

## Efeito de diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre as características fenotípicas e de rendimento de grãos da cultura do painço

Effect of different timings of nitrogen top-dressing on the phenotypic characteristics and grain yield of millet

Leonardo Piovesan Fassini<sup>1</sup>  
Rodrigo Danielowski<sup>2</sup>

### RESUMO

O painço (*Panicum miliaceum* L.) é uma gramínea anual com elevada adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e potencial de inserção em sistemas agrícolas sustentáveis. Entre os fatores de manejo, destaca-se a adubação nitrogenada, especialmente quanto ao momento de aplicação do nitrogênio em cobertura. Este estudo avaliou o efeito de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre características fenotípicas e o rendimento de grãos de três cultivares de painço (amarelo comum, preto e vermelho). O experimento foi conduzido em Três de Maio/RS, em 2025, sob semeadura direta, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas cinco épocas de aplicação de nitrogênio (0, 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência), totalizando 15 tratamentos. As variáveis analisadas incluíram caracteres fenológicos e morfológicos, componentes de rendimento, massa de mil grãos e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste de Tukey (5%) e à análise de regressão polinomial. De modo geral, as épocas de aplicação não alteraram significativamente a maioria das variáveis fenológicas e morfológicas; entretanto, o rendimento de grãos respondeu de forma dependente da cultivar. As cultivares preto e vermelho apresentaram resposta quadrática, com máximos rendimentos estimados entre 30 e 36 dias após a emergência, enquanto a cultivar amarelo comum apresentou maiores produtividades aos 15 e 60 dias após a emergência. Conclui-se que a definição da época de aplicação de nitrogênio em cobertura deve considerar as particularidades fenológicas de cada cultivar, visando maior eficiência no uso do nutriente e maximização do rendimento de grãos.

**Palavras-chave:** *Panicum miliaceum*. Fertilização nitrogenada. Resultado produtivo. Manejo. Épocas de aporte.

### ABSTRACT

Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) is an annual grass with high adaptability to different edaphoclimatic conditions and potential use in sustainable agricultural systems. Among management factors, nitrogen fertilization stands out, particularly the timing of nitrogen topdressing timing. This study evaluated the effect of different nitrogen topdressing timing on phenotypic traits and grain yield of three proso millet cultivars (common yellow, black, and red). The experiment was conducted in Três de Maio, Rio Grande do Sul, Brazil, in 2025, under no-tillage, using a randomized block design with four replications. Five nitrogen application timings were evaluated (0, 15, 30, 45, and 60 days after emergence), totaling 15 treatments. Evaluations included phenological and morphological traits, yield components, thousand-grain weight, and grain yield. Data were analyzed by analysis of variance, Tukey's test (5%), and polynomial regression. In general, application timing did not significantly affect most phenological and morphological traits; however, grain yield response depended on cultivar. The black and red cultivars showed a quadratic response, with maximum yields estimated between 30 and 36 days after

<sup>1</sup> Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo. Doutor em Agronomia. Coordenador do curso Técnico em Agropecuária da SETREM. Técnico responsável pela Área Experimental da SETREM. Docente de ensino superior. Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM. E-mail: rodrigodanielowski@setrem.com.br

emergence, while the common yellow cultivar showed higher yields at 15 and 60 days after emergence. These results indicate that nitrogen topdressing timing should be adjusted according to cultivar phenology to improve nitrogen use efficiency and maximize grain yield.

Keywords: *Panicum miliaceum*. Nitrogen fertilization. Grain yield. Topdressing timing. Crop management.

## 1 INTRODUÇÃO

O painço (*Panicum miliaceum* L.) é uma das culturas agrícolas mais antigas domesticadas pelo ser humano e, atualmente, tem despertado interesse renovado em função de sua elevada adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. Trata-se de uma gramínea anual de ciclo curto, com boa tolerância ao déficit hídrico, o que a torna uma alternativa promissora para sistemas agrícolas sustentáveis, especialmente em regiões sujeitas à instabilidade climática (Gomashe, 2017). No Brasil, embora seu cultivo ainda seja pouco expressivo, observa-se crescimento do interesse pela cultura em estados como São Paulo, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, tanto para a produção de grãos quanto para uso em sistemas de cobertura do solo e alimentação animal (Zancanella *et al.*, 2006 *apud* Soratto *et al.*, 2007).

Além da adaptabilidade, o painço apresenta características agronômicas que favorecem sua inserção em sistemas de rotação e sucessão de culturas, especialmente no período de verão. Seu ciclo relativamente curto permite o uso racional da área agrícola, contribuindo para a diversificação dos sistemas produtivos e para a sustentabilidade do manejo, sobretudo em sucessão à soja ou como cultura antecedente em sistemas de plantio direto (Ventura *et al.*, 2020).

A cultura do painço apresenta ampla variabilidade fenotípica, com cultivares que diferem quanto à coloração dos grãos, porte das plantas e duração do ciclo, o qual pode variar de aproximadamente 70 a 100 dias, dependendo do material genético e das condições ambientais (Silveira; Ceola, 2019). Entre os fatores de manejo que influenciam o desempenho produtivo da cultura, a adubação nitrogenada destaca-se como um dos mais relevantes, uma vez que o nitrogênio participa diretamente de processos fisiológicos fundamentais, como a síntese de proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos, além de influenciar o crescimento vegetativo, a expansão foliar e o rendimento de grãos (Silveira; Ceola, 2019).

Diversos estudos indicam que o manejo adequado do nitrogênio, especialmente quanto ao momento de aplicação em cobertura após a emergência, exerce influência significativa sobre características fenológicas, morfológicas e produtivas do painço, como altura de plantas, comprimento de panículas e número de grãos por panícula, refletindo diretamente no rendimento final da cultura (Soratto *et al.*, 2007). Entretanto, a resposta à adubação nitrogenada pode variar conforme a cultivar e as condições ambientais, em função de diferenças no ritmo de crescimento, na fenologia e na dinâmica de absorção e utilização do nutriente (Fernandes; Oliveira; Caetano, 2018).

Nesse contexto, a definição do momento mais adequado para a aplicação de nitrogênio em cobertura constitui um aspecto central no manejo da cultura, uma vez que aplicações realizadas fora das fases de maior demanda fisiológica podem

comprometer a eficiência do uso do nutriente e os resultados agronômicos e econômicos do sistema produtivo (Fronza; Cappellari, 2021). Apesar da relevância do tema, ainda são escassas informações comparativas sobre a resposta de diferentes cultivares de painço às épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura, especialmente em condições edafoclimáticas do sul do Brasil.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre as características fenotípicas e o rendimento de grãos de três cultivares de painço, em condições edafoclimáticas do sul do Brasil.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O painço (*Panicum miliaceum* L.) é uma gramínea anual pertencente à família Poaceae, caracterizada por ciclo curto, elevada rusticidade e ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Essas características conferem à cultura potencial estratégico para regiões sujeitas a restrições hídricas e instabilidade climática, além de possibilitar sua inserção em sistemas agrícolas sustentáveis e diversificados (Gomashe, 2017). No contexto brasileiro, o cultivo do painço tem sido explorado principalmente para produção de grãos, alimentação animal e cobertura do solo, contribuindo para a diversificação dos sistemas produtivos (Soratto *et al.*, 2007).

