

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS E VULNERABILIDADE NA AGRICULTURA FAMILIAR DA REGIÃO RIO DOCE, MINAS GERAIS, BRASIL

Elizângela Aparecida dos Santos<sup>1</sup>  
Álvaro Antônio Xavier de Andrade<sup>2</sup>  
Dênis Antônio da Cunha<sup>3</sup>

**Resumo:** O objetivo deste artigo foi analisar a vulnerabilidade às mudanças climáticas de agricultores familiares da região Rio Doce, em Minas Gerais. Do ponto de vista teórico, o artigo foi baseado na discussão a respeito dos impactos negativos da mudança climática sobre a agricultura familiar. A vulnerabilidade foi identificada por meio de suas dimensões relacionadas à sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa, as quais foram medidas por índices representativos, com base em dados socioeconômicos e demográficos de 206 agricultores da região e variáveis climáticas municipais. Os resultados indicaram que a baixa pluriatividade e o reduzido acesso a mecanismos de irrigação aumentaram a sensibilidade dos agricultores. Os baixos índices de precipitação, em relação à média histórica regional, tornaram maior a exposição à mudança climática. A capacidade adaptativa pode ser atribuída ao baixo acesso ao crédito rural e ausência de projetos públicos de irrigação. Portanto, índices de vulnerabilidade elevados foram consequência de elevadas taxas de exposição e sensibilidade, combinadas com a baixa capacidade adaptativa. Os resultados sugerem que a região deve receber atenção quanto às políticas públicas para reduzir sua vulnerabilidade, capacitando-a para enfrentar cenários de mudança climática mais intensos no futuro.

**Palavras-chave:** Agricultura Familiar. Mudanças Climáticas. Vulnerabilidade. Rio Doce. Brasil

## CLIMATE CHANGE AND VULNERABILITY OF FAMILY FARMING IN THE RIO DOCE REGION, MINAS GERAIS, BRAZIL

**Abstract:** This paper aims to analyze the vulnerability to climate change of family farmers in the Rio Doce region, Minas Gerais. The theoretical background was based on the discussion about the negative impacts of climate change on family farming. Vulnerability was identified through its dimensions related to sensitivity, exposure, and adaptive capacity, which were measured by representative indexes, based on socioeconomic and demographic data from 206 farmers in the region, and municipality climate variables. The results indicated that low pluriactivity and reduced access to irrigation mechanisms increased farmers' sensitivity. The low precipitation rates, in relation to the regional historical average, increased the exposure to climate change. The adaptive capacity can be attributed to the low access to rural credit and the absence of public irrigation projects. Therefore, high vulnerability were a consequence of high exposure and sensitivity rates, combined with low adaptive capacity. The results suggest that the region should receive attention in terms of public policies to reduce its vulnerability, enabling it to face more intense climate change scenarios in the future.

**Key words:** Family Farming. Climate Change. Vulnerability. Rio Doce. Brazil

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Rural, Viçosa, Brasil, [elizangela.santos@ufv.br](mailto:elizangela.santos@ufv.br), <https://orcid.org/0000-0001-6545-3164>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Rural, Viçosa, Brasil, [aaxandrade2@hotmail.com](mailto:aaxandrade2@hotmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8059-2098>

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Rural, Viçosa, Brasil, [denis.cunha@ufv.br](mailto:denis.cunha@ufv.br), <https://orcid.org/0000-0003-4838-3795>

## **CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE LA REGIÓN DE RIO DOCE, MINAS GERAIS, BRASIL**

**Resumen:** El objetivo de este artículo fue analizar la vulnerabilidad al cambio climático de los agricultores familiares en la región de Rio Doce, en Minas Gerais. El artículo se basó en la discusión sobre los impactos negativos del cambio climático en la agricultura familiar. La vulnerabilidad se identificó a través de sus dimensiones relacionadas con la sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa, las cuales se midieron mediante índices representativos, con base en datos socioeconómicos y demográficos de 206 agricultores de la región y variables climáticas municipales. Los resultados indicaron que la baja pluriactividad y el acceso reducido a los mecanismos de riego aumentaron la sensibilidad de los agricultores. Las bajas tasas de precipitación, en relación al promedio histórico regional, incrementaron la exposición al cambio climático. La capacidad de adaptación se puede atribuir al escaso acceso al crédito rural y la ausencia de proyectos públicos de riego. Por lo tanto, los índices de vulnerabilidad altos fueron una consecuencia de las altas tasas de exposición y sensibilidad, combinadas con una baja capacidad de adaptación. Los resultados sugieren que la región debe recibir atención en términos de políticas públicas para reducir su vulnerabilidad, que le permitan enfrentar escenarios de cambio climático más intensos en el futuro.

**Palabras clave:** Agricultura Familiar. Cambio Climático. Vulnerabilidade. Rio Doce. Brasil

### **Introdução**

Garantir oferta de alimentos à população mundial crescente tem sido cada vez mais discutido na agenda global (Berchin *et al.*, 2019). A agricultura familiar constitui-se como um setor vital nessa tarefa, dados os seus altos níveis de produção resultante, entre outros fatores, de sistemas de produção amplamente diversificados (Tscharntke *et al.*, 2012; Larson *et al.*, 2016; Berchin *et al.*, 2019), e deve ser abordada regionalmente (Belesky, 2014; Chhogyel *et al.*, 2020). (Belesky, 2014; Chhogyel *et al.*, 2020). O setor engloba cerca de 500 milhões de propriedades no mundo, gerando subsistência a quase dois bilhões de pessoas (FAO, 2018). Está presente em 84% dos estabelecimentos agropecuários e responde por aproximadamente 33% do valor total da produção do meio rural. Esse tipo de agricultura tem importante participação no fornecimento dos alimentos no mercado interno brasileiro (MAPA, 2018), sendo o setor com mais de 70% da mão de obra agrícola do país (EMBRAPA, 2017).

No Brasil, a agricultura familiar é um dos setores mais vulneráveis às mudanças climáticas (Ray *et al.*, 2013; FAO, 2018). Os agricultores familiares são mais sensíveis devido ao baixo nível de renda, pela dependência exclusiva da atividade e localização geográfica de suas propriedades em regiões com condições edafoclimáticas pouco favoráveis. Além disso, devido à heterogeneidade e especificidades presentes nas regiões do país, são necessários estudos locais a

nível de produtor, permitindo assim, melhor definição nas políticas públicas de desenvolvimento agrícola familiar do país (Andrade *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo principal analisar a vulnerabilidade às mudanças climáticas de agricultores familiares da região de planejamento do Rio Doce, no estado de Minas Gerais. A agricultura familiar na região Rio Doce é de extrema importância econômica e social, pois está presente em 78,6% dos estabelecimentos agrícolas que a compõem (IBGE, 2016). Numa perspectiva econômica e social, os agricultores familiares, que majoritariamente produzem para o autoconsumo<sup>4</sup> e venda do excedente, principalmente nos mercados locais da bacia do Rio Doce, irão se tornar ainda mais vulneráveis às mudanças climáticas. Estas alterações terão impacto substancial tanto na produção quanto na renda dos agricultores e, conseqüentemente, na dinâmica socioeconômica local (Brown e Funk, 2008). Esses efeitos ampliarão problemas enfrentados por agricultores mais pobres, como migração rural-urbana e baixo acesso à educação (Machado Filho, 2016).

