

## CAPÍTULO 5

# PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL DECENDIAL E LÂMINAS SUPLEMENTARES DE IRRIGAÇÃO PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DO MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG

*Data de submissão: 26/11/2024*

*Data de aceite: 03/02/2025*

### **Álisson Moreira Borges**

Universidade Federal de Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

### **Leonardo França da Silva**

Universidade Federal da Grande Dourados  
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

### **Donizete dos Reis Pereira**

Universidade Federal de Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

### **Denis Medina Guedes**

Universidade Federal de Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

### **Josiane Rosa Silva de Oliveira**

Universidade Federal de Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

### **Jessica Mansur Siqueira Crusoé**

Universidade Federal de Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

### **Cristiano Márcio Alves de Souza**

Universidade Federal da Grande Dourados  
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

### **Fernanda Lamede Ferreira de Jesus**

Universidade Federal da Grande Dourados  
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

### **Letícia Cibele da Silva Ramos Freitas**

Universidade de Federal Viçosa  
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

**RESUMO:** A crescente demanda de alimentos alinhada com uma produção sustentável requer novas formas de produção agropecuária. A precipitação provável pode contribuir para planejamento e dimensionamento do sistema de irrigação, contribuindo para um manejo mais racional dos recursos hídricos. O objetivo desse trabalho foi comparar as distribuições de probabilidades ajustadas às séries históricas decendiais de precipitação e estimar as precipitações prováveis para o município de Unaí-MG. Foram estudados os meses de janeiro, fevereiro e março, com mais de 20 anos de séries históricas observadas. As lâminas diárias foram totalizadas em períodos decendiais e aplicadas as distribuições log-normal a 3 parâmetros e Gama. O teste de Qui-quadrado foi utilizado para avaliar a adequabilidade das distribuições e a equação de Ven Te Chow foi utilizada para cálculo da precipitação provável a níveis de 75% e 90% de probabilidade. A distribuição

Gama foi a que melhor se ajustou aos dados. As precipitações prováveis a níveis de 75% e 90% de probabilidade não satisfazem completamente as necessidades hídricas das culturas estudadas, mas supre parte considerável. Portanto, o estudo de precipitação provável é um bom recurso para o planejamento da irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Distribuição Gama, precipitação provável, planejamento agropecuário, irrigação.

## PRECIPITATION PROBABLY DECENDIAL AND SUPPLEMENTAL IRRIGATION LAGES FOR THE MAIN CROPS IN THE MUNICIPALITY OF UNAÍ-MG

**ABSTRACT:** The growing demand for food aligned with sustainable production requires new forms of agricultural production. Probable precipitation can contribute to the planning and dimensioning of the irrigation system, contributing to a more rational management of water resources. The objective of this work was to compare the probability distributions adjusted to the decennial historical series and to estimate the probable precipitations for the Unaí County, Minas Gerais State, Brazil. The months of January, February and March were studied, with more than 20 years of historical series observed. Daily rainfall depths were totaled in decennial periods and applying Gama and log-Normal 3 parameters probability distribution models. Probability distributions models, were compared with Qui-square statical and the Ven Te Chow equation to calculate the probable precipitation at levels of 75% and 90% probability. The Gamma distribution was the one that best fit the data. Probable precipitation at levels of 75% and 90% probability does not meet the water needs of the studied crops. However, the probable precipitation study is a good resource for irrigation planning.

**KEYWORDS:** Gama porbability distribution model, probable precipitation, planning agricultural, irrigation.

### 1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos alinhada com uma nova preocupação da população com a sustentabilidade ambiental imprime ao meio rural formas mais sustentáveis de cultivo, com manejos mais eficientes e racionais quanto ao uso dos recursos naturais. Assim, o campo precisa produzir mais e gerir melhor seus recursos para atender a essa crescente demanda, tanto em relação à produção como à conscientização ambiental dos consumidores.

Uma possibilidade de aumentar a produção agrícola é por meio da irrigação, que permite realizar safras fora do período das chuvas, ou minimizar os possíveis riscos causados pelos veranicos. O aumento de safras por ano, devido ao plantio fora das águas e com irrigação, leva a um aumento da produção de alimentos, sem a necessidade de abrir novas áreas.

Para um bom manejo da irrigação há a necessidade de se aplicar a lâmina de água no local correto, na forma e na quantidade adequada. A lâmina de água a ser utilizada na irrigação é obtida pela fórmula da evapotranspiração da cultura (ETc), segundo Bernardo et al., (2006), como o somatório dessa lâmina se obtêm a quantidade de água a ser

utilizada. Porém, em dias chuvosos, essa lâmina tende a ser menor, pois deve considerar a precipitação que ocorreu, como demonstrado no trabalho de Ribeiro et al., (2007) que relatou a não necessidade de irrigação para o município de Unaí nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para as culturas de milho, feijão e tomate.

