



MÉTRICAS PARA ESTIMAR PROBABILIDADE DE CHUVAS QUE CAUSAM RISCO À COLHEITA DO MILHO

Fernando José Sousa **Neculqueo**¹; Fernando Antônio Macena da **Silva**²; Alfredo José Barreto **Luiz**³

Nº 21405

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi demonstrar a utilidade de métricas construídas a partir de dados diários de precipitação na determinação da probabilidade de chuvas na colheita como fator de risco à cultura do milho. Para isso, foram utilizadas séries históricas pluviométricas, com o maior período de base disponível, provenientes de estações pluviométricas localizadas em cada uma das cinco regiões brasileiras. A chuva média acumulada e o número de dias sem chuva foram transformados em métricas e geraram três classes de risco de chuva na colheita (baixo, médio e alto). A probabilidade de ocorrência destas classes, expressa de forma percentual por período de dez dias (decêndio), calculada a partir de cada métrica, permitiu a visualização das diferenças entre métricas e regiões. As métricas, apesar de diferentes entre si, guardaram semelhança com o comportamento das médias mensais de precipitação dos locais estudados. A modificação de limiares utilizados em cada métrica para a divisão em classes altera o perfil da distribuição das classes ao longo do ano e pode vir a ser usada para ajustar o método em função de dados de campo em futura análise de validação. O estabelecimento de pontos de corte baseados na frequência relativa de cada classe pode ser utilizado para orientar o produtor a evitar plantios que resultem na colheita em determinados decêndios do ano em que o risco de chuva é maior. Métricas agrometeorológicas podem ser úteis em variados estudos agroambientais.

Palavras-chaves: agrometeorologia, seguro agrícola, agricultura de sequeiro, *Zea mays*, planejamento de safra.

¹ Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Agrônoma, ESALQ/USP, Piracicaba-SP; fernando.neculqueo@usp.br

² Colaborador, Pesquisador na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF; fernando.macena@embrapa.br.

³ Orientador, Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; alfredo.luiz@embrapa.br.



ABSTRACT – *The objective of this work was to demonstrate the usefulness of metrics built from daily precipitation data in determining rainfall probability at harvest as a risk factor for corn crop. For this, rainfall historical series were used, with the longest available base period, from rainfall stations located in each of the five Brazilian regions. The average accumulated rainfall and the number of days without rain were transformed into metrics and generated three rain risk classes at harvest (low, medium and high). The probability of occurrence of these classes, expressed as a percentage for a period of ten days (decade of the month), calculated from each metric, allowed the visualization of differences between metrics and regions. The metrics, despite being different from each other, were similar to the behavior of monthly rainfall averages in the studied places. The modification of thresholds used in each metric for division into classes changes the profile of the distribution of classes throughout the year and may be used to adjust the method based on field data in future validation analysis. The establishment of cutoff points based on the relative frequency of each class can be used to guide the producer to avoid planting that result in the harvest in certain period of ten days of the year when the risk of rain is greater. Agrometeorological metrics can be useful in various agro-environmental studies.*

Keywords: agrometeorology, agricultural insurance, rainfed agriculture, *Zea mays*, crop planning.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Zhao e Yang (2018), o milho (*Zea mays* L.) responde por pelo menos 30% da ingestão calórica diária para mais de 4,5 bilhões de pessoas em 94 países em desenvolvimento e estima-se que a demanda por esse cereal deverá dobrar até 2050. No Brasil, a cultura do milho é a segunda maior em área colhida (17,5 milhões de hectares em 2019), atrás apenas da soja, e a terceira em quantidade produzida (101,1 milhões de toneladas em 2019), atrás da cana-de-açúcar e da soja (IBGE, 2021).

As características genéticas, efeitos ambientais e o manejo da cultura determinam as etapas de desenvolvimento da cultura, colheita, processamento e o armazenamento dos grãos. Alguns desses fatores podem ser controlados, porém, a chuva, devido a sua ocorrência aleatória, é o principal fator de mudança no calendário agrícola (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2009).

