrerão, um aumento de dias secos, bem como um recrudescimento na temperatura, o qual, em um cenário de aumento de 2°C na temperatura média global, poderá aumentar até 4°C nas regiões descritas. Dessa forma, conclui-se que o cultivo de cacau no Brasil será impactado de forma negativa, caso as previsões do IPCC se concretizem, visto que incluem cenários não propícios ao cultivo do fruto.

O quarto é a lavoura temporária com mais estabelecimentos agropecuários caracterizados como agricultura familiar que o produzem no Brasil, com o protagonismo numérico das propriedades da Região Nordeste e Sudeste. O milho pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, o que representa uma grande amplitude na precipitação pluvial e permite que a cultura ocupe múltiplas áreas no país. A quantidade média de água consumida pela planta é 600mm, no entanto, em cada fase de desenvolvimento demanda diferentes quantidades de água: (i) estágios iniciais de crescimento, 2,5mm/dia; e (ii) espigamento e maturação, 5 a 7,5 mm diários. Os danos por déficit hídrico na cultura podem ocorrer em todas as fases: (i) no crescimento vegetativo há uma diminuição na taxa fotossintética; (ii) na fase de florescimento, poderá ocorrer aborto das espiguetas e morte dos grãos de pólen, o que resultará em perdas no rendimento; e (iii) na fase de enchimento dos grãos afetará o metabolismo da planta e, conseqüentemente, a produção de fotossimilados e sua translocação para os grãos (EMBRAPA, 2010).

Além disso, a temperatura também exerce um papel fundamental no cultivo. A temperatura mínima aceitável pelo milho situa-se entre 8 °C e 10 °C e a máxima entre 30 °C e 32°C. Destaca-se que quanto maior a temperatura, menor será o ciclo das plantas, pois a energia se acumulará de forma mais rápida (DECONTO, 2008, p. 62). Em simulação realizada por Camilo *et al.* (2018, p. 23) sobre os impactos das mudanças climáticas do milho, foi apontado



que poderá ocorrer uma queda de produtividade do grão, especialmente em regiões quentes e secas, em virtude do encurtamento do ciclo da cultura, o qual é provocado pelo aumento da temperatura do ar. No entanto, a deficiência hídrica no solo também é um fator relevante que contribui para reduzir o rendimento dos grãos de milho, visto que em cenários de acréscimo da precipitação pluvial ocorrer uma menor redução no rendimento do que quando comparado a cenários de recrudescimento da temperatura sem acréscimo na precipitação pluvial (STRECK; ALBERTO, 2006a).

Em pesquisa de Nereu Streck e Cleber Alberto (2006a) sobre o impacto das mudanças climáticas na cultura do milho, foi constatado que a correlação entre o rendimento do grão de milho e um cenário de aumento de CO₂, mas sem recrudescimento da temperatura do ar, foi positiva. Entretanto, ao adicionar a análise um acréscimo de 2 e 3°C, o efeito positivo do aumento de CO₂ no milho tende a se anular. Já com aumento de 4°C ou mais, há redução no rendimento dos grãos. Somado a isso, para Vicente da Silva, João Campos e Madson Silva (2012), o aumento da temperatura do ar reduzirá significativamente a disponibilidade de terras cultiváveis para o milho na Região Nordeste do Brasil, bem como a duração da estação de crescimento e a produtividade.

As previsões do IPCC (2021) apontam que a temperatura média da maioria das regiões do Brasil irão aumentar com as mudanças climáticas, somado com a expansão da seca, o que prejudicará, caso as previsões se concretizem, em um perdas produtivas de milho, o que afetará o cultivo pela agricultura familiar, visto que há 1.342.955 estabelecimentos agropecuários enquadrados como agricultura familiar com essa lavoura temporária distribuídos em todas as regiões brasileiras.

A quinta, antes considerada uma cultura de subsistência, atualmente, é considerada uma commodity e importante cultura para o desenvolvimento rural e segurança alimentar, devido ao seu valor energético e pouca exigência de insumos na cultivação. Somado a isso, a tolerância da mandioca aos climas inóspitos para a maioria das culturas a torna uma cultura importante para a adaptação dos sistemas alimentares às mudanças climáticas (OECD; FAO, 2021). Segundo El-Sharkawy (2004), os recursos exigidos pela cultura da mandioca são pequenos, pois possui uma notável tolerância à estresses abióticos e à ambientes diversos, o que influencia a produção da mesma por pequenos produtores, já que a maioria daqueles possui recursos limitados. De fato, no Brasil, de todos os estabelecimentos agropecuários que a cultivam, 85% são caracterizados como agricultura familiar (IBGE, 2017).