Em projetos de irrigação, o conhecimento da precipitação é de suma importância para a sustentabilidade do empreendimento agropecuário. Nesse sentido, a precipitação provável que corresponde a uma lâmina com uma determinada probabilidade de ocorrência, pode ser considerada como a precipitação efetiva em pequenos períodos, como 5, 10 ou 15 dias (Bernardo et al., 2006).

Segundo Ribeiro et al., (2007), o uso de estudo probabilísticos de variáveis climáticas é relevante para o planejamento de atividades como: construção civil, turismo, transporte, agricultura. Estudos dessa natureza estão disponíveis na literatura, entretanto, estudos de comparação de distribuição de probabilidade aplicada à precipitação provável ainda são escassos (Ribeiro et al., 2007).

Considerando que os resultados gerados a partir desses estudos podem contribuir significativamente para um uso mais racional e sustentável dos recursos hídricos, o objetivo desse trabalho foi comparar as distribuições de probabilidades log-normal a 3 parâmetros e Gama aplicadas às séries históricas descendiais, estimar as respectivas precipitações prováveis nos níveis de 75% e 90% de probabilidade nos meses de janeiro, fevereiro e março para o município de Unaí, obter as lâminas para as culturas de milho, sorgo e feijão nos períodos estudados, estimar a economia de água com a precipitação provável.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido para o município de Unaí, localizado no noroeste de Minas Gerais, uma das regiões mais importantes para o estado em termos de produção de grãos. A Figura 1 destaca a região dentro do estado e do país. A cidade de Unaí está localizada nas coordenadas geográficas de 16°15'S a 16°22'30"S e 47°W a 46°52'30"W (Miranda & Coutinho, 2004).

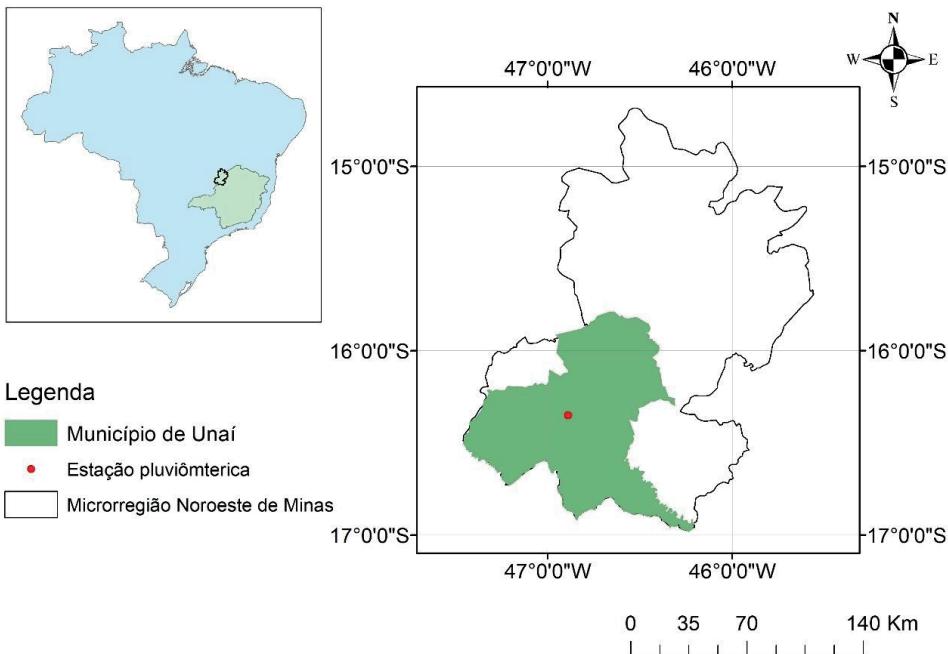


Figura 1: Região de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Silva et al., (2017), estudando o clima da região a classificou como Aw-i (Tropical chuvoso de savana, isotérmico) pelo método de Köppen e Tipo C2-w (Subúmido com déficit de água moderado no inverno) com sufixo A'a' (megatérmico) segundo método de Thornthwaite com evapotranspiração média de  $3,74 \pm 0,68$  mm/dia.

Os dados de chuvas foram obtidos no site da ANA (Agência Nacional de Águas/ HIDROWEB) referentes à estação Unaí, código 1646001 (Figura 1). Os meses utilizados durante o trabalho foram janeiro, fevereiro e março, pois são os meses da safrinha, quando, normalmente, a irrigação suplementar é necessária.