Alves *et al.* (2001) afirmam que diversos trabalhos mostram a preocupação em se determinar a melhor época de colheita dos grãos de milho para evitar perdas desnecessárias. O excesso de



chuvas no período de colheita do milho causa prejuízos porque a qualidade dos grãos é prejudicada com a umidade, o que pode acarretar problemas com pragas, germinação na espiga (ARGENTA, 2016) e danos mecânicos na colheita (THOMPSON; FOSTER, 1963). O atraso na colheita pode acarretar no aumento de grãos ardidos e mofados, com a proliferação de fungos e micotoxinas (HERMANNNS *et al.*, 2006). Ao considerar vários destes aspectos prejudiciais, Mesquita, Griebeler e Correchel (2013) estudaram sequências de dias chuvosos para regiões do estado de Goiás como fator de risco à colheita das culturas agrícolas em geral, embora não especificamente do milho.

A variabilidade anual no clima oferece sérios riscos à produção agrícola e as previsões de futuras mudanças climáticas podem agravar ainda mais esta situação (ZHANG *et al.*, 2019). Um avanço significativo na tecnologia de recomendação da época de plantio foi atingido pela implementação do método de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). O ZARC foi desenvolvido pela Embrapa e parceiros e é aplicado no Brasil oficialmente desde 1996, sob orientação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Essa ferramenta serve de apoio aos instrumentos de política agrícola e gestão de riscos na agricultura, cujo principal objetivo é o de diminuir a exposição dos recursos públicos a riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos, pois permite a identificação, em cada município, da melhor época de semeadura das culturas agrícolas, nas diferentes classes texturais do solo e ciclos fenológicos (EMBRAPA, 2021).

Entretanto, visando aprimorar o método de estabelecimento de épocas de plantio que tragam maior segurança e estabilidade aos produtores, se faz necessário que a época de colheita também seja levada em consideração. Como visto anteriormente, a ocorrência de chuvas na época da colheita pode causar prejuízos à produção de milho.

Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo propor métricas associadas ao fenômeno de chuvas na colheita que correspondam aos possíveis danos causados à produção de milho. A partir dessas métricas será possível calcular a probabilidade de risco para a colheita, a qual será posteriormente associada à já existente probabilidade de risco para a produção. Para tanto, foram analisadas séries de dados diários de precipitação pluviométrica de cinco locais, um em cada uma das regiões brasileiras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação diária foram adquiridos de séries disponibilizadas por estações meteorológicas localizadas em locais selecionados no intuito de representarem, as regiões Centro-Oeste (CO), Norte (N), Nordeste (NE), Sul (S) e Sudeste (SE) do Brasil. As séries disponíveis,



15º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2021
01 a 02 de setembro de 2021
ISBN 978-65-994972-0-9

independente do período coberto e da duração, foram utilizadas nas análises para comparação entre as métricas propostas.

As informações coletadas na estação meteorológica da Embrapa Cerrados (15°35'30"S, 47°42'30"W), localizada no Distrito Federal, CO, possui série histórica de 46 anos completos (1974 a 2020). Os dados de Macapá, N, de 1968 a 2020 (0°02'59"N, 51°04'18"W), Teresina, NE, de 1925 a 2020 (5°02'05"S, 42°48'05"W), e Pelotas, S, de 1961 a 2020 (31°40'59"S 52°26'10"W), foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) por meio do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021). Por último, os dados de Piracicaba, SE, a maior série histórica com 103 anos, de 1917 a 2020 (22°42'12"S, 47°38'24"W), foram obtidos do Posto Meteorológico (LEB, 2021) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

Para cada dia foi calculada a média de precipitação com base em todos os anos com dados válidos na série de cada local. Nos dias que estavam sem dados nas séries originais, foram imputados os valores das médias correspondentes. A equivalência adotada foi entre dia do mês e não dia do ano, de forma a não haver problemas com anos bissextos.

O período de dez dias, escolhido para a construção das métricas, coincide com os decêndios utilizados para as recomendações do ZARC, também aplicados em outros estudos agrometeorológicos (GOURDJI *et al.*, 2015), especialmente para determinação do início da estação chuvosa (ASSENG *et al.*, 2016).

O primeiro método foi baseado na média da quantidade de chuva acumulada numa sequência de dez dias. Essa é uma métrica muito simples e que guarda bastante sentido intuitivo, ou seja, se após a maturação fisiológica do milho ocorrerem chuvas mais intensas, a chance que elas dificultem a colheita e venham a causar prejuízos aumenta. Por outro lado, se não chover ou chover pouco nesse período de dez dias, a colheita transcorrerá sem problemas causados pela chuva.

