



## SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA E DE PRODUTIVIDADE ANUAL DE FEIJÃO, MILHO E SOJA EM GOIÁS E NO DISTRITO FEDERAL

Pedro **Vernier**<sup>1</sup>; Fernando Antônio Macena da **Silva**<sup>2</sup>; Marcos Corrêa **Neves**<sup>3</sup>; Alfredo José Barreto  
**Luiz**<sup>4</sup>

Nº 24413

**RESUMO** - O Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) orienta agentes das principais cadeias produtivas subordinadas à Política Agrícola Nacional. Portarias baseadas no ZARC determinam, para cada cultura e município, datas de semeadura sujeitas aos menores riscos climáticos. As estimativas de risco são fixas, não dependem de variações interanuais. O Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA), usado para estabelecer o risco climático, não permite especificar qual métrica agrometeorológica é responsável pelo maior ou menor risco em determinada época. É desejável a melhoria dessas métricas e que se busque uma explicação de como se relacionam com a produtividade das culturas. O objetivo deste trabalho foi gerar séries históricas de precipitação e produtividade, ao nível municipal, que permitam encontrar quais métricas melhor relacionam a produção das culturas com a oferta pluviométrica. Foram estudadas séries históricas (PAM/IBGE) de produtividade anual média por município de Goiás, de feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*). Reuniram-se ainda os dados diários de chuva das estações meteorológicas desse Estado, disponíveis na Agência Nacional de Águas (ANA). Foi construída uma base de dados única, o mais longa possível, que reuniu municípios produtores das três culturas e que dispunham de dados meteorológicos próprios. Dos 246 municípios de Goiás, entre 1991 e 2021, 11 colheram feijão, 61 colheram milho e 33 colheram soja em todos os anos. Já as séries contínuas de precipitação nestes 30 anos estão disponíveis em 80 municípios. Assim há municípios suficientes para continuar o desenvolvimento de novas métricas.

**Palavras-chaves:** estimativa de rendimento, produção agrícola, meteorologia, mudanças climáticas.

<sup>1</sup> Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Curso Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas-SP; pedrover14991@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, fernando.macena@embrapa.br

<sup>3</sup> Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, marcos.neves@embrapa.br

<sup>4</sup> Orientador: Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; alfredo.luiz@embrapa.br



**ABSTRACT** – *The National Climate Risk Agricultural Zoning Program (ZARC) guides agents in the main production chains subordinate to the National Agricultural Policy. Rules based on ZARC determine, for each crop and municipality, sowing dates subject to the lowest climatic risks. Risk estimates are fixed and do not depend on interannual variations. The Water Requirement Satisfaction Index (WRSI), used to establish climate risk, does not allow specifying which agrometeorological metric is responsible for the greater or lesser risk at a given time. It is desirable to improve these metrics and seek an explanation of how they relate to crop productivity. The objective of this work was to generate historical series of precipitation and productivity, at the municipal level, which allow us to find which metrics best relate crop production to rainfall supply. Historical series (PAM/IBGE) of average annual productivity per municipality of Goiás, of beans (Phaseolus vulgaris), corn (Zea mays) and soybeans (Glycine max) were studied. Daily rainfall data from meteorological stations in that State, available at the National Water Agency (ANA), were also gathered. A single database was built, as long as possible, which brought together municipalities that produced the three crops and which had their own meteorological data. Of the 246 municipalities in Goiás, between 1991 and 2021, 11 harvested beans, 61 harvested corn and 33 harvested soybeans in all years. Continuous precipitation series over these 30 years are available in 80 municipalities. Therefore, there are enough municipalities to continue the development of new metrics.*