A variabilidade fenotípica observada entre cultivares de painço envolve diferenças no porte das plantas, duração do ciclo, arquitetura da panícula e coloração dos grãos, fatores que influenciam diretamente a resposta da cultura às práticas de manejo, especialmente à adubação nitrogenada (Silveira; Ceola, 2019). Essa variabilidade genética resulta em padrões distintos de crescimento e desenvolvimento, refletindo diferentes demandas nutricionais ao longo do ciclo da cultura.

O nitrogênio é considerado o nutriente mais limitante para o crescimento e a produtividade do painço, por participar diretamente da constituição de compostos orgânicos essenciais, como proteínas, aminoácidos, clorofila e ácidos nucleicos. A disponibilidade adequada desse nutriente favorece o crescimento vegetativo, a expansão foliar e a capacidade fotossintética das plantas, impactando diretamente a formação das estruturas reprodutivas e o rendimento de grãos (Fernandes; Oliveira; Caetano, 2018).

O manejo da adubação nitrogenada, especialmente quanto ao momento de aplicação em cobertura após a emergência, exerce papel determinante na eficiência do uso do nitrogênio pela cultura. Aplicações realizadas em períodos que não coincidem com as fases de maior demanda fisiológica podem resultar em perdas por volatilização ou lixiviação, reduzindo a eficiência agronômica do fertilizante (Fernandes; Oliveira; Caetano, 2018). Em contrapartida, quando sincronizada com estádios de intenso crescimento vegetativo e início da diferenciação reprodutiva, a adubação nitrogenada tende a promover maior aproveitamento do nutriente e incrementos no rendimento de grãos.

Estudos conduzidos com a cultura do painço indicam que a época de aplicação do nitrogênio em cobertura influencia significativamente o desempenho produtivo, afetando características como altura de plantas, comprimento de panículas, número

de grãos por panícula e produtividade final (Soratto *et al.*, 2007). Entretanto, a magnitude dessa resposta varia conforme o material genético utilizado, evidenciando a necessidade de ajustes no manejo nutricional de acordo com as particularidades fenológicas de cada cultivar.

Nesse sentido, o conhecimento da fenologia do painço constitui ferramenta fundamental para o planejamento adequado da adubação nitrogenada. A maior exigência por nitrogênio ocorre, de modo geral, durante as fases de crescimento vegetativo acelerado e transição para o estádio reprodutivo, períodos nos quais a cultura apresenta maior capacidade de absorção e utilização do nutriente (Ventura *et al.*, 2020). Assim, estratégias de manejo que considerem a interação entre cultivar, fenologia e época de aplicação do nitrogênio podem resultar em maior eficiência no uso do fertilizante e melhor desempenho produtivo da cultura.

### 3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no município de Três de Maio, Rio Grande do Sul, no ano agrícola de 2025, em área previamente cultivada com soja, sob sistema de semeadura direta. O estudo adotou abordagem quantitativa, com caráter experimental e análise estatística, visando avaliar o efeito de diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre características fenotípicas e o rendimento de grãos de cultivares de painço (*Panicum miliaceum* L.).

Foram avaliadas três cultivares de painço, denominadas amarelo comum, preto e vermelho, submetidas a cinco momentos distintos de aplicação de nitrogênio em cobertura, correspondentes a 0, 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE), totalizando quinze tratamentos. A descrição detalhada dos tratamentos, bem como a combinação entre cultivares e épocas de aplicação, encontra-se apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1 - Tratamentos utilizados no ensaio**

| Tratamento | Variedade | Dias após a emergência |
|------------|-----------|------------------------|
| T1         | vermelho  | 0                      |
| T2         | vermelho  | 15                     |
| T3         | vermelho  | 30                     |
| T4         | vermelho  | 45                     |
| T5         | vermelho  | 60                     |
| T1         | preto     | 0                      |
| T2         | preto     | 15                     |
| T3         | preto     | 30                     |
| T4         | preto     | 45                     |
| T5         | preto     | 60                     |
| T1         | comum     | 0                      |
| T2         | comum     | 15                     |
| T3         | comum     | 30                     |
| T4         | comum     | 45                     |
| T5         | comum     | 60                     |

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo as parcelas distribuídas aleatoriamente na área experimental, de

modo a minimizar os efeitos da variabilidade espacial do solo. As disposições espaciais dos tratamentos na área experimental, bem como a distribuição das parcelas no campo, estão ilustradas no croqui apresentado na Figura 1, o qual auxilia na compreensão da organização e condução do ensaio.

A semeadura foi realizada em 8 de janeiro de 2025, sendo a emergência das plântulas registrada em 17 de janeiro de 2025. A adubação de base foi realizada conforme as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC), com base na análise de solo e considerando uma expectativa de rendimento de 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. Para tal, foram aplicados 230 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 10-30-10 (N-P-K). A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada com a aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (46% de N), distribuída manualmente nos respectivos momentos definidos para cada tratamento.

**Figura 1 - Croqui do experimento**

| Painço Amarelo |       |      |     |      | Painço Preto |      |     |      |     | Painço Vermelho |     |      |     |      |    |
|----------------|-------|------|-----|------|--------------|------|-----|------|-----|-----------------|-----|------|-----|------|----|
| 0,85           | 0,5   | 0,85 | 0,5 | 0,85 | 0,5          | 0,85 | 0,5 | 0,85 | 0,5 | 0,85            | 0,5 | 0,85 | 0,5 | 0,85 |    |
| 0              | 15    | 30   | 45  | 60   | 0            | 15   | 30  | 45   | 60  | 0               | 15  | 30   | 45  | 60   |    |
| 0,5            |       |      |     |      |              |      |     |      |     |                 |     |      |     |      |    |
| B1             | 7 T1  | T2   | T3  | T4   | T5           | T1   | T2  | T3   | T4  | T5              | T1  | T2   | T3  | T4   | T5 |
| 1              |       |      |     |      |              |      |     |      |     |                 |     |      |     |      |    |
| B2             | 7 T3  | T5   | T1  | T2   | T4           | T3   | T5  | T1   | T2  | T4              | T3  | T5   | T1  | T2   | T4 |
| 1              |       |      |     |      |              |      |     |      |     |                 |     |      |     |      |    |
| B3             | 7 T4  | T3   | T5  | T1   | T2           | T4   | T3  | T5   | T1  | T2              | T4  | T3   | T5  | T1   | T2 |
| 1              |       |      |     |      |              |      |     |      |     |                 |     |      |     |      |    |
| B4             | 7 T5  | T1   | T2  | T4   | T3           | T5   | T1  | T2   | T4  | T3              | T5  | T1   | T2  | T4   | T3 |
| 0,5            |       |      |     |      |              |      |     |      |     |                 |     |      |     |      |    |
|                | 6,250 |      |     |      |              |      |     |      |     |                 |     |      |     |      |    |