Após a obtenção das informações, os dados diários de precipitação foram organizados em períodos decenciais, compondo as séries históricas para o estudo. As essas séries, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Log-normal a 3 parâmetros e a Gama, pois são as mais adequadas para os períodos estudados, de acordo com Júnior et al., (2007) e Sampaio et al., (2007). Para a aplicação das referidas distribuições utilizou-se o software EXCEL com a entrada do comando “DIST.GAMA” para distribuição Gama e “DIST.NORMP.N” para distribuição Log-normal 3 parâmetros. Segundo Mello (2013) a função de densidade de probabilidade Log-normal a 3 parâmetros é dada pela equação 1:

$$f(x) = \frac{1}{(x-\beta)^* \sigma_n^* \sqrt{2^* \pi}} * e^{-0,5 \left( \frac{x-\beta}{\sigma_n} \right)^2}, \text{ com } x \geq \beta. \quad (1)$$

Sendo os parâmetros obtidos pelas seguintes equações (Mello, 2013):

$$\beta = \bar{x} - \frac{s}{\eta_y} \quad (2)$$

$$\eta_y = \frac{(1-\varphi^{2/3})}{\Phi^{1/3}} \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{[-\gamma + (\gamma^2 + 4)^{0.5}]}{2} \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{n}{(n-1)^*(n-2)} * \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3} \quad (5)$$

Segundo Ribeiro et al., (2009), o primeiro cálculo a ser feito é o  $\gamma$  (equação 5) que diz respeito à assimetria da distribuição e com o seu valor se calcula o  $\varphi$  (equação 4), com o valor de  $\varphi$  se calcula  $\eta_y$  (equação 3). Com o valor de  $\eta_y$  se obtém o valor dos parâmetros  $\beta$ ,  $\mu_n$  e  $\sigma_n$ , sendo as equações dos outros dois parâmetros obtidas da seguinte forma (Mello, 2013):

$$\sigma_n = \sqrt{\ln(\eta_y^2 + 1)} \quad (6)$$

$$\mu_n = \ln * \left[ \frac{s}{\eta_y} \right] - 0,5 * \ln(\eta_y^2 + 1) \quad (7)$$

A equação da função densidade de probabilidade da distribuição Gama é definida, segundo Mello (2013), como:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^v * \Gamma(v)} * x^{v-1} * e^{-x/\beta} \quad (8)$$

Os parâmetros  $v$  e  $\beta$ , pelas seguintes equações:

$$v = \frac{(\bar{x})^2}{s^2} \quad (9)$$

$$\beta = \frac{s^2}{\bar{x}} \quad (10)$$

A função Gama de qualquer número pode ser descrita pela equação 11, segundo

(Mello, 2013).

$$r(n) = \left[ \frac{\sqrt{2\pi}}{n} * \left[ p_0 + \sum_{i=1}^5 \frac{p_i}{n+i} \right] \right] * (n+555)^{n+0.5} e^{-(n+5.5)} \quad (11)$$

Devendo-se considerar:

$$p_0 = 1,000000000190015; p_1 = 76,180091729471460; p_2 = 86,505320329416770; p_3 = 24,014098240830910; p_4 = 1,231739572450155; p_5 = 1,208650973866179 \times 10^{-3}.$$

Para avaliar a adequabilidade das distribuições nos períodos estudados, utilizou o teste de aderência de Qui-quadrado a 5% de significância.

Após a verificação da adequação das distribuições de probabilidades, as precipitações prováveis foram estimadas ao nível de probabilidade de 75% e 90% pela distribuição que melhor se ajustou, ou seja, aquela que resultou em um menor valor de Qui-quadrado. A precipitação provável foi estimada segundo a equação de Ven Te Chow, equação 12 (Haan, 2002).

$$X_{TR} = e \quad (12)$$

Em que  $X_{TR}$  é o valor da variável hidrológica associada ao tempo de retorno e KTR o fator associado à frequência em função de TR (Mello, 2013).

Posteriormente à determinação da precipitação provável, fez-se um estudo da demanda hídrica para as culturas do milho, sorgo e feijão, que foi verificada pela fórmula da evapotranspiração da cultura,  $ETC = ET0 * Kc$ . Onde  $ETc$  é a evapotranspiração da cultura;  $ET0$  a evapotranspiração de referência e  $Kc$  o coeficiente hídrico da cultura que varia de acordo com o estágio fenológico da mesma (Alburquerque; Resende 2021)..

As precipitações prováveis com 75% e 90% de probabilidade foram comparadas com a evapotranspiração das principais culturas de Unaí (milho, feijão e sorgo) para encontrar a lâmina a ser suprida pela irrigação suplementar, sendo essa obtida pela diferença entre a evapotranspiração da cultura e a precipitação provável.

As culturas utilizadas têm relevância para o município, pois o mesmo é o maior produtor de milho, o segundo maior produtor de feijão e um dos maiores produtores de sorgo do estado de Minas Gerais (MAPA 2021). Sendo essas culturas geralmente plantadas na safrinha, visto que a soja é cultivada no período de safra.