Então, se chamarmos essa métrica de *Macum*, sua fórmula poderá ser expressa como na Equação 1:

$$Macum_i = \frac{\sum_{n=1}^{10} C_{(i+n)}}{10} \quad (1)$$

Onde *i* varia de 1 até o número total de dias na série e *C* é a quantidade, em mm, de chuva observada a cada dia.



Foram adicionados, ao final de cada série, dez dias de janeiro de 2021, preenchidos com a média dos valores destes dias nos anos anteriores. Dessa forma foi possível obter, para cada dia da série, a média da chuva acumulada nos dez dias subsequentes. O resultado é uma métrica contínua, que pode ser separada em classes discretas. A separação em classes facilita a visualização dos resultados em gráficos e mapas, bem como a equivalência com normas já existentes, que separam os riscos também em classes. O número e os limites de classes podem variar, mas para efeito de demonstração da aplicabilidade da métrica foram definidas três classes. A classe chamada de ‘alto’ risco abrange todos os valores de *Macum* maiores que 18 mm (ou seja, nos dez dias após a maturação fisiológica do milho, choveu mais de 180 mm). A classe ‘baixo’ risco, por outro lado, reúne os dias em que *Macum* assume valores menores que 8 mm (isto significa que choveu menos de 80 mm nos dez dias após a maturação). Finalmente, valores de *Macum* entre 8 e 18 mm fazem parte da classe de ‘médio’ risco (total entre 80 e 180 mm nos dez dias subsequentes).

Os anos foram divididos em decêndios, sendo sempre três por mês. Os primeiros dois decêndios sempre têm dez dias, mas o terceiro pode ter 8, 9, 10 ou 11 dias, dependendo se o mês a que pertence tenha 28, 29, 30 ou 31 dias, respectivamente. Cada dia das séries fica, assim, associado a um dos 36 decêndios. Entretanto, continua havendo um número diferente de dias por decêndio. Para contornar essa dificuldade, fez-se a contagem de dias totais por decêndio em cada local e, a seguir, de dias em cada uma das classes obtidas a partir do valor de *Macum*. A frequência das classes foi então calculada na forma relativa, ou seja, uma porcentagem em relação ao número total de dias de cada decêndio. Dessa forma, a soma das frequências das classes sempre é igual a 100 %, independentemente do tamanho das séries de dados e do número de dias no decêndio. Ao final, para cada local são produzidas as porcentagens de cada classe em cada decêndio.

Os resultados foram utilizados na confecção de gráficos de colunas empilhadas, uma opção que facilita observar a distribuição das classes ao longo de todo o ano e identificar possíveis padrões, semelhanças ou diferenças.

Dado que não apenas o volume total de precipitação é importante, mas também seu tempo e intensidade (ZHANG *et al.*, 2019), foi definido um outro método baseado no número de dias sem chuva logo após a maturação fisiológica. Essa abordagem é semelhante à de Mesquita, Griebeler e Correchel (2013), que trabalharam com classes de probabilidade de sequências de dias chuvosos.

Diferente de quantificar a precipitação, nesse caso é preciso definir o que será considerado como dia chuvoso. No guia da FAO (DASTANE, 1978) é proposto que uma chuva diária menor que 5 mm não deve ser considerada efetiva (durante o período seco), pois essa quantidade de



precipitação evaporaria da superfície antes de penetrar no solo. No caso de chuva que atrapalhe a colheita, o sentido é muito diferente e não foram encontradas referências que estabelecessem um limite para definir o que é chuva prejudicial ou não. No trabalho de Mesquita, Griebeler e Correchel (2013), qualquer valor de precipitação foi suficiente para determinar um dia de chuva e o número de dias consecutivos de chuva é que foi usado na definição de riscos para a colheita. No presente trabalho, foi adotado um procedimento intermediário, que atribui a cada dia uma classe de risco, sendo baixo se não houve precipitação, médio se ela foi menor ou igual a 5 mm, e alto se foi maior que 5 mm.