**Keywords:** yield estimation, crop production, meteorology, climate change.



## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura, uma atividade de grande importância para o Brasil, representou 6,8% do PIB do país em 2022 (CNA, 2023). Além disso, a atividade agropecuária cresceu 15,1% de 2022 para 2023, influenciando positivamente o desempenho do PIB nacional (IBGE, 2024a). No entanto, a atividade agrícola é multifacetada, ou seja, depende de diversos fatores, cujo controle é difícil, ou mesmo impossível, sendo o clima um dos fatores-chave que afetam a produção agrícola. De acordo com Arias (2015), o país perde cerca de 1% do valor de sua produção agrícola devido ao clima, além disso é esperado um aumento do risco agroclimático devido a mudanças climáticas, acompanhados de mudanças na geografia da produção agrícola (BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K., 2020). Devido ao risco que eventos climáticos representam para o país, foi criado em 1996 o Programa Nacional de Zoneamento de Risco Climático (ZARC), em parceria da Embrapa com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O ZARC se vincula a outros programas do governo de crédito rural como Proagro e Proagro Mais para diminuir o risco climático associado ao cultivo (Guia, 2017). De acordo com Silva et al. (2023) “Atualmente o ZARC se baseia em fatores climáticos, basicamente, na probabilidade de atingir o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) das culturas, definido como sendo a relação entre a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e a evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>)”. Tal abordagem é mais simples de ser acompanhada, mas não consegue capturar outros efeitos que o clima possa ter na produção. Luiz & Silva (2023) observaram que a região do cerrado em Planaltina, no Distrito Federal, é afetada por fenômenos climáticos como o El Niño. Desta forma, é importante construir novas métricas para capturar o risco agroclimático de forma mais precisa, já que no Brasil 90% da produção é realizada em sequeiro (IBGE, 2020), modalidade de cultivo que é altamente dependente do regime pluviométrico. A necessidade de criar métricas melhores para as diferentes regiões do país e para as diferentes culturas também é corroborado por Steinmetz & Silva (2017).

Desta forma a EMBRAPA vem desenvolvendo novas métricas para capturar com maior precisão as variações climáticas que podem acometer uma região, umas dessas métricas é o projeto Avaliação de Risco e Resiliência Agroclimática (ARRA). Este estudo integra um conjunto de pesquisas que tem por objetivo o desenvolvimento do ARRA, mais especificamente, na análise do efeito dos padrões de chuva na produtividade das culturas no Estado de Goiás e no Distrito Federal. Para isso é preciso comparar dados de precipitação diária com os dados de produção agrícola das culturas selecionadas, e analisar vários anos para os quais os padrões climáticos conduziram a prejuízos na produtividade. Entretanto, há necessidade de organização e análise de consistência prévia dos dados de precipitação provenientes das estações meteorológicas e de produção municipal das culturas: soja, milho e feijão; para selecionar os municípios potencialmente úteis para a análise proposta.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

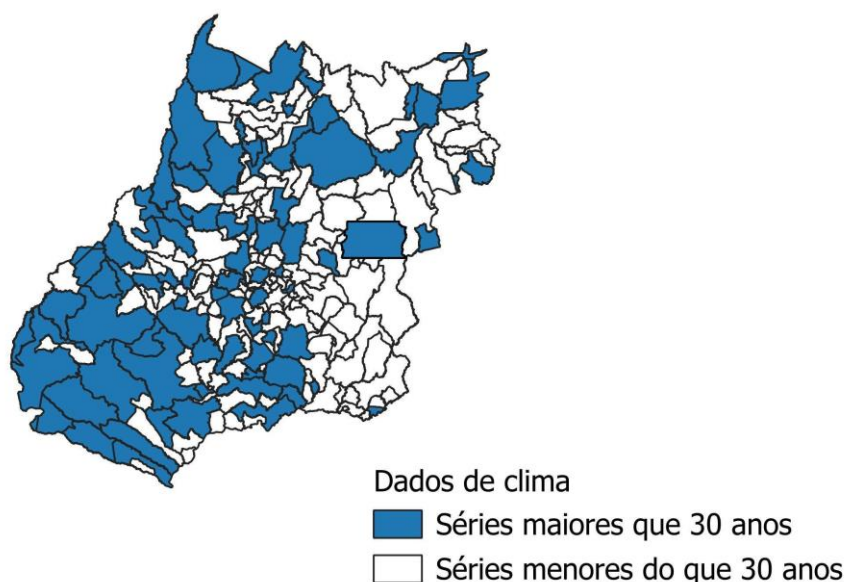
Foram obtidos dados da Agência Nacional de Águas (ANA) contendo conjuntos completos de precipitação, provenientes de estações meteorológicas localizadas em diversos estados do território nacional (ANA, 2023), até dezembro de 2022. Também foram recuperados dados de Produção Agrícola Municipal (PAM) das culturas escolhidas no projeto (feijão, milho e soja), a partir do portal SIDRA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (IBGE, 2024b). A malha municipal dos municípios de Goiás e Distrito Federal (conjunto de polígonos com os limites municipais) também foi viabilizada via site do IBGE (IBGE, 2024c).