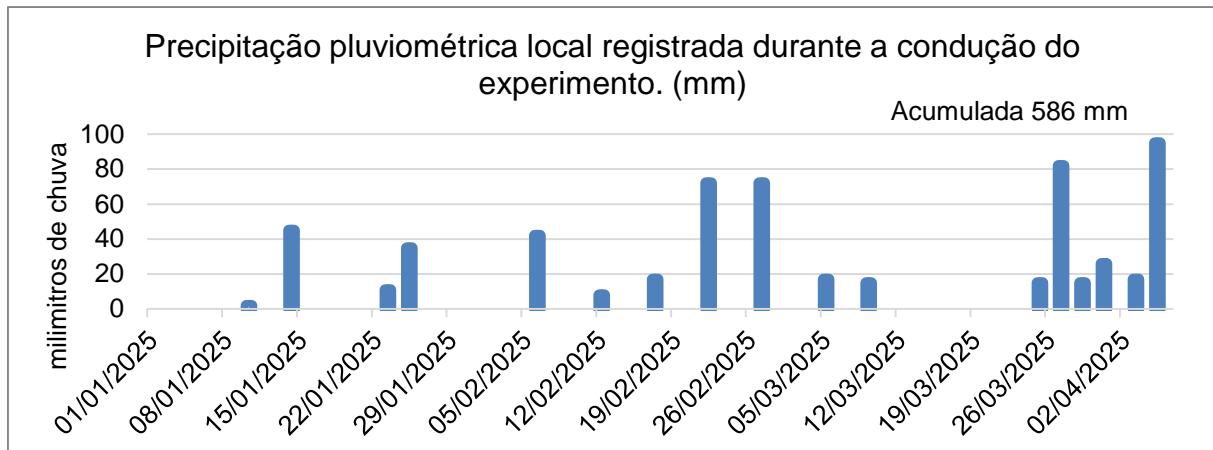
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

**Nota:**

- T1 = 0 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)
- T2 = 15 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)
- T3 = 30 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)
- T4 = 45 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)
- T5 = 60 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)

As datas de aplicação do nitrogênio em cobertura foram definidas em função dos dias após a emergência, correspondendo a 17 de janeiro (0 DAE), 1º de fevereiro (15 DAE), 16 de fevereiro (30 DAE), 3 de março (45 DAE) e 18 de março de 2025 (60 DAE). O manejo da cultura foi conduzido sob condições de sequeiro, sendo as precipitações pluviométricas monitoradas ao longo do período experimental, conforme apresentado na Figura 2.

**Figura 2 - Precipitação pluviométrica local registrada durante a condução do experimento. (mm).**



**Fonte: Registros de campo da propriedade (2025).**

Cada parcela experimental foi dividida em duas áreas de avaliação: uma área útil destinada às avaliações não destrutivas e outra destinada às avaliações destrutivas. A área não destrutiva correspondeu às três linhas centrais da parcela, com cinco metros de comprimento, totalizando 2,55 m<sup>2</sup>, sendo utilizada para a determinação do rendimento de grãos, da massa de mil grãos e da duração dos intervalos fenológicos. A área destrutiva foi composta por dez plantas consecutivas localizadas na linha central da parcela, utilizadas para as avaliações morfológicas e dos componentes de rendimento.

As avaliações fenológicas compreenderam os intervalos entre emergência e floração, floração e maturação fisiológica, e emergência e maturação fisiológica, considerando-se como critério o momento em que 50% das plantas da parcela apresentaram o estádio fenológico avaliado. A caracterização morfológica foi realizada no momento da aplicação do nitrogênio, com base no número de folhas completamente expandidas.

As avaliações fenotípicas incluíram a determinação da estatura de plantas, medida desde o nível do solo até a extremidade da panícula; o comprimento do colmo, mensurado da base até a inserção da panícula; e o comprimento da panícula, medido da inserção até sua extremidade. A densidade de plantas foi determinada a partir da contagem do número de plantas por metro quadrado. O número de afilhos, o número de panículas por planta e o número de grãos por panícula foram obtidos por contagem direta nas plantas amostradas.

A massa de mil grãos foi determinada por meio da pesagem dos grãos em balança de precisão, com os valores expressos em gramas. O rendimento de grãos foi obtido a partir da colheita da área útil das parcelas, seguida de pesagem e correção da umidade dos grãos para 13%, sendo os resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística. Inicialmente, realizou-se estatística descritiva para cálculo de médias e verificação de possíveis valores discrepantes. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância. Quando constatado efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Adicionalmente, procedeu-se ao ajuste de modelos de regressão polinomial, com o objetivo de identificar o momento de aplicação do nitrogênio que proporcionou melhor desempenho produtivo para cada cultivar.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Variedade comum amarelo

A análise de variância dos caracteres avaliados na cultivar comum amarelo, apresentada na Tabela 1, indicou efeito significativo do momento de aplicação do nitrogênio em cobertura para o rendimento de grãos (R Grãos) com significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Para as demais variáveis avaliadas, incluindo caracteres fenológicos (dias da emergência à floração e à maturação), morfológicos (estatura de plantas, densidade de plantas, comprimento de panícula e comprimento de colmo) e componentes de rendimento (número de panículas por planta, número de grãos por panícula e massa de mil grãos), não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as épocas de aplicação de nitrogênio. O coeficiente de variação para rendimento de grãos foi de 7,5%, indicando adequada precisão experimental e confiabilidade dos resultados obtidos.

**Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos caracteres avaliados em plantas de painço (cultivar comum) em função de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Três de Maio/RS 2025.**

| FV      | GL | D_E_F<br>(Dias) | D_E_M<br>(Dias) | Estatura<br>(cm) | Densidade<br>(Pl. m <sup>-2</sup> ) | C_Pân.<br>(cm) | C_Colmo<br>(cm) |
|---------|----|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------|
| Blocos  | 3  | 0,2             | 0,2             | 0,4              | 498,4                               | 18,2           | 4,2             |
| Épocas  | 4  | 0,05ns          | 0,175ns         | 0,335ns          | 40,63ns                             | 18,3ns         | 33,31ns         |
| Resíduo | 12 | 0,4             | 0,3             | 0,2              | 378,6                               | 22,6           | 25,0            |
| Média   |    | 39,0            | 77,0            | 106,0            | 310,6                               | 24,0           | 92,4            |
| CV(%)   |    | 1,5             | 0,7             | 0,4              | 6,3                                 | 19,8           | 5,4             |

| FV      | GL | Nº_Pân.<br>(un.) | N_G_P<br>(un.) | MMG<br>(g.) | R_Grãos<br>(kg. ha <sup>-1</sup> ) | SC<br>(SC ha <sup>-1</sup> ) |
|---------|----|------------------|----------------|-------------|------------------------------------|------------------------------|
| Blocos  | 3  | 0,0              | 30405,6        | 0,0         | 11691,2                            | 3,2                          |
| Épocas  | 4  | 0,0057ns         | 4663,67ns      | 0,0002ns    | 808935,8**                         | 224,72**                     |
| Resíduo | 12 | 0,0              | 1959,1         | 0,0         | 18221,7                            | 5,1                          |
| Média   |    | 1,3              | 361,7          | 0,6         | 1801,6                             | 30,0                         |
| CV(%)   |    | 7,8              | 12,2           | 2,6         | 7,5                                | 7,5                          |

ns, Não significativo; \*\*, \* significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