Da mesma forma que para a métrica anterior (*Macum*) foi calculada a frequência relativa de cada classe por decêndio, simplesmente dividindo o total de dias de cada classe pelo número total de dias em cada decêndio, de cada local. A segunda métrica pode ser calculada pela Equação 2:

$$DiaSem_{ij} = 100 \times \frac{\sum D_{ij}}{\sum D_i} \quad (2)$$

Onde i é o número do decêndio, que varia de 1 a 36 em um ano, D_{ij} é o número de dias correspondentes à classe j (j = baixo, médio ou alto) no decêndio i , e D_i é a quantidade total de dias do decêndio i na série estudada. A soma de $DiaSem_{ij}$ das três classes, em cada decêndio, é sempre igual a 100%, independentemente do tamanho da série histórica disponível, o que permite sua expressão de forma direta no gráfico de barras empilhadas, à semelhança da primeira métrica.

Foram ainda calculadas as médias mensais e anuais de chuva em cada local e a correlação linear entre as precipitações mensais médias do período comum de disponibilidade de dados. As análises foram feitas utilizando o programa SAS (SAS, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram calculadas as médias mensais e anuais (Tabela 1) de cada local, no período de 1974 a 2020, quando estão disponíveis dados em todos eles. Estão destacados em azul os meses com mais de 200 mm de precipitação média e, em laranja, aqueles com menos de 100 mm.

É possível constatar vários aspectos de similaridades e de diferenças entre os locais apenas pelas médias mensais e anuais. Piracicaba e Teresina, por exemplo, apesar de apresentarem a mesma média anual, diferem quanto ao período de chuvas intensas e de seca, especialmente sobre a intensidade de cada período, ou seja, a seca é muito mais intensa (meses com médias muito



15º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2021
01 a 02 de setembro de 2021
ISBN 978-65-994972-0-9

baixas) na região Nordeste, representada pelos dados de Teresina, do que na região Sudeste, onde se situa Piracicaba.

Tabela 1. Precipitação média (mm) mensal e anual, no período de 1974 a 2020, em cinco regiões.

| Local | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | anual |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Brasília - CO | 230 | 177 | 203 | 97 | 23 | 5 | 3 | 13 | 35 | 120 | 198 | 224 | 1.329 |
| Macapá - N | 287 | 366 | 405 | 390 | 327 | 242 | 195 | 96 | 30 | 30 | 57 | 150 | 2.574 |
| Pelotas - S | 116 | 153 | 115 | 116 | 110 | 112 | 118 | 110 | 132 | 114 | 103 | 105 | 1.405 |
| Piracicaba - SE | 230 | 173 | 153 | 75 | 67 | 47 | 31 | 32 | 64 | 110 | 151 | 188 | 1.322 |
| Teresina - NE | 201 | 237 | 294 | 257 | 108 | 20 | 14 | 8 | 12 | 24 | 54 | 91 | 1.322 |

A maior ou menor semelhança entre os locais também pode ser confirmada pelos resultados da análise de correlação linear simples entre os totais mensais de cada ano (Tabela 2).

Tabela 2. Correlação linear (R) da chuva mensal média, no período de 1974 a 2020, entre regiões.

| Local | R (N = 12) | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Brasília - CO | Pelotas - S | Piracicaba - SE | Teresina - NE |
| Macapá - N | 0,18130 ^{ns} | 0,26764 ^{ns} | 0,20699 ^{ns} | 0,84565 ^{**} |
| Pelotas - S | 0,01206 ^{ns} | 1 | 0,10670 ^{ns} | 0,30916 ^{ns} |
| Piracicaba - SE | 0,96145 ^{**} | 0,10670 ^{ns} | 1 | 0,54896 ^{ns} |
| Teresina - NE | 0,58171 [*] | 0,30916 ^{ns} | 0,54896 ^{ns} | 1 |

Coeficientes de correlação (R) seguidos de ^{ns} são não significativos, seguidos de * são significativos a 5% e seguidos de ** são significativos a 1%.

A distribuição da chuva por classes de frequência, por decêndio, em cada um dos cinco locais estudados, obtida de duas formas, uma baseada na média acumulada (*Macum*) e outra baseada no número de dias sem chuva (*DiaSem*), é apresentada na Figura 1.