A linguagem de programação Python foi utilizada para controle de qualidade e organização dos dados tabulares (precipitação e produtividade). Na etapa de análise de consistência, os dados climáticos históricos passaram por um tratamento estatístico prévio para identificação e correção dos registros anômalos ou discrepantes (outliers). Primeiro foram removidos os dados de estações da ANA que não estavam na região de interesse do projeto, em seguida foi montada tabela para poder visualizar se as estações apresentavam meses em que não haviam dados de precipitação, permitindo verificar se haviam interrupções na série histórica ou até quando a estação esteve em funcionamento. Em seguida foi definido que a análise começaria em dezembro de 2021, para que os dados obtidos fossem recentes. Com a data final selecionada foi feito um programa que reunia as informações de localização e dados pluviométricos, isto para cada estação e também para durações de séries históricas de 20 a 30 anos, esse conjunto de dados de estações que possuíam séries históricas de diferentes durações foi exportado para um arquivo no formato CSV (*comma-separated values*) para que pudesse ser lido pelo software de geoprocessamento QGIS. Então, no QGIS foram integrados os dados de precipitação, a localização das estações dentro malha municipal (Goiás e DF) e também a produtividade agrícola, permitindo assim, que fossem identificados os municípios que possuíam simultaneamente dados de produção das culturas de interesse e de precipitação pluviométrica para diferentes comprimentos de séries históricas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados e da análise feita foi possível observar que não houve ganho significativo em reduzir a série histórica de 30 para 20 anos de dados contínuos de precipitação. A série de 20 anos seleciona adicionalmente apenas o município de Águas Lindas de Goiás, comparativamente a série de 30 anos. Dentre os 246 municípios do estado de Goiás, somente 80 destes possuíam séries históricas de precipitação maiores do que 30 anos, conforme a Figura 1. Estes municípios estão, em geral, distribuídos pelo estado, com maior concentração de estações na região em torno do Distrito Federal, e menor concentração ao sul e sudeste do estado. A escolha de

um período de 30 anos levou em consideração o período normalmente utilizado na elaboração das Normais Climatológicas (INMET, 2022).