Batista (2020), ao comparar vários métodos empíricos de evapotranspiração de referência ao método padrão de Penman-Monteith, para a região de Unaí, obteve valores de evapotranspiração de referência média diária nos meses de janeiro, fevereiro e março iguais a 5,21mm; 4,38mm e 3,93mm, respectivamente. Esses dados são importantes para cálculo da necessidade hídrica da cultura, ou seja, a evapotranspiração da cultura, que é a quantidade de água evapotranspirada por uma determinada cultura sob condições normais de cultivo (Bernardo et al., 2006).

Um dos dados adimensionais para calcular a evapotranspiração da cultura é o valor de  $kc$  (coeficiente da cultura), que varia de acordo com o tipo de cultura, estádio

de desenvolvimento e comprimento do ciclo vegetativo da cultura além das condições climáticas locais. Sendo este valor obtido através do estudo com a cultura em questão ao longo do seu desenvolvimento vegetativo.

Bernardo et al., (2006), definiu o Kc da cultura em 4 fases ou estádios de desenvolvimento, sendo elas:

- Kc I (Inicial) – Período que vai da germinação até a cultura cobri 10% da superfície do terreno, ou 10 a 15% do seu desenvolvimento vegetativo.
- Kc II (Secundário ou de desenvolvimento vegetativo) – Período do final do primeiro estádio até a cultura cobrir de 70% a 80% da superfície do terreno ou atingir de 70% a 80% do seu desenvolvimento vegetativo;
- Kc III (Intermediário ou de produção) – Período do final do segundo estádio até o início da maturação.
- Kc IV (Final ou de maturação) – Período do início da maturação até a colheita ou final da maturação.

Os valores de Kc utilizados foram:

- Para cultura do milho: 0,86 para  $K_{C1}$ , 0,86 – 1,23 para  $K_{C2}$ , 0,97 para  $K_{C3}$  e 0,97 – 0,52 para  $K_{C4}$ , segundo Souza et al., (2015);
- Para cultura do feijão: 0,68 para  $K_{C1}$ , 0,68 – 1,02 para  $K_{C2}$ , 1,06 para  $K_{C3}$  e 1,06 – 0,63 para  $K_{C4}$ , segundo Souza et al., (2015);
- Para cultura do sorgo: 0,45 para  $K_{C1}$ , 0,45 – 0,67 para  $K_{C2}$ , 0,83 para  $K_{C3}$  e 0,83 - 0,64 para  $K_{C4}$ , adaptado Guimarães et al., (2020).

O ciclo do feijão utilizado é de 79 dias, segundo estudo de SOUZA et al. (2015), sobre os valores Kcs para a cultura. Por isso, não há dados da  $ET_c$  do feijão no 3º decêndio de março, visto que esse trabalho serviu como base para cálculo da  $ET_c$  do feijão e montagem da demanda hídrica da cultura.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados do teste de adequabilidade de Qui-quadrado aplicado às distribuições de probabilidade estudadas em cada período.

Período	Janeiro		Fevereiro		Março	
	Log 3 Parâmetros	Gama	Log 3 Parâmetros	Gama	Log 3 Parâmetros	Gama
1º decêndio	3,85 <sup>NA</sup>	1,56 <sup>A</sup>	4,97 <sup>A</sup>	2,64 <sup>A</sup>	9,95 <sup>NA</sup>	2,17 <sup>A</sup>
2º decêndio	27,47 <sup>NA</sup>	6,85 <sup>A</sup>	11,45 <sup>NA</sup>	4,97 <sup>A</sup>	11,57 <sup>NA</sup>	6,25 <sup>NA</sup>
3º decêndio	6,61 <sup>NA</sup>	1,42 <sup>A</sup>	2,1 <sup>A</sup>	0,86 <sup>A</sup>	8,44 <sup>NA</sup>	5,75 <sup>NA</sup>

Tabela 1: Resultado do teste de Qui-quadrado. NA = Não se aplica e A = Aplica.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observa-se que a distribuição Gama teve uma melhor adequação aos dados de precipitação decendial comparada à Log-normal 3 parâmetros, semelhante à conclusão de SAMPAIO et al., (2007) e RIBEIRO et al., (2007). Duas séries históricas não se adequaram a distribuição Gama representando 22% das amostras e sete não se adequaram a Log-normal 3 parâmetros representando 78% das amostras.

Analizando os valores de Qui-quadrado, percebe-se um menor valor para os 1º e 3º decêndios de janeiro e 3º decêndio de março para a distribuição Gama. Na distribuição Log-normal 3 parâmetros apenas o 1º decêndio e o 3º decêndio de fevereiro se adequaram a ela, segundo o teste de Qui-quadrado. O 2º decêndio e 3º decêndio de março não se adequaram a nenhum dos modelos probabilísticos.