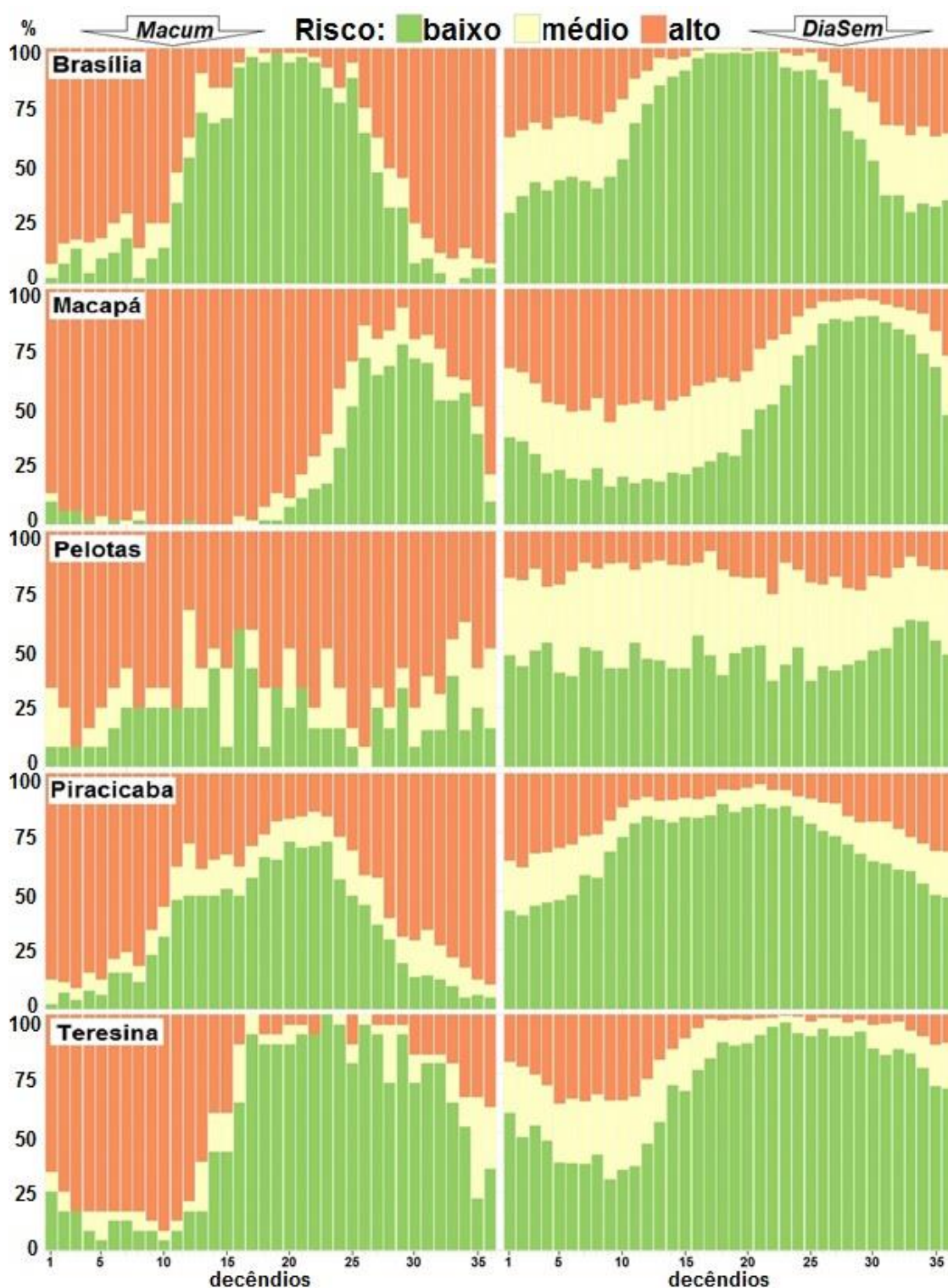


Figura 1. Frequência relativa de classes de risco de chuva na colheita (baixo, médio e alto), obtidas da quantidade de chuva média acumulada (*Macum*) e do número de dias sem chuva (*DiaSem*), por decêndio, em localidades das cinco regiões brasileiras.



O estabelecimento de um ponto de corte na probabilidade de ocorrência de chuvas que possam prejudicar a colheita, deverá obrigatoriamente ser validado com dados de campo sobre ocorrência de sinistro em lavouras seguradas ou outro tipo de registro confirmado por produtores e técnicos com vivência no cultivo do milho. Na ausência destes dados, foi realizada a comparação entre o perfil gerado pelas métricas propostas e o comportamento da pluviosidade pelo método tradicional das médias mensais.