De acordo com Deconto (2008), a faixa ideal de temperatura média anual para o cultivo de mandioca situa-se entre 25 °C a 29 °C, entretanto, por ser uma planta rústica e adaptada a condições variadas de clima, tolera de 16 °C a 38 °C. O intervalo de temperatura suportado pela cultura representa seu alto potencial de adaptação às novas condições climáticas, visto que suporta um valor maior do que a maioria das outras culturas cultivadas por produtores familiares. Além disso, em relação à precipitação, a condição adequada é de 1.000 a 1.500 mm por ano, mas a planta admite de 600 mm a 4.000 mm anuais bem distribuídos durante o ano. É relevante salientar que apesar da planta ser altamente tolerante ao déficit hídrico, se ele ocorrer de forma mais acentuada nos primeiros cinco meses após o plantio, pode ser negativo para a produção, pois nesse período ocorre o enraizamento e tuberação da planta.

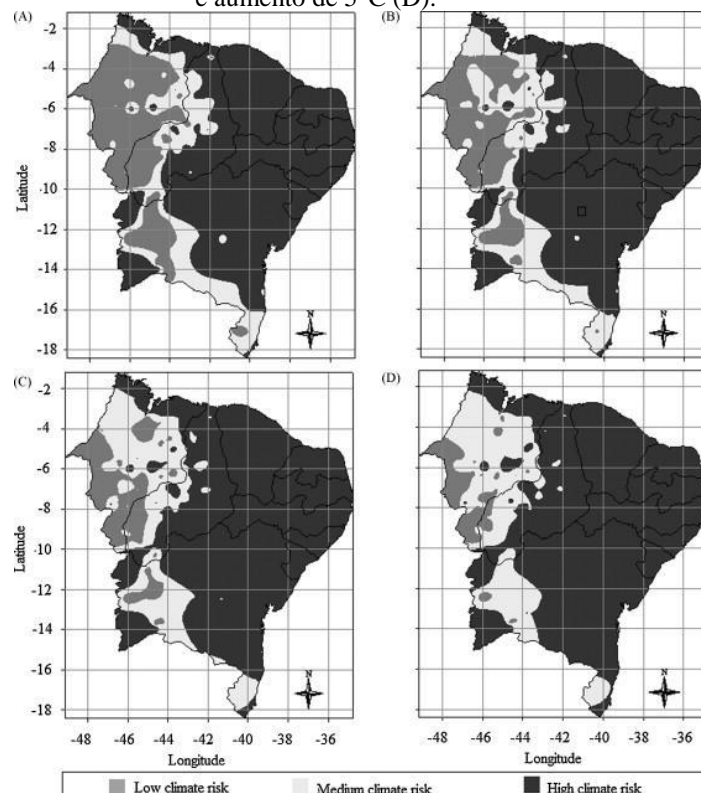
Os cenários futuros para a mandioca em vista das mudanças climáticas apresentam-se de forma dualista: a área do cultivo deve aumentar, já que a raiz encontrará áreas favoráveis no sul do país, em virtude da diminuição do risco de geada e na Amazônia, onde haverá uma diminuição do excedente hídrico. No entanto, na Região Nordeste, especialmente no Agreste e no semiárido, a área favorável ao plantio deve cair, o que poderá comprometer a segurança alimentar da população (DECONTO, 2008).



O sexto é uma fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais e aminoácidos essenciais. Devido ao seu valor nutritivo, o feijão fradinho, denominado também como caupi, já que é uma subclasse do mesmo, é utilizado tanto na alimentação humana, quanto na animal (RIBEIRO, 2002). A produção concentra-se na Região Nordeste, a qual abriga 708.802 dos 755.150 estabelecimentos agropecuários de agricultura familiar que cultivam essa lavoura temporária (IBGE, 2017). Para Francisco Freire Filho (2011), a produção tradicionalmente concentra-se nas áreas semiáridas da Região Nordeste, onde outras leguminosas não se desenvolvem bem, em virtude das altas temperaturas e irregularidade das chuvas.