É importante destacar ainda que essa região apresenta atividades de grande exploração dos recursos naturais, como mineração e siderurgia, as quais intensificam processos erosivos, geram desgaste do solo e assoreamento dos mananciais hídricos, aumentando assim sua vulnerabilidade. Ademais, o rompimento da barragem de rejeitos de mineração denominada “Fundão”, controlada pela Samarco Mineração S.A., causou um dos maiores impactos ambientais da história brasileira, afetando direta e indiretamente a agricultura familiar da região, com conseqüências na subsistência das pessoas e poluição do Rio Doce (Schreiber, 2015; Felipe *et al.*, 2016; Xavier e Vieira, 2016).

Além desta introdução, o artigo está organizado em outras quatro seções: referencial teórico e analítico, com a descrição dos principais conceitos e métodos que norteiam a pesquisa; resultados e discussão; e, por fim, as conclusões.

## **Referencial Teórico e Analítico**

### ***Mudanças climáticas e vulnerabilidade da agricultura familiar***

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018, p. 544), clima é “a descrição estatística em termos da média e variabilidade” de variáveis como temperatura e precipitação, “ao longo de um

---

<sup>4</sup> De acordo com Gazolla e Schneider (2007, p. 90), “a produção para autoconsumo compreende todo o tipo de produção, bens, ferramentas de trabalho ou outros produtos que são gerados no interior da unidade familiar e utilizados pelos seus membros para suprir as suas necessidades”.

período de tempo que varia de meses a milhares ou milhões de anos”; trata-se, portanto, do “padrão de longo prazo” do tempo. Nesse contexto, mudança climática é

uma alteração no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, usando testes estatísticos) por mudanças na média e, ou, na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, normalmente décadas ou mais. As mudanças climáticas podem resultar de processos internos naturais ou forçantes externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas, e mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo (IPCC, 2018, p. 544).

As mudanças climáticas vêm causando diversos efeitos negativos, entre os quais destacam-se os impactos na saúde da população, na infraestrutura de cidades, na biodiversidade e na produtividade agrícola. Todos esses efeitos causam perdas sociais e econômicas que tendem a se agravar à medida que o processo se intensifica (Tol, 2018).

Uma das formas de se pensar nos efeitos negativos das mudanças climáticas é por meio do conceito de vulnerabilidade. O grau de vulnerabilidade está diretamente relacionado ao quanto determinado sistema ou indivíduo é exposto e sensível aos efeitos adversos das mudanças climáticas, bem como a sua capacidade de se adaptar (IPCC, 2014). A vulnerabilidade é, portanto, a “propensão ou predisposição de um sistema de ser adversamente afetado” (IPCC, 2018, p. 560).

O setor agropecuário, por depender de modo direto das condições climáticas, é um dos mais expostos ao fenômeno e, por isso, tem elevado potencial de vulnerabilidade (Tol, 2018). Plantas e animais possuem níveis limitados de tolerância ao estresse térmico e, ou, à instabilidade da precipitação, o que leva a perdas de produção e produtividade e, conseqüentemente, redução dos níveis de renda agrícola, com efeitos negativos em cadeia.

Quanto menor a capacidade de realizar “ajustes a danos potenciais e aproveitar oportunidades de sistemas, instituições, populações humanas e outros organismos”, maior é a vulnerabilidade às mudanças do clima (IPCC, 2018, p. 542). Esse é o caso da agricultura familiar, que tende a enfrentar maiores efeitos negativos quando comparada à produção agropecuária tradicional, dada a sua menor capacidade adaptativa em termos financeiros e de acesso a políticas públicas de financiamento e crédito rural.

Não existe uma definição universal para a categoria agricultura familiar. De modo geral, pode-se afirmar que nesta categoria, a principal fonte de renda é

resultante da atividade agrícola e, ou, pecuária. Ademais, a gestão das atividades produtivas é realizada pelos membros da família. Por mais que se reconheça a heterogeneidade existente no setor de agrícola familiar brasileiro (Andrade *et al.*, 2015), este será aqui entendido de acordo com o Decreto nº 9.064, de 31 e maio de 2017, que alterou a Lei 11.326 de 2006, responsável pela definição da agricultura familiar (Brasil, 2006; 2017). Do ponto de vista legal e institucional, quando definidos dessa forma, os agricultores familiares estão aptos a acessarem as políticas públicas específicas para o setor, inclusive as que se referem às mudanças climáticas. De acordo com o referido decreto, o estabelecimento rural enquadra-se como familiar quando:

- I - possuir, a qualquer título, área de até quatro módulos fiscais<sup>5</sup>;
- II - utilizar, predominantemente, mão de obra familiar nas atividades econômicas do estabelecimento ou do empreendimento [Redação dada pelo Decreto nº 10.688, de 2021 (Brasil, 2021)];
- III - auferir, no mínimo, metade da renda familiar de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; e
- IV - ser a gestão do estabelecimento ou do empreendimento estritamente familiar.

A partir dessas definições, compreende-se que analisar a vulnerabilidade às mudanças climáticas de agricultores familiares é essencial para avançar no conhecimento sobre impactos e potencialidades locais. Esse conhecimento, por sua vez, contribui para o melhor direcionamento de políticas públicas específicas para o setor, possibilitando avançar no desenvolvimento agrícola brasileiro.

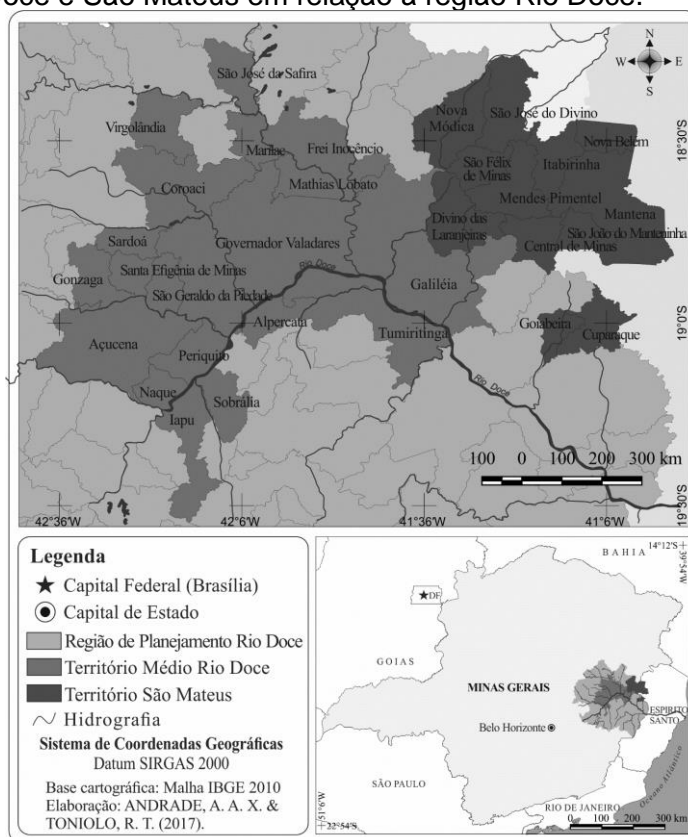
### **Área de Estudo**

Este estudo considerou agricultores familiares com propriedades na região de planejamento Rio Doce no estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). Esta região é composta por 102 municípios, com população total de 1,6 milhão de habitantes. A maioria das cidades possui população inferior a 50 mil habitantes (apenas cinco excedem esse número). A população rural representa aproximadamente 20% dos habitantes (IBGE, 2016).

---

<sup>5</sup> Importante notar que “Módulo Fiscal (MF) é uma unidade de medida agrária que representa a área mínima necessária para as propriedades rurais poderem ser consideradas economicamente viáveis. Foi instituída pela Lei nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979. O tamanho do módulo fiscal varia de 5 a 110 hectares, conforme o município” (Landau *et al.*, 2012, p. 7).