É possível observar que os totais e a distribuição da precipitação ao longo dos meses do ano são diferentes entre os locais e que isso se reflete no comportamento das frequências relativas das classes de chuva na colheita por decêndio. Estes resultados estão de acordo com os de Mesquita, Griebeler e Correchel (2013) que mesmo trabalhando apenas com municípios de Goiás concluíram, da mesma forma, que “o risco de chuva na colheita varia com o local”, e ainda afirmaram haver “grande variabilidade nas probabilidades de sequências de dias chuvosos” entre decêndios num mesmo local e entre locais.

Os resultados de ambas as métricas, mas principalmente da *Macum*, levaram a uma maior concentração de probabilidade para as classes alto e baixo, com pouca representatividade da classe de risco médio. A definição de limiares diferentes poderia ser utilizada para diminuir essa desigualdade de frequência entre classes.

Fica evidente a diferença entre Pelotas, na Região Sul, já na área de clima temperado, onde nunca ocorre um mês com mais de 200 mm ou com menos de 100 mm, e as outras localidades. Na análise de correlação, os dados de Pelotas também não foram significativamente correlacionados com os de nenhuma outra localidade. Mas na Figura 1, o perfil das classes de risco de Pelotas, embora tenha um comportamento diferente das outras localidades, não apresentando um período claramente favorável e outro desfavorável com relação à chuva na colheita, demonstra como o tipo de métrica pode afetar a probabilidade de ocorrência das classes. Como os dados originais usados no cálculo das métricas e na construção dos gráficos são exatamente os mesmos para cada local, a diferença observada é totalmente devida ao método de cálculo das métricas. Quando se usa o critério de chuva média acumulada em dez dias subsequentes à data de maturação fisiológica, apenas cinco decêndios têm menos de 50% na classe de alto risco em todo o ano. Já quando o critério é baseado em dias sem chuva por decêndio, todos têm menos de 50%, na realidade, apenas um tem mais de 25% de probabilidade da classe de alto risco. É possível, portanto, observar que as métricas podem ser mais ou menos restritivas ou evidenciar mais ou menos os períodos de chuva na colheita.



Por outro lado, em qualquer das duas formas utilizadas, foi possível perceber a diferença entre os locais. Ou seja, quando se usou o mesmo método de cálculo, mas mudaram os dados originais, cada uma das métricas conseguiu reproduzir as diferenças entre o regime de chuva de cada região.

Assim, com a escolha de limiares para as classes em qualquer das duas métricas apresentadas será possível ajustar o perfil de risco de chuva na colheita, por decêndio, de forma a melhor representar a realidade de cada local. Além da modificação de limiares ou da escolha do tipo de métrica, ainda resta uma outra forma de transformar os resultados em recomendação. Pode-se, por exemplo, adotar o critério de que decêndios com mais de 25% de probabilidade da classe com alto risco de chuva na colheita, oferecem um risco inaceitável para a cultura do milho. Nesse caso, a recomendação seria que não se deve semear quando a combinação de data de semeadura e ciclo do cultivar resultem na maturação fisiológica do milho naqueles decêndios. Essa probabilidade significa que uma vez a cada quatro anos existe a chance, naquele local e naqueles decêndios, de que ocorram chuvas prejudiciais à colheita do milho. Entretanto, essa probabilidade pode ser mais ou menos exigente, ou seja, se optar por 50% na classe de alto risco, isso significa que só se mais da metade dos anos apresentar risco de chuva é que a recomendação será evitar aquele decêndio na colheita, o que certamente implicará na rejeição de um menor número de datas.

Por exemplo, no caso de Macapá, se for usada a métrica *Macum* e uma linha de corte de 25% ou mais na classe de alto risco, apenas 5 decêndios estariam aptos para se fazer a colheita do milho; mas se for utilizado 50% ou mais, 11 decêndios se apresentam mais adequados para a colheita do milho. No entanto, a utilização da métrica *DiaSem* nessa mesma localidade, com um corte aos 25%, 14 decêndios estariam aptos; se o corte for em 50%, a grande maioria se torna apto, num total de 32 decêndios. É importante oferecer esse instrumento para regiões em que o cultivo comercial ainda está no início, na fase de teste de material genético, de forma a garantir não só a escolha da data de semeadura com vistas à disponibilidade de água para o crescimento e produção, como para evitar maiores riscos na colheita, importante aspecto em locais de muita chuva durante o ano todo (ALVES; MONTAGNER; PEREIRA, 2019).