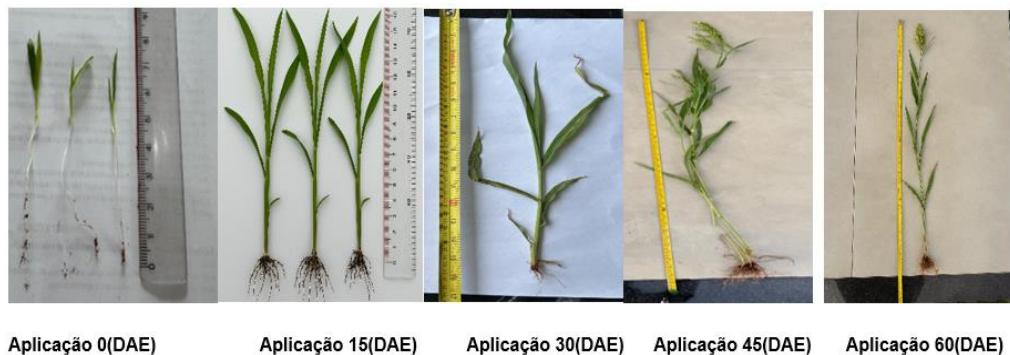
D\_E\_F: Dias da emergência a floração; D\_E\_M: Dias da Emergência a Maturação; Estatura: Estatura de plantas; Densidade: Número de plantas por metro quadrado; C\_Pân.: Comprimento de panícula; C\_Colmo: Comprimento do colmo; Nº\_Pân.: Número de panículas por planta; N\_G\_P: Número de grãos por panícula; MMG: Massa de mil grãos; R\_Grãos: Rendimento de Grãos; SC: Rendimento de grãos em sacos por hectare.

**Fonte: Elaborado pelos autores (2025).**

Os diferentes momentos de aplicação do nitrogênio em cobertura (0, 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência – DAE), bem como o desenvolvimento visual das plantas ao longo do ciclo, encontram-se ilustrados na Figura 3. De forma geral, as imagens evidenciam uniformidade no porte e na arquitetura das plantas entre os tratamentos,

corroborando os resultados da análise estatística e indicando que as diferenças observadas no rendimento de grãos não estiveram associadas a alterações expressivas no crescimento vegetativo da cultura.

**Figura 3 - Momento de aplicação de nitrogênio**



**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

As médias do rendimento de grãos da cultivar comum amarelo, em função das épocas de aplicação de nitrogênio, estão apresentadas na Tabela 2. Observa-se que as aplicações realizadas aos 15 DAE e aos 60 DAE proporcionaram os maiores rendimentos, com 2265,9 kg ha<sup>-1</sup> e 2302,3 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, formando o grupo estatístico superior (a) e diferindo significativamente das aplicações realizadas aos 0, 30 e 45 DAE, que compuseram o grupo de menor desempenho produtivo (b). A menor produtividade foi observada quando o nitrogênio foi aplicado aos 45 DAE, com rendimento de 1352,3 kg ha<sup>-1</sup>.

Em termos relativos, a aplicação de nitrogênio aos 15 DAE resultou em incremento de aproximadamente 67,6% no rendimento de grãos quando comparada à aplicação aos 45 DAE, enquanto a aplicação aos 60 DAE proporcionou aumento de cerca de 70,3% em relação ao mesmo tratamento. Esses resultados evidenciam elevada resposta produtiva da cultivar comum amarelo ao ajuste do momento de fornecimento do nitrogênio, mesmo na ausência de alterações estatisticamente detectáveis nos componentes morfológicos e fenológicos avaliados.

**Tabela 2 - Médias dos caracteres avaliados em plantas de painço (cultivar comum amarelo) em função de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Três de Maio/RS 2025.**

| Época s. | D_E_F (Dias)  | D_E_M (Dias) | Estatura (cm) | Densidade (Pl. m <sup>-2</sup> ) | C_Pân. (cm)               | C_Colmo (cm) |        |   |      |   |      |   |
|----------|---------------|--------------|---------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|--------|---|------|---|------|---|
| 0        | 38,8          | a            | 77,3          | a                                | 105,9                     | a            | 307,4  | a | 23,2 | a | 91,2 | a |
| 15       | 39,0          | a            | 76,8          | a                                | 106,2                     | a            | 313,2  | a | 23,0 | a | 90,1 | a |
| 30       | 39,0          | a            | 77,0          | a                                | 106,3                     | a            | 308,8  | a | 23,3 | a | 93,9 | a |
| 45       | 39,0          | a            | 77,0          | a                                | 106,0                     | a            | 314,7  | a | 22,8 | a | 89,9 | a |
| 60       | 39,0          | a            | 76,8          | a                                | 105,6                     | a            | 308,8  | a | 27,9 | a | 96,6 | a |
| Época s. | Nº_Pân. (un.) | N_G_P (un.)  | MMG           | R_Grãos (kg. ha <sup>-1</sup> )  | SC (SC ha <sup>-1</sup> ) |              |        |   |      |   |      |   |
| 0        | 1,3           | a            | 344,8         | a                                | 0,6                       | a            | 1606,8 | b | 26,8 | b |      |   |
| 15       | 1,3           | a            | 374,7         | a                                | 0,5                       | a            | 2265,9 | a | 37,8 | a |      |   |
| 30       | 1,3           | a            | 414,3         | a                                | 0,6                       | a            | 1480,9 | b | 24,7 | b |      |   |
| 45       | 1,3           | a            | 348,9         | a                                | 0,6                       | a            | 1352,3 | b | 22,5 | b |      |   |

|    |     |   |       |   |     |   |        |   |      |   |
|----|-----|---|-------|---|-----|---|--------|---|------|---|
| 60 | 1,2 | a | 326,0 | a | 0,5 | a | 2302,3 | a | 38,4 | a |
|----|-----|---|-------|---|-----|---|--------|---|------|---|

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

D\_E\_F: Dias da emergência a floração; D\_E\_M: Dias da Emergência a Maturação; Estatura: Estatura de plantas; Densidade: Número de plantas por metro quadrado; C\_Pân.: Comprimento de panícula; C\_Colmo: Comprimento do colmo; Nº\_Pân.: Número de panículas por planta; N\_G\_P: Número de grãos por panícula; MMG: Massa de mil grãos; R\_Grãos: Rendimento de Grãos; SC: Rendimento de grãos em sacos por hectare.

**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

O padrão de resposta observado indica que a cultivar comum amarelo apresenta elevada plasticidade fenológica em relação ao manejo do nitrogênio, respondendo positivamente tanto a aplicações mais precoces quanto a aplicações tardias do nutriente. A maior produtividade observada com a aplicação aos 15 DAE pode ser atribuída ao fornecimento adequado de nitrogênio durante a fase inicial de crescimento vegetativo, período crítico para a definição do potencial produtivo da cultura. Segundo Soratto *et al.* (2007), a disponibilidade de nitrogênio nos estádios iniciais do desenvolvimento do painço favorece a formação das estruturas reprodutivas e pode refletir positivamente no rendimento final de grãos.