**Figura 01** - Região de Planejamento Rio Doce em relação a Minas Gerais e Territórios Médio Rio Doce e São Mateus em relação à região Rio Doce.



Fonte: Andrade (2019).

De acordo com Andrade (2019), a região em estudo nesta pesquisa “engloba parte da bacia hidrográfica do rio Doce, considerada uma das mais relevantes bacias do país. Minas Gerais concentra 86,1% dos 83.431 km<sup>2</sup> dessa bacia, o restante fica no estado do Espírito Santo”. Dada a extensão territorial da região, dois territórios – Médio Rio Doce e São Mateus (destacados na Figura 1) – foram selecionados para a realização da pesquisa. Esses territórios foram definidos pelo extinto Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) como forma de potencializar o desenvolvimento regional. A pesquisa considerou 32 municípios desses territórios que, juntos, representam 30% da população total e 23% da população rural da região de planejamento Rio Doce (Andrade, 2019).

### **Indicadores de Vulnerabilidade**

Para mensurar o grau de vulnerabilidade adotou-se a metodologia proposta por Lindoso *et al.* (2014) com a criação de um indicador sintético de vulnerabilidade (IV) (Equação 1). Esse indicador define a vulnerabilidade de um sistema, é formado pelos índices de sensibilidade (S), exposição (E) e capacidade adaptativa (CA):

$$IV = \frac{S+E+(1-CA)}{3} \quad (1)$$

A sensibilidade refere-se às características socioeconômicas e ambientais do agricultor que podem sofrer impactos resultantes do efeito biofísico da mudança do clima. A exposição é uma propriedade externa dos sistemas socioecológicos e definida como o tipo, a magnitude e a frequência dos eventos climáticos. A capacidade adaptativa está ligada à condição do agricultor em lidar com a exposição e reduzir sua sensibilidade, preventivamente, durante e depois das alterações climáticas (*United Nations International Strategy for Disaster Reduction – UNISDR, 2009; Lindoso et al., 2014*).

Os índices de sensibilidade (S), exposição (E) e capacidade adaptativa (CA) foram estimados baseando no método de Iyengar e Sudarshan, 1982. (Equação 2).

$$\bar{y}_i = c \sum_{j=1}^K w_j x_{ij} \quad (2)$$

em que  $\bar{y}_i$  é o índice criado, ou seja,  $\bar{y}_i = S$  quando o índice indica a sensibilidade;  $\bar{y}_i = E$  quando indica a exposição; e  $\bar{y}_i = CA$  quando indica a capacidade adaptativa. Assume-se que haja M distritos, K indicadores de vulnerabilidade e  $x_{ij}$ ,  $i = 1, 2, \dots, M$ ;  $j = 1, 2, \dots, K$  são os escores normalizados. O nível ou estágio de desenvolvimento da  $i^{\text{a}}$  zona,  $\bar{y}_i$ , é assumido como sendo uma soma linear de  $x_{ij}$ . E  $w_j$ 's ( $0 < w < 1$  e  $\sum_{j=1}^K w_j = 1$ ) são os pesos. No método de Iyengar e Sudarshan (1982), presume-se que os pesos variem inversamente conforme a variância sobre as regiões nos respectivos indicadores de vulnerabilidade. Ou seja, o peso  $w_j$  é determinado por:

$$w_j = c / \sqrt{\text{var}_i(x_{ij})} \quad (3)$$

em que  $c$  é uma constante de normalização tal que:

$$c = \left[ \sum_{j=1}^K 1 / \sqrt{\text{var}_i(x_{ij})} \right]^{-1} \quad (4)$$

A escolha dos pesos dessa maneira garantiria que uma grande variação em qualquer um dos indicadores não dominaria indevidamente a contribuição dos demais indicadores e distorceria as comparações inter-regionais (Iyengar e

Sudarshan, 1982). O índice de vulnerabilidade calculado é de 0 a 1, com 1 indicando vulnerabilidade máxima e 0 indicando nenhuma vulnerabilidade.

As variáveis *k*, utilizadas na construção dos índices de sensibilidade (S), exposição (E) e capacidade adaptativa (CA), foram definidas pela vulnerabilidade (Lindoso *et al.*, 2014) (Tabela 01):

**Tabela 01** – Sensibilidade (S), exposição (E) e capacidade adaptativa (CA) dos produtores rurais familiares da região Rio Doce, Minas Gerais, Brasil.

Sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vive na propriedade</li> <li>• Mecanismo de irrigação</li> <li>• Número de pessoas que dependem da renda gerada na propriedade</li> <li>• Dependência do agricultor em relação à atividade agrícola</li> <li>• Pluriatividade*</li> <li>• Autoconsumo e Venda</li> </ul>
Exposição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferença entre o valor médio mensal da precipitação no ano de 2015 e a média histórica de 1986 a 2015</li> </ul>
Capacidade Adaptativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propriedade da terra</li> <li>• Acesso a projetos públicos de irrigação</li> <li>• Acesso à assistência técnica/extensão rural</li> <li>• Nível de instrução do agricultor</li> <li>• Participação em sindicatos ou associações de classe</li> <li>• Acesso ao crédito</li> <li>• Acesso a Política Pública</li> </ul>

(\*) Segundo Kageyama (1999, p. 38), pluriatividade refere-se ao “fenômeno da presença simultânea, numa família ou domicílio, de atividades em diferentes setores da economia”. Ainda segundo a autora, “uma definição mais abrangente (...) considera como pluriatividade também a ocorrência de ocupações secundárias na própria atividade agrícola (por exemplo, o pequeno agricultor, que também é assalariado temporário em outra propriedade agrícola)”.

Fonte: Adaptado de Lindoso *et al.* (2014)

As variáveis “*vive na propriedade agrícola*”, “*Dependência do agricultor em relação à atividade agrícola*”, “*número de dependentes*”, “*produção para autoconsumo e venda*” e “*ausência de mecanismo de irrigação*” estão relacionadas positivamente, com a sensibilidade. A “*pluriatividade*” diminui o índice de sensibilidade dos produtores. Para o índice de exposição foram considerados a variabilidade climática na precipitação referente a 30 anos anteriores a 2015, é a necessidade de um padrão de longo prazo das mudanças climáticas (Budhathoki, 2017). A diferença entre a precipitação de 2015 e a média histórica permitiu verificar se os agricultores estavam enfrentando déficits de chuva no último ano. E para o índice de capacidade adaptativa, as variáveis consideradas relacionam-se positivamente à capacidade adaptativa.

O indicador de vulnerabilidade considerou os três índices descritos com a equação 1 e permitiu traçar o nível de vulnerabilidade dos agricultores familiares da região Rio Doce, Minas Gerais, Brasil.



### Base de dados

Para a análise dos índices de sensibilidade e capacidade adaptativa foi utilizada a base de dados desenvolvida por Andrade (2019). O autor entrevistou 206 agricultores familiares (113 no Território Médio Rio Doce e 93 no Território São Mateus) nos meses de julho e agosto de 2017<sup>6</sup>. Para o cálculo do índice de exposição foram considerados os dados obtidos do *Terrestrial Hydrology Research Group (THRG)* (Sheffield *et al.*, 2006), referentes às variáveis “*Temperatura*” e “*Precipitação*”.

### Resultados

Os valores dos índices de sensibilidade (IS), exposição (IE), capacidade adaptativa (CA) e de vulnerabilidade (IV) apresentaram média e desvio padrão de  $64,84 \pm 6,62$ ;  $81,22 \pm 6,56$ ;  $57,14 \pm 11,75$  e  $62,98 \pm 4,23$ , respectivamente (Tabela 02). Os resultados foram obtidos por família participante e, para facilitar a compreensão e discussão, em médias para cada município amostrado.