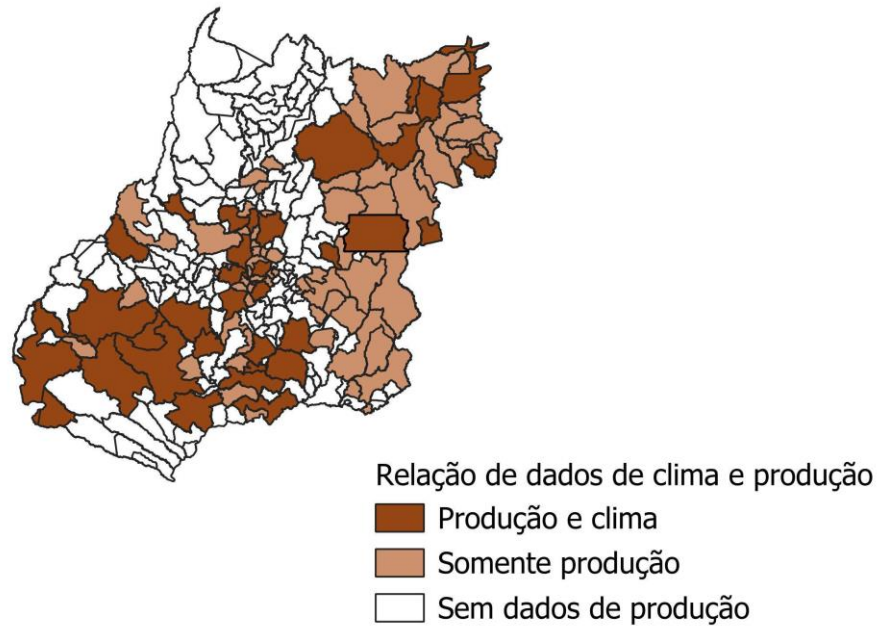
**Figura 1.** Classificação dos municípios de Goiás e do Distrito Federal com dados de precipitação (série histórica de 30 anos).

Adicionando os dados de produção das culturas na análise, observa-se que a situação de cada cultura é diferente na região delimitada (Tabela 1). Para o feijão observa-se menor número de municípios com séries históricas longas, sendo que muitos destes municípios não coincidem com aqueles que possuem séries históricas de precipitação. No caso apenas 11 municípios possuíam uma série histórica de 30 anos de ambos os dados de precipitação e produtividade. Para uma série histórica de 20 anos esse número sobe para 34 municípios.

**Tabela 1.** Relação de municípios com dados de precipitação e produção para diferentes culturas

Culturas	20 anos	25 anos	30 anos
<b>Feijão</b>	34	24	11
<b>Milho</b>	80	77	61
<b>Soja</b>	53	41	33

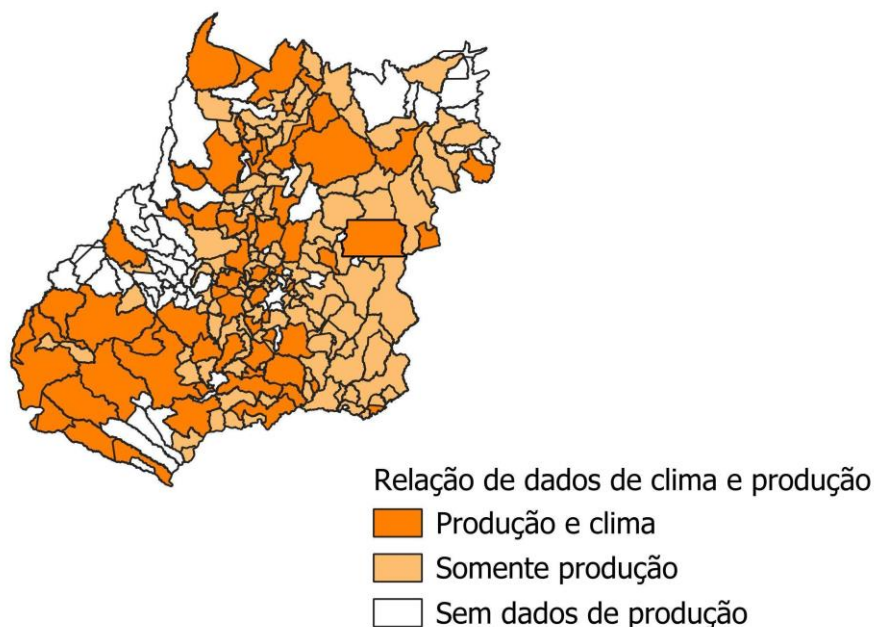
Em função do contexto, decidiu-se utilizar uma série de 20 anos para representar a cultura de feijão no estado, representado na Figura 2. Futuras análises devem decidir como tratarão a falta de dados para a cultura.