Usou a distribuição Gama como base e calculou a precipitação provável a nível de 75% e 90% de probabilidade, o cálculo foi feito também para os períodos onde não houve adequabilidade. Para esses períodos ela pode servir como uma estimativa. No gráfico 1, apresenta-se os valores das precipitações prováveis aos níveis de probabilidade de 75% e 90% para o município de Unaí, nos decêndios estudados.

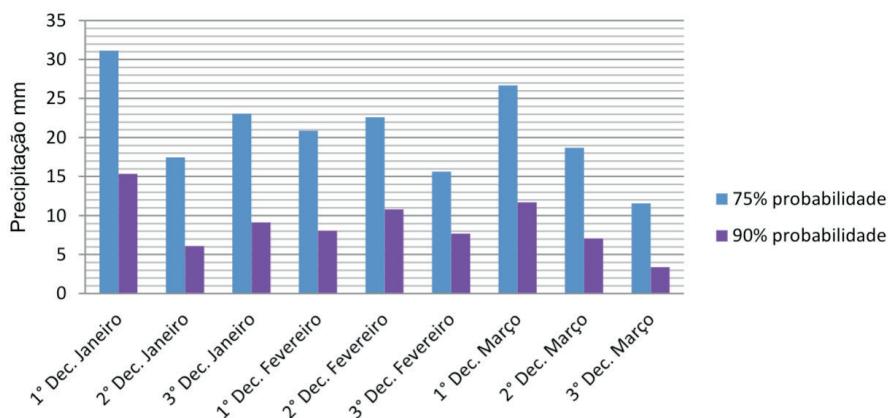


Gráfico 1 – Precipitações prováveis com 75 e 90% probabilidade para a cidade de Unaí.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observando o gráfico 1, para a probabilidade de 75%, as maiores precipitações são nos 1º decêndios de janeiro (31 mm) e março (26 mm). A partir do segundo decêndio de março a precipitação cai, apresentando o menor valor no 3º decêndio de março (11 mm), provavelmente devido ao término do período chuvoso.

Com 90% de probabilidade temos as maiores precipitações nos decêndios de 1º de janeiro (15 mm) e 1º decêndio de março (11 mm), semelhante as maiores precipitações de 75%. O mesmo padrão ocorre para as menores precipitações, sendo 6 mm para 2º decêndio de janeiro e 3 mm para 3º decêndio de março, sendo que nos 3 últimos decêndios a precipitação começa a cair linearmente.

Na perspectiva de 90% probabilidade, os valores são menores quando comparado aos de 75%, devido a precipitação provável sugerir um estudo probabilístico de valores mínimos a serem garantidos, com isso, observa-se que o aumento no nível de probabilidade proporciona uma menor lâmina provável, pois o aumento na confiabilidade da estimativa implica na redução do valor estimado (Ribeiro et al., 2015).

No gráfico 2 há a relação da precipitação provável com as evapotranspirações das culturas estudadas.