**Tabela 02** – Municípios, índices de sensibilidade (IS), exposição (IE) e capacidade adaptativa (ICA) e de vulnerabilidade (IV) em %.

Municípios	IS	IE	ICA	IV	Municípios	IS	IE	ICA	IV
Açucena	69,48	82,67	61,58	63,52	Nacip Raydan	61,91	85,48	29,71	72,56
Alpercata	63,56	71,87	62,82	57,54	Naque	53,33	87	69,74	56,86
Central de Minas	74,94	77,97	73,25	59,89	Nova Belém	75,44	100	59,63	71,93
Coroaci	63,71	85,01	63,1	61,87	Nova Módica	65,99	80,83	73,71	57,7
Cuparaque	68,3	72,41	70,72	56,66	Periquito	66,23	82,04	73,05	58,41
D. Laranjeiras	56,02	76,34	50	60,78	S <sup>a</sup> Efigênia de Minas	71,64	82,68	51,86	67,49
Frei Inocência	57,26	78,22	47,33	62,72	São Félix de Minas	64,43	81,15	65,28	60,1
Galiléia	61,61	71,77	47,33	62,02	S,G,Piedade,	62,77	82,3	51,79	64,43
Goiabeira	65,19	70,44	62,23	57,8	S,J,Manteninha	61,27	82,05	44,99	66,11
G. Valadares	67,86	75,68	49,11	64,81	São José da Safira	69,37	85,02	43,1	70,43
Itabirinha	66,76	89,8	72,24	61,44	São José do Divino	67,96	85,38	71,86	60,49
Mantena	58,68	90,95	49,86	66,59	Sardoá	81,94	82,34	66,5	65,92
Marilac	53,06	83,85	42,33	64,86	Sobralia	63,59	77,39	48,18	64,27
Mathias Lobato	57,31	78,61	51,15	61,59	Tumiritinga	72,05	69,76	48,68	64,37
Mendes Pimentel	58,17	82,58	45,59	65,05	Virgolândia	65,49	85,04	67,39	61,05

D. Laranjeiras = Divino das Laranjeiras. G.Valadares = Governador Valadares. S.G.Piedade = São Geraldo da Piedade. S.J.Manteninha = São João do Manteninha

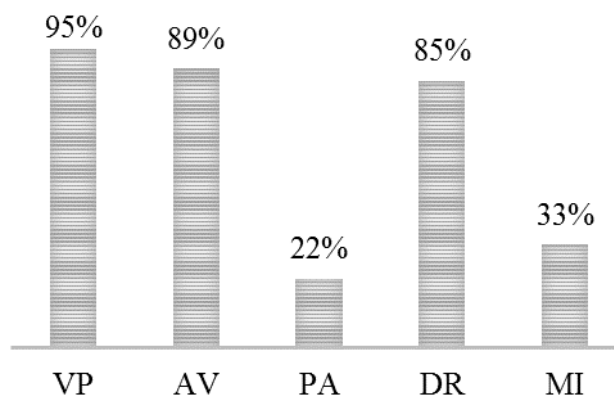
Fonte: Resultado da Pesquisa

O índice de sensibilidade dos municípios foi maior que 50%, sendo Sardoá (81,94%) o mais sensível. Esse índice foi alto, mesmo para municípios menos sensíveis, como Marilac, com o menor valor (53,06%).

<sup>6</sup> Para a definição do número de questionários, Andrade (2019) utilizou a técnica de amostragem aleatória simples, com 95% de confiança. Mais detalhes sobre a base de dados podem ser obtidos em Andrade (2019), na seção “Delimitação e caracterização da área e da população da pesquisa”, p. 15 a 22.

Das 206 famílias entrevistadas, 95% vivem exclusivamente na propriedade, 89% produzem para autoconsumo e venda, 85% possuem dependência maior que 50% da renda gerada pela produção agrícola, 33% possuem mecanismos de irrigação e apenas 22% são pluriativos (Gráfico 01).

**Gráfico 01** - Valores percentuais observados no índice de sensibilidade



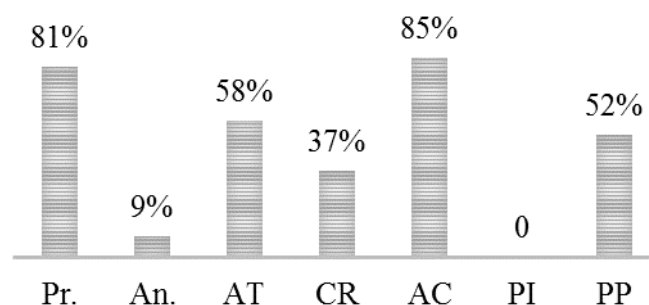
Nota: (VP= Vive na Propriedade, AV= Autoconsumo e Venda, PA= Pluriatividade, DR= Dependência da Renda  $\geq$ 50% e MI= Mecanismo de Irrigação), em porcentagem, utilizadas para calcular o índice de sensibilidade de agricultores da região de Planejamento Rio Doce.

Fonte: Resultado da Pesquisa

Os índices de exposição foram maiores que 69% em todos os municípios, com média pluviométrica da amostra menor que a histórica. Nova Belém e Tumiritinga foram os municípios mais e menos expostos, respectivamente (Tabela 2).

O índice de capacidade adaptativa dos produtores (Tabela 2) foi menor que 50% em 11 municípios, tendo Nova Módica o maior valor (CA= 73,71%) e Nacip Raydan o menor (29,71%).

Do total de agricultores entrevistados, 81% são proprietários da terra, 9% são considerados analfabetos, 58% possuem assistência técnica, 37% utilizam crédito rural, 85% participam de associações e/ou cooperativas rurais. Nenhuma família entrevistada tem acesso a projetos público de irrigação e 52% delas possuem acesso a políticas pública (Gráfico 02).

**Gráfico 02** - Valores percentuais observados no índice de capacidade adaptativa

Nota: (Pr= Proprietário, An= Analfabetos, AT= Assistência Técnica, CR= Crédito Rural, AC= Associação e Cooperativas, PI= Projeto de Irrigação, PP= Política Pública) utilizada no índice de Capacidade Adaptativa (ICA).

Fonte: Resultado da Pesquisa

Não observamos vulnerabilidade baixa (0 – 40%) entre os municípios avaliados, ficando 90% deles classificados como de média e apenas os municípios Nacip Raydan, Nova Belém e São José da Safira com alta (72,56% 71,93% e 70,43% respectivamente). Os valores dos componentes da vulnerabilidade, isoladamente, em relação às mudanças climáticas, resumem a classificação dos municípios estudados (Tabela 03).

**Tabela 03** – Classificação dos municípios com base no Índice de Vulnerabilidade

Classificação de Vulnerabilidade	Número de municípios
Baixa 0 – 40	0
Média 41 – 69	27
Alta 70 – 100	3

Fonte: Resulta da Pesquisa

Observação importante que também deve ser levada em consideração, é que aqueles municípios cuja vulnerabilidade foi classificada como alta, são os únicos da amostra que possuem Índice do Desenvolvimento Humano (IDH)<sup>7</sup> baixo entre 0,500 e 0,599 (IBGE, 2010; PNUD, 2013) apresentado na Tabela 04.

<sup>7</sup> De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2013), “o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde”.