**Figura 2.** Classificação dos municípios de Goiás e do Distrito Federal com dados de produção de feijão (com pelo menos 20 anos) e dados precipitação (série histórica de 20 anos).

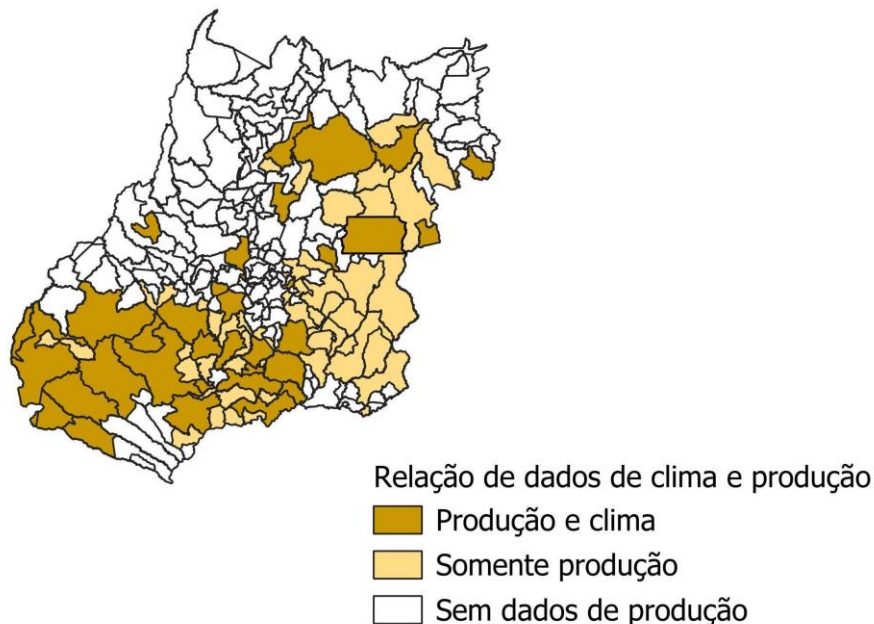
A cultura do milho, por outro lado, foi a cultura que apresentou maior quantidade de dados de produção, como visto na Tabela 1 e representado na Figura 3, possuindo grande número de municípios com dados de produção e dados pluviométricos. Dessa forma, a opção foi por representar a cultura do milho com série histórica de 30 anos.





**Figura 3.** Classificação dos municípios de Goiás e do Distrito Federal com dados de produção de milho (com pelo menos 30 anos) e dados precipitação (série histórica de 30 anos).

Por fim, ao analisar a cultura da soja observou-se que a mesma apresentou quantidade razoável de dados de produção, conforme apresentado na Tabela 1. Ao representar a série histórica de 30 anos na Figura 4 nota-se que a produção de soja no estado se concentra mais na região sudoeste, sul e no entorno do Distrito Federal, mas estas duas últimas regiões não possuem dados pluviométricos suficientes para a análise.



**Figura 4.** Classificação dos municípios de Goiás e do Distrito Federal com dados de produção de soja (com pelo menos 30 anos) e dados precipitação (série histórica de 30 anos).

Na continuidade deste estudo, seria interessante verificar como vem ocorrendo o desenvolvimento da cultura de feijão nesta região, na tentativa de explicar o baixo número de municípios com séries históricas recentes de 30 anos.

Ao observar a Figura 1 e ao comparar ela com as Figuras 2 e 4, se nota uma porção do estado de Goiás, no entorno de Brasília e, outra no sudeste do estado, onde há municípios com dados de produção que não estão acompanhados de dados de precipitação. Este seria outro tema a ser investigado com maior profundidade em um futuro estudo. possível

Uma alternativa para aumentar o número de municípios no estudo seria tentar, através de interpolação, estimar a precipitação em municípios sem dados recentes de estações meteorológicas, mas com séries longas de produtividade das culturas.