As regiões com índices pluviométricos entre 250 e 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura, pois o feijão-caupi exige, em média, 300 mm de precipitação para que produza. Em relação à temperatura, o bom desenvolvimento da cultura ocorre na faixa entre 18 a 34°C (RIBEIRO, 2002). A combinação dessas duas variáveis permite que o feijão-caupi ocupe áreas consideradas inóspitas para outras culturas, o que o torna um cultivo importante para a subsistência em regiões semiáridas.

Figura 4 - Risco climático para feijão-caupi semeado em 15 de novembro (primeira safra) no nordeste do Brasil. Áreas agrícolas com baixo risco climático [marrom], médio risco climático [branco] e alto risco climático [preto] em condições climáticas normais (A) e cenários de temperatura do ar de 1,5°C (B), 3°C (C), e aumento de 5°C (D).



Fonte: SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; AZEVEDO, P. V. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. 2010.

Em pesquisa realizada por Paulo Silva, João Campos, Madson Silva e Pedro Azevedo (2010) sobre os impactos do aquecimento global no cultivo de feijão-caupi na Região Nordeste, foi constatado que nos cenários de aumento de temperatura houve uma redução sistemática da área agrícola com baixo risco climático para o feijão-caupi semeado na primeira safra. A área central e sul, as quais correspondem a maior parte da Região, apresentaram alto risco climático, em virtude da alta temperatura dessas áreas.



Ao comparar o cenário A (condições climáticas normais) e B (temperatura do ar de 1,5°C), pode-se afirmar que houve uma redução das áreas de baixo risco climático a oeste, entretanto as de alto risco permaneceram quase inalteradas. Contudo, nos cenários C (aumento de 3°C) e D (aumento de 5°C), a área de alto risco expande-se, ao ser comparada com A, paralelamente a retração das de médio risco climático. Destaca-se que na segunda (fevereiro) e terceira safra (março) ocorreu o mesmo, a retração das áreas de baixo risco climático e expansão das de alto risco, proporcionalmente ao aumento da temperatura. Somado a isso, os incrementos de temperatura na região semiárida nordestina poderão causar reduções no ciclo de desenvolvimento da cultura e danos na lavoura, os quais incluem o aborto espontâneo de flores e redução no número de sementes por vagem (CAVALCANTE JÚNIOR *et al.*, 2016, p. 786).

4. Conclusão

A análise da literatura sobre impacto das mudanças climáticas nas seis culturas mais produzidas por estabelecimentos caracterizados como agricultura familiar no Brasil indicou que, em lavouras permanentes: (i) a banana apresentará um declínio no rendimento da cultura, visto que as condições de temperatura e precipitação pluvial previstas não satisfazem as necessidades do cultivo; (ii) o café arábica será prejudicado, principalmente, em relação à área apta ao cultivo do grão, com o deslocamento produtivo no Estado de Minas Gerais ao sul; (iii) o cacau tende a diminuir seu rendimento, pois as condições climáticas previstas não são favoráveis ao desenvolvimento ideal do fruto.

Ademais, nas lavouras temporárias os impactos previstos são: (i) para o milho, a expectativa é uma queda no rendimento dos grãos, em virtude do encurtamento do ciclo da cultura, o qual é causado pelo aumento da temperatura; (ii) para a mandioca, a área do cultivo deve aumentar em áreas não propícias atualmente, motivado pela diminuição do excedente hídrico, entretanto, em regiões semi-áridas tende a cair, já que as temperaturas podem alcançar níveis não tolerados pela raiz; e (iii) para o feijão-fradinho, subespécie do feijão-caupi, as áreas consideradas de baixo risco climático para o cultivo da leguminosa tendem a diminuir na Região Nordeste, paralelamente, à expansão das de alto risco.

Portanto, é indubitável que sejam criadas e aperfeiçoadas políticas públicas de amparo aos agricultores familiares, os quais são afetados pelas consequências das mudanças climáticas. Com a inserção dessas, como forma de minimizar as perdas econômicas e sociais provocadas pelo aumento da temperatura, da seca e de eventos climáticos extremos espera-se que os efeitos negativos resultantes do declínio produtivo e da área apta sejam atenuados.

5. Referências

ASSAD, E. D. *et al.* Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2014.

BRASIL. Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017. Dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição extra, Brasília, DF, p. 11, 31 de maio de 2017.

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 25 jul. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-americana de Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil.** Série Saúde Ambiental I. Brasília, 2008.