**Tabela 04** – Índice do Desenvolvimento Humano dos municípios selecionados

Município	IDH 2010	Município	IDH 2010
Açucena	0,61	Nacip Raydan	0,585
Alpercata	0,646	Naque	0,675
Central de Minas	0,665	Nova Belém	0,592
Coroaci	0,626	Nova Módica	0,63
Cuparaque	0,627	Periquito	0,651
Divino das Laranjeiras	0,661	Santa Efigênia de Minas	0,607
Frei Inocência	0,648	São Félix de Minas	0,62
Galiléia	0,654	São Geraldo da Piedade	0,6
Goiabeira	0,647	São João do Manteninha	0,64
Governador Valadares	0,727	São José da Safira	0,583
Itabirinha	0,653	São José do Divino	0,658
Mantena	0,675	Sardoá	0,636
Marilac	0,615	Sobralia	0,631
Mathias Lobato	0,612	Tumiritinga	0,626
Mendes Pimentel	0,626	Virgolândia	0,62

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil. PNUD, 2013.

## Discussão

Diminuir a sensibilidade de agricultores é um dos caminhos para minimizar os impactos negativos das mudanças climáticas, entre os quais destacam-se as perdas de produção e produtividade, as quais impactam diretamente a disponibilidade e a distribuição dos alimentos (IPCC, 2014; Rippke *et al.*, 2016; Dale *et al.*, 2017). A própria característica da agricultura familiar condiz com elevada sensibilidade. Os agricultores familiares, assim como a maioria dos pequenos produtores rurais, possuem baixo (ou nenhum) acesso a mecanismos de inovação tecnológica (Adger *et al.*, 2003; Obermaier e Rosa, 2013). Características como deficiência de estradas para escoamento de produção, baixa utilização de insumos externos e mercados locais pouco desenvolvidos aumentam a sensibilidade da população rural às mudanças climáticas (Sawaya *et al.*, 2003; Bastos *et al.*, 2019).

A vivência na propriedade rural, juntamente com a baixa pluriatividade, influenciam na sensibilidade dos agricultores familiares. A causa é a falta de alternativas caso desastres ambientais não esperados ocorram. Os resultados desta pesquisa podem ajudar a explicar os baixos valores de IDH observados nos municípios da região. Os recursos básicos de sobrevivência como moradia, água e alimentos podem ser escassos nas zonas rurais, tornando os agricultores suscetíveis a perdas de produção. A principal diferença entre o município mais sensível e o de menor sensibilidade é devido, principalmente, a grande dependência da renda gerada na atividade agrícola e a produção destinada ao consumo e venda

do excedente. Segundo os dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) apenas 9,67% dos agricultores familiares do Brasil obtiveram renda não agrícola. Ou seja, a dependência de somente uma fonte de renda exacerba ainda mais os impactos previstos das mudanças climáticas.

A ausência de mecanismos de irrigação aumenta os impactos negativos de temperatura e/ou mudanças na precipitação (Kukul e Irmak, 2018). Além disso, as incertezas sobre o real impacto do desastre de Mariana afetaram diretamente o abastecimento de água dos agricultores familiares que viviam às margens do Rio Doce (Espíndola *et al.*, 2019). Os custos elevados da irrigação (Cunha *et al.*, 2013) justificam a dependência da precipitação. Estratégias alternativas, como captação de água da chuva e políticas de promoção de sistemas eficientes de irrigação podem ajudar a superar a escassez hídrica (Hiremath *et al.*, 2013).

A baixa frequência de chuvas já foi comprovada como fator negativo em outras regiões do Brasil e do mundo. Na região semiárida do Ceará, a variabilidade climática vinculada à precipitação foi responsável também pelos elevados índices de exposição (Lindoso *et al.*, 2014). Em regiões urbanas em Santiago, no Chile, a ausência de precipitação tornou a população mais exposta aos efeitos das mudanças climáticas (Inostroza *et al.*, 2016). Aumentos na temperatura, assim como baixa precipitação, contribuem para a maior exposição dos produtores, uma vez a produção agrícola é afetada negativamente, reduzindo a renda e levando à escassez de alimentos para as famílias. A precipitação na região de planejamento Rio Doce, menor que o padrão histórico, indica alta exposição às mudanças climáticas. Os municípios da região São Mateus são menos expostos devido ao clima ameno favorável de altitudes controladas, já a região Médio Rio Doce apresenta clima seco, relevo com inclinações acentuadas, quente e pobre de precipitação (Espíndola e Weldling, 2008).

A capacidade de se adaptar depende de diversos recursos técnicos, financeiros e institucionais, de fatores sóciocognitivos, incluindo escolhas e percepção dos agricultores sobre as mudanças no clima (Grothmann e Patt, 2005; Eakin *et al.*, 2016; Seara *et al.*, 2016). Na região oeste dos EUA, por exemplo, a percepção dos agricultores frente as mudanças no clima foi decisivo para adoção de estratégias adaptativas (Gardezi e Arbuckle Jr, 2017). Estratégias de adaptação podem permitir aos produtores se anteciparem, minimizando os efeitos negativos das alterações climáticas (FAO, 2002; Menezes *et al.*, 2011; Prager, 2012). Na Etiópia a percepção em relação ao clima e o acesso a crédito e assistência rural fez

com que grande parte dos agricultores alterassem o calendário de plantio de culturas e diversificassem suas produções (Kassie *et al.*, 2013). Os municípios da região Médio Rio Doce foram considerados os de menor capacidade adaptativa, o que pode ser, em parte, devido aos fatores históricos dessa região. A partir da década de 1940 essa região sofreu intenso desmatamento, reduzindo em grande parte suas florestas originais e, posteriormente, dando espaço à agropecuária (Espíndola e Weldling, 2008).

O título de propriedade da terra torna mais fácil o acesso às políticas de financiamento e crédito agrícola, bem como a participação em associações (Cunha *et al.*, 2015) e as possibilidades de diversificar sua produção e adquirir mecanismos de irrigação eficientes para suprir a escassez hídrica. No entanto, o baixo acesso à assistência técnica, irrigação pública e ao crédito rural reduz este processo (Eiró e Lindoso, 2014; Pires *et al.*, 2014). Dentre as 206 famílias de produtores avaliadas na bacia Rio Doce, apenas 25% são atendidos pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER - MG), que é a principal prestadora dos serviços público governamentais de assistência técnica e extensão rural no estado de Minas Gerais.

A assistência agrícola eficiente permite comunicação, capacitação e prestação de serviços direto ao produtor, preservando e recuperando os recursos naturais disponíveis sem impactar no valor bruto da produção (Carlos *et al.*, 2019). A deficiência de assistência técnica agravada pelo nível de capacitação baixo de muitos agricultores (IBGE, 2019) reflete na não adoção de tecnologias, não utilização de práticas culturais de rotação adequadas e, conseqüentemente, gera perdas de produção (Castro, 2015). A indisponibilidade de acesso ao crédito rural inviabiliza a posse de recursos financeiros e a capacidade de converter os mesmos em ações efetivas (Brown e Westaway, 2011; Coulthard, 2012; Cinner *et al.*, 2018). A legalidade da propriedade, bem como o alfabetismo se tornam relevante para explicar a capacidade adaptativa, pois corresponde ao meio facilitador para obtenção de créditos agrícolas, acesso a políticas públicas (Motta, 2011), conhecimento e aquisição de seguro rural.

Observou-se que a maioria dos municípios com CA superior a 70% estão localizados na região São Mateus, com exceção de Periquito. A capacidade adaptativa de destaque desse município foi devido principalmente ao nível de escolaridade presente. Os anos de escolaridade dos agricultores familiares do município de Periquito foram superiores à média da região Rio Doce. No Vietnã, por

exemplo, a capacidade adaptativa alta foi também devida aos elevados níveis de escolaridade da população (Parker *et al.*, 2019). A diferença entre o município com maior CA e o de menor CA da região Rio Doce refere-se, principalmente, à presença da assistência técnica e uso de crédito rural pelos produtores.