Fica claro que a construção de métricas agrometeorológicas, com objetivos específicos, pode auxiliar na tomada de decisão por parte dos formuladores de políticas públicas e pelos próprios produtores rurais na hora de efetuar a semeadura do milho, e provavelmente para outras culturas, de forma a evitar fenômenos climáticos adversos na colheita. As métricas podem ser úteis para comparar os dados climáticos do mesmo local no tempo, ou seja, se tivermos séries históricas longas, é possível verificar se o período apto cresceu ou diminuiu e se mudou a época de sua



ocorrência ao longo do tempo. Com a utilização de dados de modelos de clima, pode-se simular o que acontecerá com os períodos aptos no futuro, caso as previsões de mudanças climáticas incorporadas por estes modelos vierem a ocorrer.

Segundo o site do Proagro (Programa de Garantia da Atividade Agropecuária), os sinistros relatados com relação ao seguro agrícola ainda registram pequena ocorrência do fenômeno de Chuva na Colheita como principal causa, entretanto, esse número vem crescendo nos últimos anos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021). Um instrumento que permita ao produtor tomar suas decisões com mais conhecimento sobre os riscos associados aos eventos climáticos, desde que validado localmente, pode ser de grande utilidade.

4 CONCLUSÃO

Métricas construídas a partir da precipitação diária podem ser utilizadas para o estabelecimento de períodos mais ou menos favoráveis à colheita do milho.

As métricas propostas, baseadas em chuva média acumulada ou em número de dias sem chuva, são eficazes na diferenciação entre decêndios, num mesmo local, e entre locais, com relação ao risco de chuva na colheita para a cultura do milho.

As métricas propostas se mostram um instrumento flexível, ao permitir, sem grandes esforços, mudanças em limiares para o ajuste das probabilidades calculadas à realidade observada, se e quando dados observacionais estiverem disponíveis.

O regime de precipitação difere entre as regiões brasileiras, em quantidade e variabilidade mensal, e as métricas propostas conseguem espelhar essas características de cada local.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq-PIBIC pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, L. W. R.; MONTAGNER, A. E. A. D.; PEREIRA, J. F. **Potencial Produtivo de Cultivares de Milho no Cerrado do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2019. 9 p. (Embrapa Amapá. Comunicado técnico, 154).

ALVES, W. M. *et al.* Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 469-474, 2001.



ARGENTA, J. *et al.* Germinação em pré-colheita e incidência de doenças em espigas de genótipos de milho crioulo. 2016. 4 f., IFRS, - RS, 2016. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: IFRS, 2016. p. 1407-1410.

ASSENG, S. *et al.* Is a 10-day rainfall forecast of value in dry-land wheat cropping? **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 216, p. 170-176, 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Matriz de Dados do Proagro**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidade/financeira/proagro>. Acesso em: 22 jun. 2021.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009, p. 237-260.

DASTANE, N. G. **Effective rainfall in irrigated agriculture**. Food and Agriculture Organization, 1978 (FAO irrigation and drainage paper-No. 25). Disponível em: <http://www.fao.org/3/X5560E/x5560e00.htm#Contents/>. Acesso em: 10 fev. 2021.

EMBRAPA. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3933/zoneamento-agricola-de-risco-climatico---zarc>. Acesso em: 08 fev. 2021.

GOURDJI, S. *et al.* Historical climate trends, deforestation, and maize and bean yields in Nicaragua. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 200, p. 270-281, 2015.

HERMANN, G. *et al.* Fungos e fumonisin no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 7-10, 2006.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 08 fev. 2021.

INMET. **Banco de Dados Meteorológicos (BDMET)**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

LEB. **Série de Dados Climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP**. Departamento de Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/postocon.html>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; CORRECHEL, V. Sequências de dias chuvosos: fator de risco à colheita em Goiás. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 3, p. 463-474, 2013.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT® 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2011.

THOMPSON, R. A.; FOSTER, G. H. **Stress cracks and breakage in artificially dried corn**. Washington, D.C.: USDA, 1963. 24 p. (USDA. Marketing Research Report, 631).

ZHANG, Y. *et al.* Optimized sowing time windows mitigate climate risks for oats production under cool semi-arid growing conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 266–267, p. 184-197, 2019.

ZHAO, J; YANG, X. Distribution of high-yield and high-yield-stability zones for maize yield potential in the main growing regions in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 511–517, 2018.