Por outro lado, a resposta positiva observada com a aplicação aos 60 DAE sugere que a cultivar comum amarelo mantém capacidade de absorção e utilização do nitrogênio em estádios mais avançados do ciclo, contribuindo para a manutenção da atividade fisiológica das plantas e para o enchimento dos grãos. Esse comportamento indica que, mesmo após a fase de crescimento vegetativo, o nitrogênio continua exercendo papel relevante na redistribuição de assimilados para os órgãos reprodutivos, conforme discutido por Silveira e Ceola (2019) para gramíneas anuais de ciclo curto.

Assim, os resultados obtidos para a cultivar comum amarelo demonstram que o manejo do nitrogênio em cobertura pode ser realizado com maior flexibilidade quanto ao momento de aplicação, uma vez que aplicações precoces ou tardias resultaram em incrementos significativos no rendimento de grãos, característica que diferencia essa cultivar das cultivares comum preto e comum vermelho avaliadas neste estudo.

#### **4.2 Variedade de painço preto**

A análise de variância dos caracteres avaliados na cultivar comum preto, apresentada na Tabela 3, indicou efeito significativo do momento de aplicação do nitrogênio em cobertura para o rendimento de grãos (R\_Grãos) com significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 3 - Resumo da análise de variância dos caracteres avaliados em plantas de painço (cultivar comum preto) em função de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Três de Maio/RS 2025.**

| FV          | GL | D_E_F<br>(Dias) | D_E_M<br>(Dias) | Estatura<br>(cm) | Densidade<br>(Pl. m <sup>-2</sup> ) | C_Pân.<br>(cm) | C_Colmo<br>(cm) |
|-------------|----|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------|
| Blocos      | 3  | 0,2             | 0,2             | 0,2              | 647,7                               | 2,8            | 24,9            |
| Tratamentos | 4  | 0,1ns           | 0,17ns          | 0,38ns           | 594,30ns                            | 4,8ns          | 17,6ns          |
| Resíduo     | 12 | 0,4             | 0,3             | 0,3              | 657,7                               | 5,0            | 14,8            |
| Média       |    | 35,1            | 69,0            | 54,2             | 314,4                               | 18,3           | 59,2            |
| CV(%)       |    | 1,7             | 0,8             | 1,0              | 8,2                                 | 12,2           | 6,5             |

| FV          | GL | Nº_Pân.<br>(un.) | N_G_P<br>(un.) | MMG<br>(g.) | R_Grãos<br>(kg. ha <sup>-1</sup> ) | SC<br>(SC ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|----|------------------|----------------|-------------|------------------------------------|------------------------------|
| Blocos      | 3  | 0,2              | 3445,6         | 0,0         | 29516,5                            | 8,2                          |
| Tratamentos | 4  | 0,0ns            | 941,8ns        | 0,0ns       | 109391,90**                        | 30,38**                      |
| Resíduo     | 12 | 0,0              | 614,9          | 0,0         | 1577,8                             | 0,4                          |
| Média       |    | 1,4              | 190,0          | 0,6         | 1077,3                             | 18,0                         |
| CV(%)       |    | 13,2             | 13,1           | 1,9         | 3,7                                | 3,7                          |

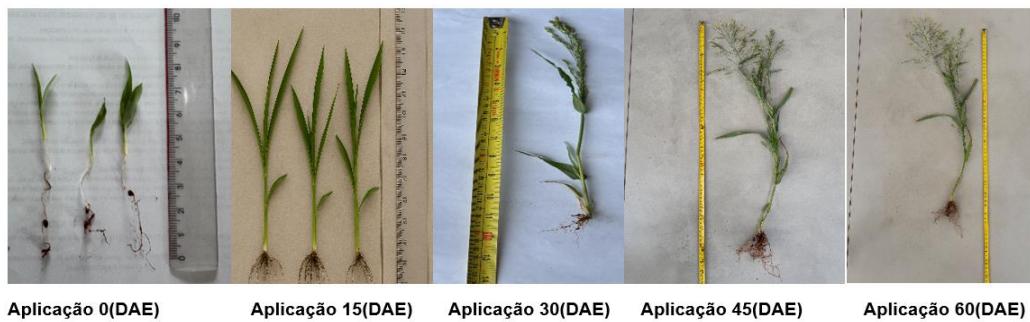
<sup>ns</sup>, Não significativo; \*\*, \* significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. D\_E\_F: Dias da emergência a floração; D\_E\_M: Dias da Emergência a Maturação; Estatura: Estatura de plantas; Densidade: Número de plantas por metro quadrado; C\_Pân.: Comprimento de panícula. C\_Colmo: Comprimento do colmo; Nº\_Pân.: Número de panículas por planta; N\_G\_P: Número de grãos por panícula; MMG: Massa de mil grãos; R\_Grãos: Rendimento de Grãos; SC: Rendimento de grãos em sacos por hectare.

**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

Para os demais caracteres fenológicos, morfológicos e componentes de rendimento avaliados, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as épocas de aplicação de nitrogênio, indicando que o efeito do manejo nitrogenado sobre a produtividade dessa cultivar ocorreu predominantemente por meio de processos fisiológicos associados à eficiência de uso do nutriente, e não por alterações no crescimento vegetativo ou nos componentes clássicos de rendimento. O coeficiente de variação observado para rendimento de grãos foi de 3,7%, evidenciando elevada precisão experimental.

Os diferentes momentos de aplicação do nitrogênio em cobertura (0, 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência – DAE), bem como o desenvolvimento visual das plantas ao longo do ciclo, estão ilustrados na Figura 4. De modo geral, as imagens indicam maior uniformidade e melhor vigor das plantas quando a aplicação do nitrogênio ocorreu em períodos intermediários do ciclo, especialmente aos 30 DAE, enquanto aplicações muito precoces ou tardias resultaram em plantas com menor desenvolvimento visual. Essa avaliação qualitativa é coerente com os resultados quantitativos observados para o rendimento de grãos.

**Figura 4 - Momento de aplicação de Nitrogênio**



**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

A análise detalhada das médias de rendimento de grãos apresentadas na Tabela 4 evidencia resposta claramente diferenciada da cultivar comum preto às épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. O maior rendimento observado com a aplicação aos 30 dias após a emergência ( $1284,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ), estatisticamente superior aos demais tratamentos, indica que esse período coincide com a fase de maior eficiência fisiológica da cultura na absorção e utilização do nitrogênio. Em contraste, aplicações realizadas fora desse intervalo resultaram em reduções progressivas no rendimento, com destaque para a aplicação aos 0 DAE, que apresentou o menor valor ( $836,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ), evidenciando baixa eficiência do fornecimento precoce do nutriente.