Índices de vulnerabilidade elevados se devem aos altos valores de exposição e sensibilidade e a baixa capacidade adaptativa (Baca *et al.*, 2014; Dos Santos *et al.*, 2021). A alta sensibilidade, exposição extrema e baixo grau de capacidade adaptativa classificaram os municípios de Nacip Raydan, Nova Belém e São Jose da Safira, na região de planejamento Rio Doce, como os mais vulneráveis. Os agricultores não percebem o colapso da barragem da Samarco, em Fundão, como efeito adicional às suas rotinas diárias. Contudo, para os municípios avaliados, 37% dos agricultores relataram que o rompimento da barragem lhes causou algum tipo de prejuízo. De fato, a vulnerabilidade média observada na Bacia do Rio Doce é superior à encontrada para o semiárido brasileiro (Lindoso *et al.*, 2014), bem como para o estado Amazonas (Menezes *et al.*, 2018).

As análises dos resultados encontrados para o indicador de vulnerabilidade não devem ser desagregadas da análise de seus índices, pois inviabilizaria na aplicação de políticas e decisões. Para que as melhores políticas e estratégias sejam empregadas para esse fim, deve-se ter como foco a escala microrregional (Lindoso *et al.*, 2014). Por exemplo, aumentar a capacidade adaptativa dos produtores mais sensíveis pode minimizar a vulnerabilidade. Por outro lado, medidas com foco em estratégias socioeconômicas poderiam diminuir a sensibilidade dos produtores e, conseqüentemente, a vulnerabilidade. Isso porque a exposição está vinculada a variáveis não controláveis, como precipitação e temperatura.

Outra abordagem de grande relevância que pode ter influenciado nos resultados desta pesquisa se refere ao rompimento da barragem de contenção de rejeitos da mineradora Samarco, ocorrida no município de Mariana em 2015. Tal acontecimento, considerado a maior catástrofe ambiental brasileira, comprometeu ainda mais a região Rio Doce. Esse desastre provocou perdas de biodiversidade, destruição do rio e intensificação das questões ambientais locais, trazendo sérios prejuízos para os agricultores (Gonçalves *et al.*, 2016; Zhouri *et al.*, 2016). Dos 30 municípios considerados nesta pesquisa, oito foram atingidos diretamente pela catástrofe: Alpercata, Galileia, Governador Valadares, Iapu, Naque, Periquito, Sobralia e Tumiritinga (Andrade, 2019). Sendo assim, tais municípios possuem altos índices de exposição e sensibilidade. Mesmo considerando que os solos da bacia

do Rio Doce sejam homogêneos e que os rejeitos não alteraram significativamente os teores de metais (Guevara *et al.*, 2018), a vulnerabilidade ambiental é marcada pela perda da vegetação nas matas ripárias, bem como zonas de amortecimento ao longo da Bacia. Por outro lado, o conteúdo de nutrientes e minerais (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e NO) e a matéria orgânica do solo dos sedimentos foram esgotados nas zonas ripárias ao longo da bacia após o desastre (Santos *et al.*, 2019).

Os resultados revelaram que todos os municípios possuem índices de vulnerabilidade de médio a alto. A maioria possuiu indicadores elevados de sensibilidade e exposição, e que combinados com a baixa capacidade adaptativa, classificam os municípios de Nova Belém, São Jose da Safira e Nacip, como os mais vulneráveis. Configura-se, portanto, um cenário de alerta, com maiores chances de elevar a suscetibilidade às mudanças no clima, o que poderia resultar em baixo desenvolvimento destes municípios caso não haja desenvolvimento e capacidade adaptativa suficientes.

### **Considerações Finais**

O objetivo deste artigo foi analisar a vulnerabilidade às mudanças climáticas de agricultores familiares da região Rio Doce em Minas Gerais, com base em índices de sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa. Em termos de sensibilidade, fatores como a baixa pluriatividade e o reduzido acesso a mecanismos de irrigação tornaram este índice elevado. Com relação à exposição, a variabilidade climática da precipitação demonstrou escassez com relação à média histórica. Os efeitos do rompimento da barragem de Fundão podem contribuir para escassez hídrica, conforme indicam outras pesquisas sobre a vegetação ripária da bacia, sendo fortemente recomendado novos estudos para confirmar essa hipótese. A capacidade adaptativa da região está relacionada ao baixo acesso ao crédito rural e ausência de projetos de irrigação. Os altos índices de vulnerabilidade dos agricultores familiares da região de planejamento Rio Doce é consequência da alta exposição e sensibilidade, combinada com a baixa capacidade adaptativa. Os resultados sugerem que a região deve receber atenção quanto às políticas públicas para reduzir sua vulnerabilidade, capacitando-a para os aspectos adversos da mudança climática.

Concluimos que, apesar de regional, os resultados obtidos contribuem para entender a fragilidade do sistema nacional de agricultura familiar. Esse seguimento é a base da economia de 90% dos municípios brasileiros de até 20 mil habitantes,



sendo responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa e mais de 70% dos empregos no meio rural (MAPA, 2018). O aumento da vulnerabilidade da agricultura familiar afetará não somente os produtores locais, mas também grande parte da população do país, que é dependente dos alimentos produzidos por essa categoria.

Sugere-se que novos estudos sejam feitos na região visando compreender como os agricultores familiares têm se adaptado às mudanças do clima, sobretudo no que diz respeito à diversificação agrícola. Embora esta pesquisa tenha identificado baixa capacidade adaptativa regional, deve-se considerar que a diversidade da produção agrícola familiar é um dos fatores que a tornam menos vulnerável aos impactos das mudanças climáticas. Quanto mais diversificado é um estabelecimento agrícola, menor se torna a variabilidade de sua renda mensal, o que se constitui como importante medida de adaptação individual. Por fim, um importante conceito deve ser agregado a pesquisas futuras: segurança alimentar. A vulnerabilidade, no sentido aqui analisado, pode gerar redução da produção de alimentos, que é um dos componentes da (in)segurança alimentar. Entretanto, a segurança alimentar é um conceito muito mais amplo do que a redução da oferta alimentar.

## REFERÊNCIAS

- ADGER, W. N.; HUQ, S.; BROWN, K. Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, v.3. p.179-95, 2003.
- ANDRADE, A. A. X.; SILVA, G. B.; ANDRADE, N. A. X. O acesso às políticas públicas no semiárido e seu reflexo na heterogeneidade da agricultura familiar: o PNAE em Boquira – BA. *Revista Extensão Rural, DEAER – UFSM*. Santa Maria. v.22. n.2, 2015.
- ANDRADE, A. A. X. Percepção ambiental e políticas públicas para a agricultura familiar na região Rio Doce. Minas Gerais. 2019. 147 f. Tese (Doutorado em Extensão Rural). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. MG.
- BACA, M.; LÄDERACH, P.; HAGGAR, J.; SCHROTH, G.; OVALLE, O. An integrated framework for assessing vulnerability to climate change and developing adaptation strategies for coffee growing families in Mesoamerica. *PLoS ONE*, v. 9, n.2, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088463>.
- BASTOS, P. M. A.; MATTOS, L. B.; SANTOS, G.C. Determinantes da pobreza no meio rural brasileiro. *Revista de Estudos Sociais*, v.20, n.41, p.4–30, 2019.
- BELESKY, P. Regional governance, food security and rice reserves in East Asia. *Global Food Security*, v.3, p.167–173, 2014.