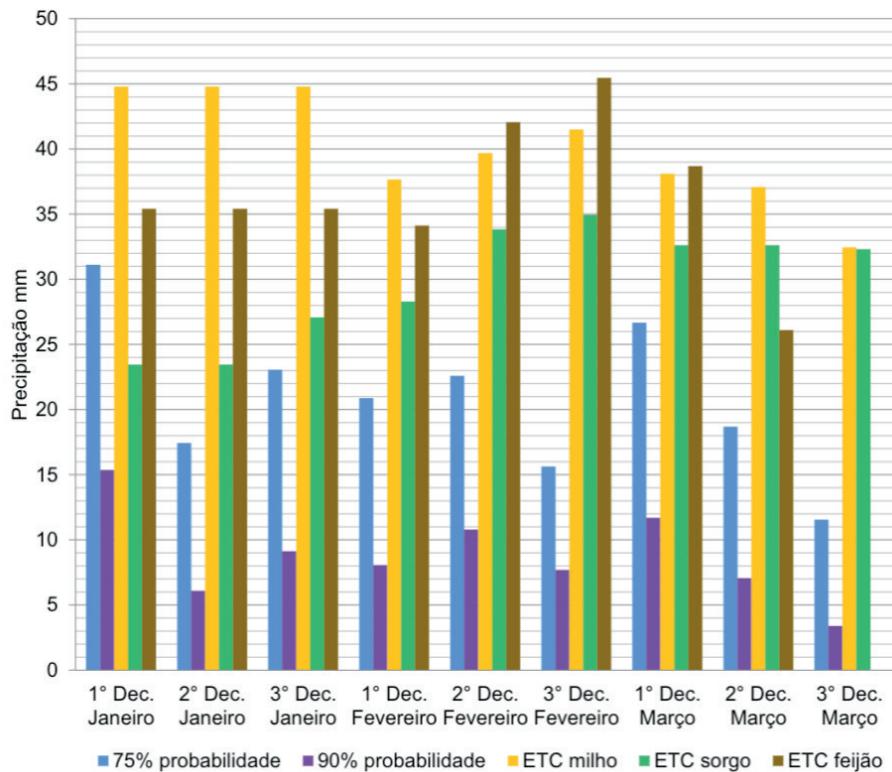


Gráfico 2 – Precipitação provável com 75 e 90% probabilidade juntamente com a evapotranspiração das culturas de milho, sorgo e feijão para o município de Unaí.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observado o gráfico 2, ao nível de 75% de probabilidade, verifica-se que o único decêndio em que a precipitação pode suprir totalmente a demanda da cultura, é o 1º decêndio de janeiro para o sorgo. O milho necessita de uma suplementação de 13 mm de água e o feijão de 4 mm (gráfico 3), o que corresponde a, aproximadamente, 30 e 12% da demanda dessas culturas nesse decêndio, respectivamente, apontando para uma economia de água de cerca de 70 e 88% neste decêndio.

Nos demais decêndios nenhuma ETC foi suprida totalmente, mas a irrigação pode ser feita na forma complementar garantido uma economia razoável de água. Nos três

primeiros decêndios a cultura que mais demanda água é a o milho, com uma necessidade de 44 mm por decêndio, em média, correspondendo a um total de 37,2% da demanda hídrica durante seu ciclo, sendo a mesma suprida em partes pela precipitação provável a 75% e 90% de probabilidade.

O sorgo segundo análise do gráfico 2 é a cultura que demanda uma quantidade menor de água. Entretanto, não tem suas necessidades supridas totalmente na estimativa de 75% de probabilidade, com exceção do 1º decêndio, correspondendo a uma economia de 100% visto que não há necessidade de irrigação. Sua maior demanda hídrica ocorre no 2º e 3º decêndios de fevereiro, correspondendo a 25% (68 mm) da necessidade hídrica ao longo do ciclo, considerando a estimativa de 75% de probabilidade se obtém 55,5% de economia com irrigação nesse período.

O feijão é a cultura que mais demanda água nos 2º e 3º decêndio de fevereiro e no 1º decêndio de março. No 3º decêndio de fevereiro ele apresenta a maior evapotranspiração das 3 culturas nos períodos estudados. Tais períodos demandam 43,11% em média de toda necessidade hídrica da cultura, sendo que o 3º decêndio de fevereiro correspondente a 15,53%, da necessidade hídrica total.

Analizando a precipitação provável ao nível de 90% de probabilidade, nenhum decêndio é suprido. Entretanto, verifica que a mesma corresponde a 22,74% da demanda hídrica do milho para os três primeiros decêndios de janeiro, 26,82% para a cultura do sorgo no seu estádio de maior demanda hídrica é de 21,07% para o estádio de maior demanda hídrica do feijão, os períodos estudados correspondente aos 2º e 3º decêndios de fevereiro.

As maiores estimativas a 90% de probabilidade são para os 1º decêndios de fevereiro e março, nesses períodos se obtêm uma economia de 34,26%; 65,48%; 43,33% no decêndio de janeiro e 30,66%; 35,84%; 30,20% para o decêndio de março, para o milho, sorgo e feijão, respectivamente. Segundo Bernardo et al., (2015), para fins de irrigação se utiliza a probabilidade de 75%, ou seja, uma lâmina mínima que se pode esperar de três a cada quatro anos. Apresenta-se no gráfico 3, os resultados do estudo da lâmina de irrigação suplementar.