**Tabela 4 - Médias dos caracteres avaliados em plantas de painço (cultivar comum preto) em função de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Três de Maio/RS 2025.**

| Trat. | D_E_F<br>(Dias) | D_E_M<br>(Dias) | Estatura<br>(cm) | Densidade<br>(Pl. m <sup>-2</sup> ) | C_Pân. (cm) | C_Colmo (cm) |       |   |      |   |      |   |
|-------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|-------------|--------------|-------|---|------|---|------|---|
| 0     | 35,0            | a               | 69,0             | a                                   | 54,1        | a            | 326,5 | a | 17,8 | a | 61,4 | a |
| 15    | 35,0            | a               | 68,8             | a                                   | 54,6        | a            | 322,1 | a | 17,7 | a | 58,9 | a |
| 30    | 35,0            | a               | 68,8             | a                                   | 54,0        | a            | 304,4 | a | 18,1 | a | 56,6 | a |
| 45    | 35,3            | a               | 69,3             | a                                   | 53,8        | a            | 320,6 | a | 17,6 | a | 57,7 | a |
| 60    | 35,0            | a               | 69,0             | a                                   | 54,4        | a            | 298,5 | a | 20,2 | a | 61,1 | a |

| Trat. | Nº_Pân.<br>(un.) | N_G_P (un.) | MMG   | R_Grãos<br>(kg. ha <sup>-1</sup> ) | SC<br>(SC ha <sup>-1</sup> ) |   |       |   |      |   |
|-------|------------------|-------------|-------|------------------------------------|------------------------------|---|-------|---|------|---|
| 0     | 1,4              | a           | 176,4 | a                                  | 836,4                        | d | 0,555 | a | 13,9 | d |
| 15    | 1,3              | a           | 203,5 | a                                  | 1063,6                       | c | 0,560 | a | 17,7 | c |
| 30    | 1,4              | a           | 208,3 | a                                  | 1284,1                       | a | 0,555 | a | 21,4 | a |
| 45    | 1,2              | a           | 187,0 | a                                  | 1161,4                       | b | 0,573 | a | 19,4 | b |
| 60    | 1,4              | a           | 174,8 | a                                  | 1040,9                       | c | 0,555 | a | 17,3 | c |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

D\_E\_F: Dias da emergência a floração; D\_E\_M: Dias da Emergência a Maturação; Estatura: Estatura de plantas; Densidade: Número de plantas por metro quadrado; C\_Pân.: Comprimento de panícula; C\_Colmo: Comprimento do colmo; Nº\_Pân.: Número de panículas por planta; N\_G\_P: Número de grãos por panícula; MMG: Massa de mil grãos; R\_Grãos: Rendimento de Grãos; SC: Rendimento de grãos em sacos por hectare.

**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

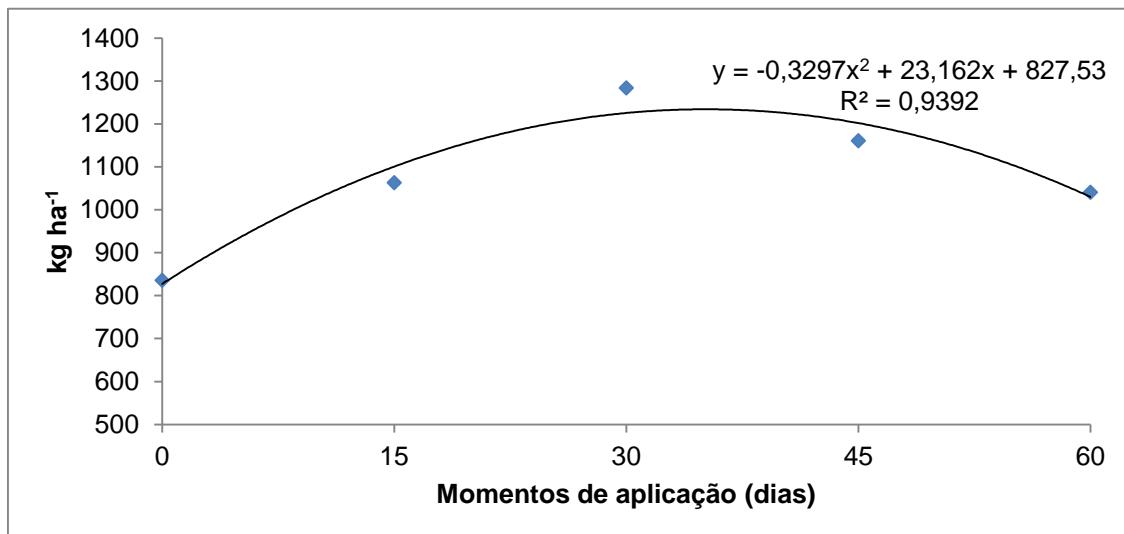
As aplicações realizadas aos 15, 45 e 60 DAE apresentaram rendimentos intermediários, formando grupos estatísticos distintos, o que reforça que, para essa cultivar, o efeito do nitrogênio não se manifesta de forma gradual ao longo do ciclo,

mas sim concentrada em um intervalo fenológico específico. Esse comportamento sugere que a cultivar comum preto apresenta baixa plasticidade fenológica em relação ao manejo nitrogenado, sendo altamente dependente do sincronismo entre a oferta do nutriente e o período de crescimento vegetativo acelerado.

A ausência de diferenças estatísticas nos componentes de rendimento avaliados, como número de panículas por planta, número de grãos por panícula e massa de mil grãos (Tabela 4), associada às expressivas diferenças no rendimento final, indica que o efeito do nitrogênio ocorreu predominantemente por meio de processos fisiológicos integrados, como maior eficiência fotossintética, melhor aproveitamento do nitrogênio absorvido e maior translocação de assimilados para os grãos. Esse padrão de resposta reforça que, na cultivar comum preto, o manejo do nitrogênio atua mais sobre a eficiência metabólica da planta do que sobre a modulação isolada de componentes estruturais do rendimento.

A resposta do rendimento de grãos da cultivar comum preto em função do momento de aplicação do nitrogênio é apresentada na Figura 5, na qual se observa ajuste significativo de regressão polinomial, com equação  $y = -0,3297x^2 + 23,162x + 827,53$  e coeficiente de determinação elevado ( $R^2 = 0,9392$ ). O modelo indica rendimento máximo estimado quando o nitrogênio é aplicado em torno de 35 dias após a emergência, valor bastante próximo ao tratamento que apresentou maior média no teste de Tukey (30 DAE), demonstrando elevada coerência entre a análise de regressão e o teste de médias.

**Figura 5 - Rendimento dos grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) cultivar comum preto**



**Fonte:** Elaborados pelos autores (2025).

O comportamento quadrático observado indica que aplicações realizadas antes desse período resultam em menor eficiência de uso do nitrogênio, possivelmente em função da limitada capacidade inicial de absorção pelas plantas, enquanto aplicações tardias não coincidem com a fase de maior exigência fisiológica da cultura. Segundo Soratto *et al.* (2007), o rendimento de grãos do painço é fortemente influenciado pela sincronização entre a disponibilidade de nitrogênio no solo e a fase de crescimento

vegetativo acelerado, sendo que aplicações fora desse intervalo reduzem a eficiência agronômica do fertilizante.

Assim, os resultados obtidos para a cultivar comum preto demonstram que o manejo do nitrogênio em cobertura deve ser realizado com elevado grau de precisão quanto ao momento de aplicação, concentrando-se em períodos intermediários do ciclo, especialmente entre 30 e 35 dias após a emergência. Quando comparada à cultivar comum amarelo, a cultivar comum preto apresenta menor plasticidade fenológica em relação ao manejo nitrogenado, comportamento semelhante ao observado para a cultivar comum vermelho, reforçando a importância do ajuste fino do manejo nutricional para maximizar o rendimento de grãos.