#### 4. CONCLUSÃO

Com as informações obtidas é possível afirmar que uma análise da relação entre métricas de precipitação e o desempenho produtivo das culturas estudadas é possível, pois a região, no geral, possui dados pluviométricos e de produtividade para um número satisfatório de municípios.

Novas métricas para as culturas de milho e soja podem ser adotadas com séries históricas de 30 anos, pois em ambos os casos existem dados de precipitação e produtividade das culturas em





mais de 30 municípios. Já para a cultura do feijão seria necessário utilizar séries históricas de precipitação com período de 20 anos, para dispor de produtividade e precipitação em mais de 30 municípios; ou optar por manter as séries de dados de precipitação em 30 anos, mas só poder contar também com dados de produtividade em 11 municípios.

Como possibilidade futura de uso das séries obtidas, seria indicado o uso de técnicas para o preenchimento das falhas nos dados de precipitação em algumas estações. Os dados poderiam ser imputados a partir de interpolações no tempo, baseadas nos dados da própria estação em outros anos, e no espaço, utilizando dados do mesmo período em estações espacialmente próximas. Com a disponibilidade cada vez maior de dados estimados a partir de imagens de satélites, também pode ser uma fonte auxiliar no preenchimento das séries com falhas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela oportunidade de iniciação científica e custeio da bolsa, e à EMBRAPA Meio Ambiente pelo suporte às ações de pesquisa e pelo apoio na execução da atividade “Métricas agrometeorológicas e sua relação com a produtividade agrícola”, que faz parte do Projeto 10.22.03.032.00.03 “Avaliação de Riscos e Resiliência Agroclimática - Etapa II (ARRA-2)”. Agradecem também aos revisores anônimos pela contribuição na melhoria do texto.

## 6. REFERÊNCIAS

ANA. HIDRO - **Série Histórica por Estação**. Disponível em: <<https://dadosabertos.ana.gov.br/documents/>>. Acesso em: 29 out. 2023.

ARIAS, D.; MENDES, P.; ABEL, P. **Prefácio**. In: Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil: caminhos para uma visão integrada. Banco Mundial, Brasília, 2015. 76p.

BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 7, p. 213-228.

CNA. Confederação Nacional de Agricultura. **Comunicado Técnico PIB Brasil 2022**. Edição 3/2023, 2 de março de 2023. 6p. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/files/Ed.3-CT-CNA-PIB-Brasil-2mar2023-1.pdf>>. Acesso em: 03 julho 2024

GUIA de seguros rurais e Proagro. Curitiba: Sistema FAEP/SENAR-PR, 2017. 28 p.

IBGE. **Com alta recorde da Agropecuária**, PIB fecha 2023 em 2,9%. 01/03/2024. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/U5rPJ>>. Acesso em: 03 julho 2024a.

IBGE. **Dependente das chuvas, agricultura de sequeiro tem déficit hídrico de 37%**. 14/04/2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27410-dependente-das-chuvas-agricultura-de-sequeiro-tem-deficit-hidrico-de-37>>. Acesso em: 02 maio 2024.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática** - SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>>. Acesso em: 14 fev. 2024b.



IBGE. **Malha Municipal**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias/15774-malhas.html>>. Acesso em: 13 mar. 2024c.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Organizadores: Marcia dos Santos Seabra e Edmundo Wallace Monteiro Lucas. INMET, Brasília/DF, Brasil, 2022.

LUIZ, A.; SILVA, F. Efeito de El Niño e La Niña na produtividade da soja em Planaltina/DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 22., 2023, Natal. **Anais...** p. 1-11.

SILVA, F. et al. Parametrização do modelo Stics para estimativa de produtividade de duas cultivares de soja em Planaltina, Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 22., 2023, Natal. **Anais...** p. 1-12.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. **Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**. Santo Antônio de Goiás, GO: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2017. 28p.