BERCHIN, I. I.; NUNES, N. A.; AMORIM, W. S.; ZIMMER, G. A. A.; SILVA, F. R.; FORNASARI, V. H.; SIMA, M.; GUERRA, J. B. S. O. A. The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: The case of Brazil. *Land Use Policy*, v.82. p.573-584, 2019.

BRASIL, Lei 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm)

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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/d9064.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9064.htm)

BRASIL, Decreto nº 10.688, de 26 de abril de 2021. Altera o Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017, que 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10688.htm#art1](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10688.htm#art1)

BROWN, M. E.; FUNK, C. C. Food Security Under Climate Change. *Science Climate*, v.319, n.5863, p.580-581, 2008

BROWN, K.; WESTAWAY, E. Agency, capacity, and resilience to environmental change: Lessons from human development, well-being, and disasters. *Environmental Research*, v.36, p.321–342, 2011

BUDHATHOKI, N. K. Climate change: Perceptions, reality and agricultural practice: Evidence from Nepal. 2017. Disponível em: < [http://www.sandeeonline.org/uploads/documents/publication/1112\\_PUB\\_wp\\_125-17\\_Nanda\\_Kaji.pdf](http://www.sandeeonline.org/uploads/documents/publication/1112_PUB_wp_125-17_Nanda_Kaji.pdf) > Acesso em: 20/06/19

CARLOS, S.; CUNHA, D. A.; PIRES, M. V.; COUTO-SANTOS, F. R. Understanding farmers' perceptions and adaptation to climate change: the case of Rio das Contas basin, Brazil. *GeoJournal*, v.85, p.805-821, 2019.

CASTRO, C. N. Desafios da Agricultura Familiar: O Caso da Assistência Técnica e Extensão Rural. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, 2015.

CHHOGYEL, N.; KUMAR, L.; HASAN, M.D. K. Perception of farmers on climate change and its impacts on agriculture across various altitudinal zones of Bhutan Himalayas. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v.17, p.3607-3620, 2020.

CINNER, J. E.; ADGER, W. N.; ALLISON, E. H.; BARNES, M. L.; BROWN, K.; COHEN, P. J.; GELCICH, S.; HICKS, C. C.; HUGHES, T. P.; LAU, J.; MARSHALL, N.; MORRISON, T. H. Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. *Nature Climate Change*, v.8, n.2, p.117–123, 2018.

COULTHARD, S. Can we be both resilient and well, and what choices do people have? Incorporating agency into the resilience debate from a fisheries perspective. *Ecology and Society*, v.17, n.1, p.1–12, 2012.

CUNHA, D. A.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; SOUZA, E. Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.51, n.2, p.369–386, 2013.

CUNHA, D. A.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G. Irrigation as an adaptive strategy to climate change: an economic perspective on Brazilian agriculture. *Environment and Development Economics*, v. 20, n. 1, p.57-79, 2015.

DALE, A.; FANT, C.; STRZEPEL, K.; LICKLEY, M.; SOLOMON, S. Climate model uncertainty in impact assessments for agriculture: A multi-ensemble case study on maize in sub-Saharan Africa. *Eath's Future*, v.5, n.3, p.337-353, 2017.

DOS SANTOS, E.A.; DA CUNHA, D.A.; SANTOS, J.B.; ZANUNCIO, J.C. Agricultural vulnerability to climate change in the Rio das Contas Basin, Brazil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, p.1–12, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03188-3>

EAKIN, H.; YORK, A.; AGGARWAL, R.; WATERS, S.; WELCH, J.; RUBIÑOS, C.; SMITH – HEISTERS, S.; BAUSCH, C.; ANDERIES, J. M. Cognitive and institutional influences on farmers' adaptive capacity: Insights into barriers and opportunities for transformative change in central Arizona. *Regional Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 801-814, 2016.

EIRÓ, F.; LINDOSO, D. Mudança climática, percepção de risco e inação no semiárido brasileiro: como produtores rurais familiares percebem a variabilidade climática no sertão do São Francisco – Bahia. *Revista Econômica do Nordeste*, v.45, n.4), p.137–150, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA 2017. Disponível em:  
<<https://www.google.com/search?q=EMBRAPA&oq=EMBRAPA&aqs=chrome..69i57j0l4j69i60l3.1836j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>> Acesso em: Jan/2019.

ESPÍNDOLA, H. S.; WENDLING, I. J. Elementos biológicos na configuração do território do rio Doce. *VARIA HISTÓRIA*. Belo Horizonte. v. 24. n. 39. p. 177197. jan/jun 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/vh/v24n39/a09v24n39.pdf>. Acesso em: 24 de abril 2020.

ESPÍNDOLA, H. S.; Nodari, E.S.; Santos, M.A. Rio Doce: riscos e incertezas a partir do desastre de Mariana (MG). *Revista Brasileira de História*, v.39. n.81, 2019.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; FRANCO, R.; MATOR, R. A tragédia do rio Doce: A Lama. O Povo e a água. Relatório de Campo e Interpretações Preliminares Sobre as Consequências do Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão (Samarco/Vale/Bhp). *Geografias*. Belo Horizonte. Edição Especial. Vale do Rio Doce: formação geo-históricas e questões atuais. p. 203-222. 2016. Disponível em:  
<<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/%20geografias/article/view/737>>  
Acesso em: 31 jan. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO 2002. *Environment in decentralized development – Economic and institutional issues*. Prepared by Vito Cistulli. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Rome.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO 2018. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/fome-aguda-afeta-113-milhoes-de-pessoas-no-mundo-diz-relatorio-da-onu/amp/>> e <<http://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf>>. Acesso em: 10. Jun. 2019.

GARDEZI, M.; ARBUCKLE JR, J. G. Spatially Representing Vulnerability to Extreme Rain Events Using Midwestern Farmers' Objective and Perceived Attributes of Adaptive Capacity. *Risk Analysis*, v.39, n.1, p.17-34, 2017.

GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. A produção da autonomia: os “papéis” do autoconsumo na reprodução social dos agricultores familiares. *Revista Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 15, p. 89-122, 2007.

GONÇALVES, R. J. A. F.; PINTO, R. G.; WANDERLEY, L. J. Conflitos ambientais e pilhagem dos Territórios na bacia rio Doce. In.: *A questão mineral no Brasil – Vol. 2. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Biliton*. Ors. ZONTA. M e TROCATE. C. Marabá. PA: Editorial iGuana. 2016.

GROTHMANN, T.; PATT, A. Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, v.15, n.3, p.199–213, 2005.

GUEVARA, Y. Z. C.; SOUZA, J. J. L. L.; VELOSO, G. V.; VELOSO, R. W.; ROCHA, P. A.; ABRAHÃO, W. A. P.; FILHO, E. I. F. Reference Values of Soil Quality for the Rio Doce Basin. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.42, 2018.

HIREMATH, D. B.; SHIYANI, R. L. Analysis of vulnerability indices in various agro-climatic zones of Gujarat. *Indian Journal of Agricultural Economics*, v.68, n.1, p.1–16, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010: Brasil. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE. 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário: Brasil. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE. 2016

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017 - resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE. outubro de 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>> Acesso em: 3 de mar/2020.

INOSTROZA, L.; PALME, M.; BARRERA, F. A heat vulnerability index: spatial patterns of exposure, sensitivity and adaptive capacity for Santiago de Chile. *PLoS ONE*, v.11, n.9, p.1–26, 2016.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - 2014. *Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC: Geneva. Switzerland.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – 2018. Annex I: Glossary. Matthews, J.B.R. (ed.). Cambridge University Press.