#### 4.3 Variedade de painço vermelho

A análise de variância dos caracteres avaliados na cultivar comum vermelho, apresentada na Tabela 5, evidenciou efeito significativo do momento de aplicação do nitrogênio em cobertura para o rendimento de grãos (R Grãos), com significância ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ), e para a massa de mil grãos (MMG), com significância ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ). Para as demais variáveis avaliadas, incluindo caracteres fenológicos, morfológicos e os demais componentes de rendimento, não foram observados efeitos significativos das épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.

**Tabela 5 - Resumo da análise de variância dos caracteres avaliados em plantas de painço (cultivar comum vermelho) em função de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Três de Maio/RS 2025.**

| FV          | GL | D_E_F<br>(Dias) | D_E_M<br>(Dias) | Estatura<br>(cm) | Densidade<br>(Pl. m <sup>-2</sup> ) | C_Pân.<br>(cm) | C_Colmo<br>(cm) |
|-------------|----|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------|
| Blocos      | 3  | 0,2             | 0,2             | 0,1              | 989,1                               | 0,3            | 40,0            |
| Tratamentos | 4  | 0,17ns          | 0,17ns          | 0,35ns           | 265,55ns                            | 0,94ns         | 20,3ns          |
| Resíduo     | 12 | 0,3             | 0,3             | 0,1              | 318,7                               | 0,4            | 13,9            |
| Média       |    | 30,1            | 59,0            | 64,0             | 288,5                               | 18,9           | 44,0            |
| CV(%)       |    | 1,9             | 0,9             | 0,6              | 6,2                                 | 3,3            | 8,5             |

| FV          | GL | Nº_Pân.<br>(un.) | N_G_P<br>(un.) | MMG<br>(g.) | R_Grãos<br>(kg. ha <sup>-1</sup> ) | SC<br>(SC ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|----|------------------|----------------|-------------|------------------------------------|------------------------------|
| Blocos      | 3  | 0,3              | 6943,4         | 0,0         | 15680,4                            | 4,3                          |
| Tratamentos | 4  | 0,008ns          | 1214,32ns      | 0,0012*     | 192988,23**                        | 53,58**                      |
| Resíduo     | 12 | 0,0              | 437,3          | 0,0         | 15973,3                            | 4,4                          |
| Média       |    | 1,5              | 154,6          | 0,7         | 1470,9                             | 24,5                         |
| CV(%)       |    | 10,7             | 13,5           | 2,6         | 8,6                                | 8,6                          |

<sup>ns</sup>, Não significativo; \*\*, \* significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

D\_E\_F: Dias da emergência a floração; D\_E\_M: Dias da Emergência a Maturação; Estatura: Estatura de plantas; Densidade: Número de plantas por metro quadrado; C\_Pân.: Comprimento de panícula.

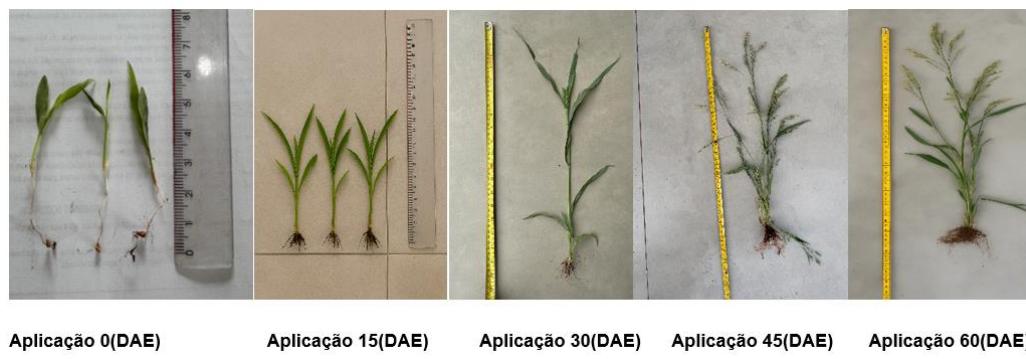
C\_Colmo: Comprimento do colmo; Nº\_Pân.: Número de panículas por planta; N\_G\_P: Número de grãos por panícula; MMG: Massa de mil grãos; R\_Grãos: Rendimento de Grãos; SC: Rendimento de grãos em sacos por hectare.

**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

Os diferentes momentos de aplicação do nitrogênio em cobertura (0, 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência – DAE), bem como o desenvolvimento visual das plantas ao longo do ciclo, estão ilustrados na Figura 6. As imagens evidenciam que, embora

não tenham sido detectadas diferenças estatísticas nos caracteres morfológicos avaliados, as plantas submetidas à aplicação de nitrogênio em períodos intermediários do ciclo apresentaram maior uniformidade visual, enquanto aplicações muito precoces ou tardias resultaram em plantas com menor vigor aparente. Esse comportamento qualitativo reforça os resultados quantitativos observados para o rendimento de grãos.

**Figura 6 - Momento de aplicação de nitrogênio**



Aplicação 0(DAE)      Aplicação 15(DAE)      Aplicação 30(DAE)      Aplicação 45(DAE)      Aplicação 60(DAE)

**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

As médias dos caracteres avaliados na cultivar comum vermelho, em função das épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, encontram-se apresentadas na Tabela 6. Para os caracteres fenológicos e morfológicos, incluindo dias da emergência à floração, dias da emergência à maturação, estatura de plantas, densidade de plantas, comprimento de panícula e comprimento de colmo, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as épocas de aplicação, evidenciando que o momento de fornecimento do nitrogênio não promoveu alterações no desenvolvimento vegetativo e no ciclo da cultura.

Em relação ao rendimento de grãos, observa-se resposta significativa ao momento de aplicação do nitrogênio, com destaque para a aplicação realizada aos 30 dias após a emergência (DAE), que proporcionou o maior rendimento ( $1822,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ), formando grupo estatístico superior (a) e diferindo significativamente das demais épocas avaliadas. As aplicações realizadas aos 0, 15, 45 e 60 DAE apresentaram rendimentos inferiores, variando de  $1259,1$  a  $1486,8 \text{ kg ha}^{-1}$ , compondo o grupo estatístico inferior (b). Em termos relativos, a aplicação aos 30 DAE resultou em incremento aproximado de 45% no rendimento de grãos em relação à aplicação aos 0 DAE, evidenciando elevada sensibilidade da cultivar comum vermelho ao sincronismo entre a oferta de nitrogênio e a fase de maior demanda fisiológica da cultura.

A massa de mil grãos (MMG) também foi influenciada pelo momento de aplicação do nitrogênio, apresentando comportamento distinto em relação ao rendimento de grãos. As aplicações realizadas aos 30 e 45 DAE resultaram nos maiores valores de MMG (0,675 e 0,673 g, respectivamente), formando o grupo estatístico superior (a). A aplicação aos 0 DAE apresentou o menor valor (0,633 g, grupo b), enquanto as aplicações aos 15 e 60 DAE apresentaram valores intermediários (ab). Esse padrão indica que o peso individual dos grãos respondeu de forma gradual ao manejo nitrogenado, sendo favorecido quando o nutriente foi disponibilizado em períodos intermediários do ciclo.