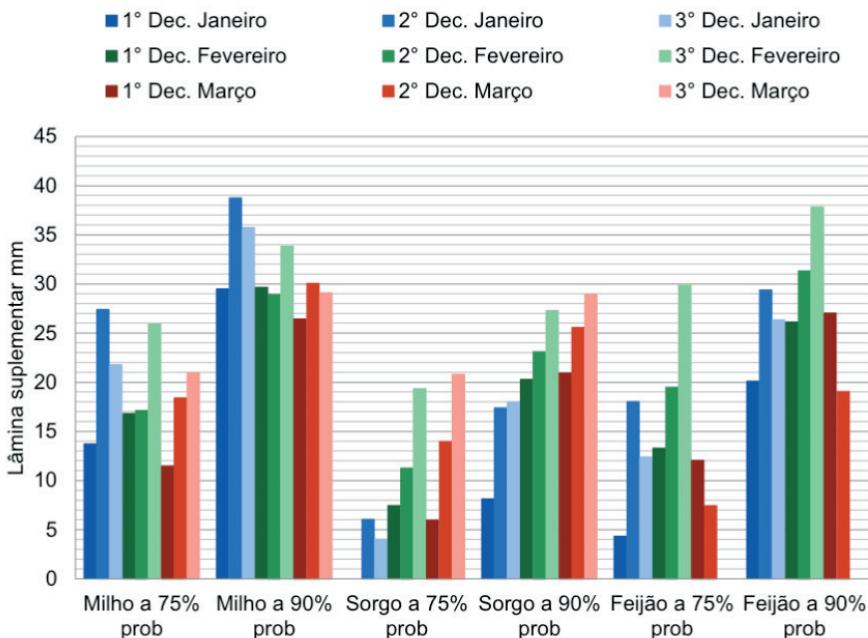


Gráfico 3 – Lâmina de irrigação suplementar para as culturas do milho, sorgo e feijão, para os meses de janeiro, fevereiro e março para a cidade de Unai.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O principal período de demanda hídrica da cultura é durante o desenvolvimento reprodutivo, florescimento e enchimento de grãos, que corresponde ao  $Kc$  III. Para ambas as culturas o estádio de  $Kc$  III inicia no 3º decêndio de fevereiro. Nesse período a cultura que é mais exigente é o feijão, necessitando de uma irrigação suplementar de 29 mm (gráfico3).

A cultura que demanda uma maior quantidade de água a ser suprida por irrigação suplementar é o milho, necessitando de uma lâmina de 173 mm; seguida do feijão com 116 mm e, por último, o sorgo com 88 mm, para os 9 decêndios estudados. O milho necessita de 4 irrigações com uma lâmina superior a 20 mm, sendo eles: 2º e 3º decêndios de janeiro; 3º decêndio de fevereiro e 3º decêndio de março, enquanto o feijão e o sorgo apenas em 1 decêndio, sendo que 3º decêndio de fevereiro e 3º decêndio de março, respectivamente, uma lâmina superior a este valor é requerida. Ressalta-se que essa análise é ao nível de 75% de probabilidade.

Para a análise de precipitação provável a 90% de probabilidade, a necessidade de água da cultura do milho eleva para 281 mm, ou seja, 108 mm a mais que na de 75%; o feijão aumenta 116 mm necessitando de 216 mm e o sorgo necessita de 189,38mm aumento de 100 mm, para todos os decêndios estudados. As lâminas suplementares do milho são todas superiores a 20 mm. O feijão necessita de 7 lâminas de irrigação acima de

20 mm e uma lâmina de 19 mm no 2º decêndio de março. O sorgo necessita de 6 irrigações acima de 20 mm e as outras 3 menores que 20 mm, sendo a menor no 1º decêndio de janeiro, 8 mm.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição Gama foi a que melhor se ajustou aos dados de precipitação decendial pelo teste de Qui-quadrado. Ambas as precipitações prováveis a níveis de 75% e 90% de probabilidade não satisfazem totalmente as necessidades hídricas da cultura do milho, sorgo e feijão ao longo do seu desenvolvimento, sendo necessário o uso de irrigação suplementar no ciclo das culturas, o que promoverá uma significativa economia de água. Com do 1º decêndio de janeiro para a cultura do sorgo ao nível de 75% de probabilidade. Mesmo não satisfazendo a necessidade hídrica das culturas, a precipitação provável pode fornecer 51,97%; 69,84% e 64,07% de economia de água ao milho, sorgo e feijão respectivamente, ao nível de 75% de probabilidade. Ao nível de 90% de probabilidade essa economia é de 21,94%; 29,49% e 27,06%.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, PAULO EMÍLIO PEREIRA DE; RESENDE, MORETHSON. Cultivo do milho. Irrigação. Sistema de produção 2. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, ISSN 1679-012x versão eletrônica- 3ª edição. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69853/1/Irrigacao-1.pdf>>. Acessado em 12 de agosto de 2021 às 22:08.

ÁVILA, LÉO F.; MELLO, CARLOS R. D; E VIOLA, MARCELO R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, v.13 (suplemento), p. 906 – 915, 2009.

**Balanço do agronegócio de Minas Gerais 2020.** MAPA. Minas Gerais. 2020. Disponível em: <[http://agricultura.mg.gov.br/images/documentos/Balanco\\_Agronegocio\\_2020.pdf](http://agricultura.mg.gov.br/images/documentos/Balanco_Agronegocio_2020.pdf)>. Acesso em 15/09/2021 às 20:25.

BATISTA, LUAN BARBOSA. Comparativo entre o método padrão de evapotranspiração com modelos empíricos e determinação da lâmina de irrigação para a microrregião de Unaí, noroeste de Minas Gerais. 2020, pg. 38. UFV, florestal, 2020.

BAÚ, ANTÔNIO LUIZ; GOMES, BENEDITO MARTINS; QUEIROZ, MANOEL MÓISES FERREIRA DE; OPAZO, MIGUEL ANGEL URIBE; SAMAPAIO, SILVIO CÉSAR. Comportamento espacial da precipitação pluvial mensal provável da mesoregião oeste do estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, ISSN 1808-3765, p. 150-168, abril-junho, 2006.