IYENGAR, N. S.; SUDARSHAN, P. A Method of Classifying Regions from Multivariate Data. *Economic and Political Weekly*, v.17, n.51, p.2048-2052, 1982.

- KAGEYAMA, A. Pluriatividade na agricultura paulista. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 37, n. 1, p. 35-56, 1999.
- KASSIE, B. T.; HENGSDIJK, H.; ROTTER, R. P.; KAHILUOTO, H.; ASSENG, S.; VAN ITTERSUM, M. Adapting to climate variability and change: experiences from cereal-based farming in the central rift and Kobo Valleys, Ethiopia. *Environmental Management*, v.52, p.1115-1131, 2013.
- KUKAL, M. S.; IRMAK, S. Climate-driven crop yield and yield variability and climate change impacts on the U.S. Great Plains Agricultural Production. *Scientific Reports*, v.8, n.3450, p.1–18, 2018.
- LANDAU, E. C.; DA CRUZ, R. K.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M.; GUIMARÃES, D. P. *Variação Geográfica do Tamanho dos Módulos Fiscais no Brasil*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.
- LARSON, D. F.; MURAOKA, R.; OTSUKA, K. Why African rural development strategies must depend on small farms. *Global Food Security*, v.10, p.39–51, 2016.
- LINDOSO, D. P.; ROCHA, J. D.; DEBORTOLI, N.; PARENTE, I. I.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; FILHO, S. R. Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. *Climatic Change*, v.127, n,1, p.93–105, 2014.
- MACHADO FILHO, H. *Climate Change and its Impacts on Family Farming in the North/Northeast Regions of Brazil*. Policy Research Brief. International Policy Centre for Inclusive Growth – United Nations Development Programme, 2016.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018. Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/agricultura-familiar-do-brasil-é-8ª-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>> Acesso em: 08/2019.
- MENEZES, L. C. P.; OLIVEIRA, B. M. C.; EL-DEIR, S. G. Percepção ambiental sobre mudanças climáticas: estudo de caso no Semiárido Pernambucano. In: *Proceedings I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Londrina. Brasil. IBEAS. 2011.
- MENEZES, J. A.; CONFALONIERI, U.; MADUREIRA, A. P.; DUVAL, I. D. B.; SANTOS, R. B. D.; MARGONARI, C. Mapping human vulnerability to climate change in the Brazilian Amazon: The construction of a municipal vulnerability index. *PLoS ONE*, v.13, n.2, p.1– 30, 2018.
- MOTTA, R. S. A política nacional sobre mudança do clima: aspectos regulatórios e de governança. In: *Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. Ipea. v.1, p.31-42, 2011.
- OBERMAIER, M.; ROSA, L. P. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estudos Avançados*, v.27. n.78, 2013.
- PARKER, L.; BOURGOIN, C.; MARTINEZ – VALLE, A.; LADERACH, P. Vulnerability of the agricultural sector to climate change: The development of a pan-tropical Climate Risk Vulnerability Assessment to inform sub-national decision making. *PLoS One*, 2019.
- PIRES, M. V.; CUNHA, D. A.; REIS, D. I.; COELHO, A. B. Percepção de produtores rurais em relação às mudanças climáticas e estratégias de adaptação no estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v.37, n.3, p.431–440, 2014.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - 2013. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/download/>>. Acesso em: Jul/2018.

PRAGER, K. Understanding Behaviour Change – How to apply theories of behavior change to SEWeb and related public engagement activities. Technical Report, 2012.

RAY, D. K.; MUELLER, N. D.; OESTE, P. C.; FOLEY, J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *Plos One*. v.8. n.6, 2013.

RIPPKE, U.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; JARVIS, A.; VERMEULEN, S. J.; PARKER, L.; MER, F.; HOWDEN, M. Timescales of transformational climate change adaptation in sub-Saharan African agriculture. *Nature Climate Change*, v.6, n.1, p.605-609, 2016.

SANTOS, O. S. H.; AVELLAR, F. C.; ALVES, M.; TRINDADE, R. C.; MENEZES, M. B.; FERREIRA, M. C.; FRANÇA, G. S.; CORDEIRO, J.; SOBREIRA, F. G.; YOSHIDA, I. M.; MOURA, P. M.; BAPTISTA, M. B.; SCOTTI, M. R. Understanding the Environmental Impact of a Mine Dam Rupture in Brazil: Prospects for Remediation. *Journal of Environmental Quality Abstract - Bioremediation and Biodegradation*. v.48. n.2, p.439 – 449, 2019.

SAWAYA, A. L.; SOLYMOS, G. M. B.; FLORENCIO, T. M. M. T.; MARTINS, P. A. Os dois Brasis: quem são, onde estão e como vivem os pobres brasileiros. *Estudos Avançados*, v.17. n.º48, 2003.

SCHREIBER, M. Desastre em Mariana foi acidente ou crime? 2015. BBC News Brasil. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/11/151110\\_ministro\\_mariana\\_ms](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/11/151110_ministro_mariana_ms)> Acesso em: Mar/2020.

SEARA, T.; CLAY, P. M.; COLBURN, L. L. Perceived adaptive capacity and natural disasters: A fisheries case study. *Global Environmental Change*, v.38, n.1, p.49 – 57, 2016.

SHEFFIELD, J.; GOTETI, G.; WOOD, E. F. Development of a 50-year High-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling. *Journal of Climate*, v.19, p.3088 – 3111, 2005.

TOL, R. S. J. The economic impacts of climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, v. 12, n. 1, p-4-25, 2018.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T. C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, v.151, p.53–59, 2012.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). 2009 UNISDR terminology on disaster risk reduction. UNISDR. 2009. Disponível em: <[https://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf)>: Acesso em: abr. 2019.

XAVIER, J. B.; VIEIRA, L. P. O. O trabalho e seus sentidos: a destruição da força humana que trabalha. In. *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição / organizadores: Bruno Milanez e Cristiana Losekann – Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem*. 2016. p. 197-229. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B7d8GZPCT-tpWTIHSU8tVVRSSjA/view>. Acesso em: 24 abril. 2020.

ZHOURI, A.; VALENCIO, N.; OLIVEIRA, R.; ZUCARELLI, M.; LASCHEFSKI, K.; SANTOS, R. S. P.; WANDERLEY, L. J. Dependência de barragem, alternativas tecnológicas e a

inação do Estado: repercussões sobre o monitoramento de barragens e o licenciamento de Fundão. In.: A questão mineral no Brasil – Vol. 2. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Biliton. Ors. ZONTA. M e TROCATE. C. Marabá. PA: Editorial iGuana. 2016.

## NOTAS DE AUTOR

### CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

**Elizângela Aparecida dos Santos**- Concepção, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, Edição, Revisão e aprovação da versão final do trabalho

**Álvaro Antônio Xavier de Andrade** – Coleta de dados; Investigação, Edição, Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

**Dênis Antônio da Cunha** – Conceitualização, Metodologia, Revisão e aprovação da versão final

### FINANCIAMENTO

Esta pesquisa foi apoiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processos: 305807/2018-8; 310677/2021-1 e 140313/2021-4), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (Processo: CSA-PPM-00022-14), e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil - CAPES (Código Financeiro 001).

### CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica

### APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Todos os procedimentos realizados em estudos envolvendo seres humanos estiveram de acordo com as normas éticas do comitê de pesquisa institucional e / ou nacional [Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, sob Parecer nº 2.165.974 (CAAE: 69996517.5 .0000.5153)].

### CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

### LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

### HISTÓRICO

Recebido em: 19-08-2020

Aprovado em: 15-01-2022