CAMILO, J. A. *et al.* **Mudanças Climáticas Futuras Afetarão a Produtividade de Milho em Minas Gerais.** Sete Lagoas: Embrapa, 2018.

CAVALCANTE JÚNIOR *et al.* Development and water requirements of cowpea under climate change conditions in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 9, p. 783-788, 2016.

DA SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T. Climate risk in maize crop in the northeastern of Brazil based on climate change scenarios. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1176-1183, nov./dez. 2012.

DECONTO, J. G. (coord.) **Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil.** São Paulo, SP. EMBRAPA e UNICAMP, Agosto, 2008. Disponível em: https://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300_908_FINAL.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, [s. l.], v. 56, p. 481-501, 2004.

EMBRAPA. **Cultivo do Milho.** Embrapa Milho e Sorgo, [s. l.], 6 ed., set. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2022.

EMBRAPA. **Documentos 132:** Manual on-line do sistema Agritempo versão 2.0. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2015. Disponível em: https://www.agritempo.gov.br/agritempo/arquivos/Manual_Agritempo.pdf. Acesso em: 23 mar. 2022.

FIORAVANÇO, J. C. Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 10, out. 2003.

FREIRE FILHO, F. R. (ed.). **Feijão-caupi no Brasil:** produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84470/1/feijao-caupi.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2021.

GRAEUB, B. E. *et al.* The State of Family Farms in the World. **World Development**, [s. l.], v. 87, p. 1-15, nov. 2016.

IBGE. **Censo agropecuário de 2017.** Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>. Acesso em: 23 mar. 2022.

INMET. **Elevação da temperatura média no Brasil.** [s. l: s. n.], 2022.



IPCC. **Aquecimento Global de 1,5°C**: sumário para formuladores de políticas. Brasil: MCTIC, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

IPCC. **Climate Change 2021**: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf. Acesso em: 27 mar. 2022.

IPCC. **Fact sheet**: Central and South America. [S. l.]: Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2022b. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGII_FactSheet_CentralSouthAmerica.pdf. Acesso em: 23 mar. 2022.

IPCC. **Climate Change 2022**: Impacts, Adaptation and Vulnerability. 2022a. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

MARQUES, P. E. M. Embates em torno da segurança e soberania alimentar: estudo de perspectivas concorrentes. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 17, n. 2, p. 78–87, 2015.

MESQUITA, C. M. *et al.* **Manual do Café**: implantação de cafezais. EMATER-MG: Belo Horizonte, 2016.

MONTEIRO, J. E. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. 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=1.0. Acesso em: 30 mar. 2022.

OECD; FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2029**. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/19428846-en>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PEREIRA, Mayara Luiza. **Perspectiva histórica da agricultura familiar no Brasil**: abrangência conceitual e alterações legislativas. 2017. 184 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PHAM, Y. *et al.* The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. **Climatic Change**, [s. l.], v. 156, p. 609-630, set. 2019.

RAVI, I. *et al.* Phenotyping bananas for drought resistance. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], v. 9, n. 9, 2013.

RIBEIRO, V. Q. (ed.). **Cultivo do feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80707/1/sistemaproducao-2.PDF>. Acesso em: 28 mar. 2022.



SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p.287-294, 1998.

SENAR. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Cacau**: produção, manejo e colheita. Brasília: Senar, 2018. 145 p. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues; CAMPOS, João Hugo B. da Cunha; SILVA, Madson Tavares; AZEVEDO, Pedro Vieira de. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 97, n. 11, p. 1760-1768, nov. 2010.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. A. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p.1351-1359, set. 2006a.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 424-433, mar-abr, 2006b. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/mWVjKdPLjX3mzYxRkkJFnpd/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 9 out. 2021.

TAVARES, P. S. *et al.* Climate change impact on the potential yield of Arabica coffee in southeast Brazil. **Regional Environmental Change**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 873-883, mar. 2018.

TRINDADE, A. V. *et al.* **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142900/1/Livro-Banana.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.

VARMA, V., BEBBER, D. P. Climate change impacts on banana yields around the world. **Nature Climate Change**, [s. l.]. v. 9, p. 752–757, 2019.

VENTURA, R. B. *et al.* Efeito do déficit hídrico e do aumento de temperatura sobre variáveis produtivas fisiológicas e bioquímicas do “cacau” *Theobroma cacao* L. **Arnaldoa**, [s. l.], v. 26, n. 1, jan./abr. 2019.