BERNARDO, SALASSIER; SOARES, ANTÔNIO ALVES; MANTOVANI, EDUARDO CHARTANI. Relação solo-água-planta atmosfera. **Manual de irrigação**. Editora UFV, Viçosa- MG, 2006, pg. 45 a 98.

BORGES, LIDIANE APARECIDA; PEREIRA, RAFAEL MENEZES; FERREIRA, ELIZABETH; DANTAS, AUGUSTO AGUILAR DANTAS. Uso de geoestatística no mapeamento da evapotranspiração do estado de Minas Gerais e estimativa da variação do consumo de água por pivô central no município de Unaí – MG, entre 1998 e 2008. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, n.16, 2009, Belo Horizonte.

GUIMARÃES, DANIEL PEREIRA E LANDAU, ELENA CHARLOTTE. Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.21, n.222. ISSN 1679-0154, p.64, dezembro 2020.

GUIMARÃES, DANIEL PEREIRA; LANDAU, ELENA CHARLOTTE; MENEZES, CÍCERO BESERRA; TARDIN, FLÁVIO DESSAUNE. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) para o sorgo granífero no Brasil. **Documento 254**. EMBRAPA milho e sorgo, Sete Lagoas, ISSN 1518-4277, novembro, 2020.

HAAN, C. T. Statistical Methods in Hydrology. Ames: The Iowa State University Press. 2<sup>a</sup> Edição, 2002, 377p.

JÚNIOR, JOSÉ ALVES JUNQUEIRA; GOMES, NATALINO MARTINS; MELLO, CARLOS ROGÉRIO DE; SILVA, ANTÔNIO MARCIANO DA SILVA. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: Modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência agrotec.**, Lavras, v.31, n.3, p.842-850, maio-junho, 2007.

Luenenberg, Zaul Alfredo Vieira; Neto, Pedro Henrique Weirich; Garbuio, Paulo William; Delalibera, Hevandro Cololhese. Consumo e custo da aplicação de água or irrigação. **Ambiência – Revista do setor de ciências agrárias e ambiental**. Guarapuava. v.5, n.2, p.292 – 300, ISSN 1808-0251. maio-ago, 2009.

MELLO, CARLOS R. DE. "Hidrologia estatística: Conceitos e aplicações". Texto de apoio à unidade curricular de Hidrologia do programa de Pós graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA. 2013, pgs.105.

MIRANDA, E. E.; COUTINHO, A. C. (Coords.). Brasil visto do espaço. Campinas, Embrapa monitoramento por satélite, 2004. Disponível em: <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/cdbrasil/mg/htm0/mg12\\_38.htm](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/cdbrasil/mg/htm0/mg12_38.htm)> Acessado em: 18 de fevereiro de 2021 às 20:29.

RIBEIRO, BRUNO TEIXEIRA; AVANZI, JUNIOR CESAR; MELLO, CARLOS ROGÉRIO DE; LIMA, JOSÉ MARIA DE; SILVA, MARX LEANDRO NAVES. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena – MG. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, set./out., 2007.

SAMPAIO, SÍLVIO CÉSAR; CÔRREA, MARCUS METRI; BÔAS, MÁRCIO ANTÔNIO VILAS; OLIVEIRA, LUIZ FERNANDO COUTINHO DE. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v.4, n.2, p.210-213, 2000.

SAMPAIO, SILVIO CÉSAR; QUEIROZ, MOISÉS DE FERREIRA; FRIGO, ELISANDRO PIRES; LONGO, ADAIR JOSÉ; SUSEK, MORGANA. Estimativa e distribuição de precipitações decendais para o estado do Paraná. **Irriga**. Botucatu, v.12, n.1, p.38-53, ISSN 1808-3765, janeiro-março,2007.

SILVA, DANIEL VIEIRADA; CUNHA, FERNANDO FRANÇADA; VICENTE, MARCELO ROSSI; ALENCAR, CARLOS AUGUSTO BRASILEIRO DE; SOUZA, IVAN PEREIRA DE. Análise de precipitação, balanço hídrico climatológico e classificação climática no município de Unaí – MG. **Brazilian geographical journal: geosciences and humanities research** médium, Ituiutaba, v.8, n.1, ISSN 2179-2321, p. 68-82, janeiro – junho, 2017.

SOUZA, LUCIANA SANDRA BASTOS DE; MOURA, MAGMA SOELMA BESERRA DE; SEDIYAMA, GILBERTO CHOHAKU; SILVA, THIERES GEORGE FREIRE DA. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivos e consorciado. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 28, n.4, ISSN 0100-316X, p. 151 -160, out – dez, 2015.