A dissociação parcial entre o comportamento da MMG e do rendimento de grãos sugere que o maior rendimento observado aos 30 DAE não esteve associado exclusivamente ao aumento do peso individual dos grãos, mas à combinação de maior eficiência fisiológica no uso do nitrogênio e melhor aproveitamento dos assimilados produzidos ao longo do ciclo. Embora a MMG tenha apresentado incremento nos períodos intermediários, as diferenças observadas no rendimento de grãos foram mais expressivas, indicando que outros processos fisiológicos integrados, além do enchimento individual dos grãos, contribuíram para o desempenho produtivo da cultivar comum vermelho.

De modo geral, os resultados apresentados na Tabela 6 demonstram que a cultivar comum vermelho apresenta baixa plasticidade fenológica em relação ao manejo nitrogenado, com resposta produtiva concentrada em um intervalo específico do ciclo, especialmente em torno dos 30 dias após a emergência. Aplicações realizadas fora desse período resultaram em reduções significativas no rendimento de grãos, reforçando a importância do ajuste preciso do momento de aplicação do nitrogênio para maximizar o desempenho produtivo dessa cultivar.

**Tabela 6 - Médias dos caracteres avaliados em plantas de painço (cultivar comum vermelho) em função de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Três de Maio/RS 2025.**

| Trat. | D_E_F<br>(Dias) | D_E_M<br>(Dias) | Estatura (cm) | Densidade<br>(Pl. m <sup>-2</sup> ) | C_Pân. (cm) | C_Colmo (cm) |       |   |      |   |      |   |
|-------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|-------------|--------------|-------|---|------|---|------|---|
| 0     | 30,0            | a               | 58,8          | a                                   | 63,9        | a            | 292,6 | a | 18,6 | a | 40,1 | a |
| 15    | 30,3            | a               | 59,3          | a                                   | 63,8        | a            | 280,9 | a | 18,9 | a | 45,4 | a |
| 30    | 30,3            | a               | 59,0          | a                                   | 63,7        | a            | 279,4 | a | 19,4 | a | 44,9 | a |
| 45    | 29,8            | a               | 58,8          | a                                   | 64,1        | a            | 291,2 | a | 19,4 | a | 43,8 | a |
| 60    | 30,0            | a               | 59,0          | a                                   | 64,4        | a            | 298,5 | a | 18,2 | a | 45,7 | a |

| Trat. | Nº_Pân.<br>(un.) | N_G_P (un.) | MMG   | R_Grãos<br>(kg. ha <sup>-1</sup> ) | SC<br>(SC ha <sup>-1</sup> ) |    |        |   |      |   |
|-------|------------------|-------------|-------|------------------------------------|------------------------------|----|--------|---|------|---|
| 0     | 1,5              | a           | 124,8 | a                                  | 0,633                        | b  | 1259,1 | b | 21,0 | b |
| 15    | 1,4              | a           | 160,8 | a                                  | 0,663                        | ab | 1315,9 | b | 21,9 | b |
| 30    | 1,5              | a           | 170,5 | a                                  | 0,675                        | a  | 1822,7 | a | 30,4 | a |
| 45    | 1,5              | a           | 157,2 | a                                  | 0,673                        | a  | 1488,6 | b | 24,8 | b |
| 60    | 1,5              | a           | 159,8 | a                                  | 0,650                        | ab | 1468,2 | b | 24,5 | b |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

D\_E\_F: Dias da emergência a floração; D\_E\_M: Dias da Emergência a Maturação; Estatura: Estatura de plantas; Densidade: Número de plantas por metro quadrado; C\_Pân.: Comprimento de panícula.

C\_Colmo: Comprimento do colmo; Nº\_Pân.: Número de panículas por planta; N\_G\_P: Número de grãos por panícula; MMG: Massa de mil grãos; R\_Grãos: Rendimento de Grãos; SC: Rendimento de grãos em sacos por hectare.

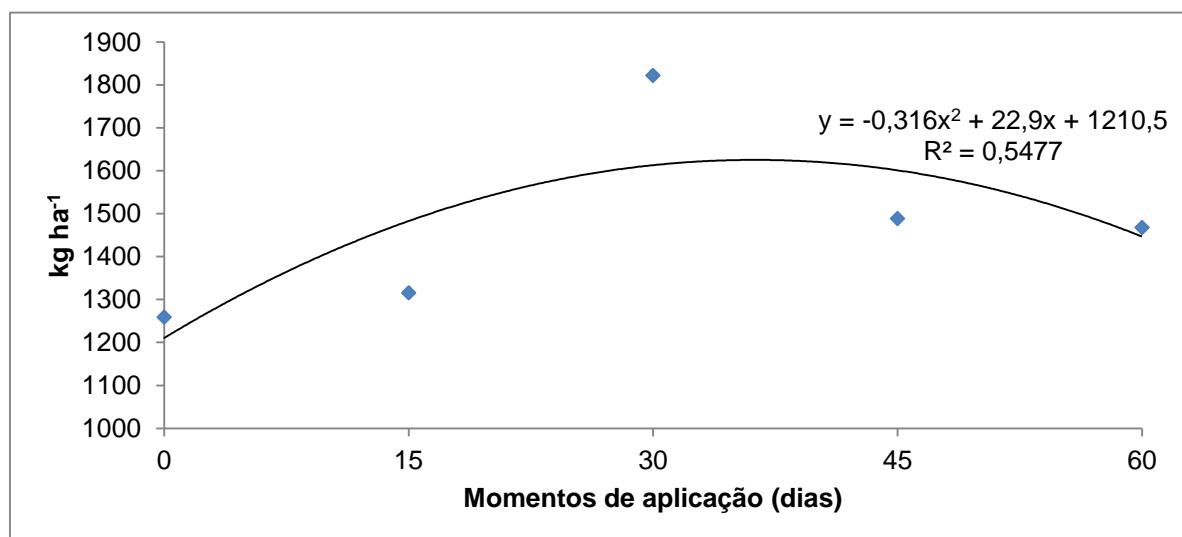
**Fonte: Elaborados pelos autores (2025).**

A resposta do rendimento de grãos da cultivar comum vermelho em função do momento de aplicação do nitrogênio é apresentada na Figura 7, na qual se observa ajuste significativo de regressão polinomial, com equação  $y = -0,316x^2 + 22,9x + 1210,5$  e  $R^2 = 0,5477$ . O modelo indica rendimento máximo estimado quando o nitrogênio é aplicado em torno de 36 dias após a emergência, valor próximo ao tratamento que apresentou maior média no teste de Tukey (30 DAE), demonstrando coerência entre a análise de regressão e o teste de médias.

O comportamento quadrático observado indica que a eficiência do uso do nitrogênio pela cultivar comum vermelho é maximizada quando o nutriente é disponibilizado durante a fase de crescimento vegetativo acelerado e início da transição para o estádio reprodutivo. Aplicações antecipadas podem resultar em menor aproveitamento do nitrogênio devido à limitada capacidade inicial de absorção pelas plantas, enquanto aplicações tardias não coincidem com o período de maior exigência fisiológica da cultura. Resultados semelhantes foram relatados por Soratto *et al.* (2007), que destacam a importância da sincronização entre a oferta de nitrogênio e o crescimento vegetativo do painço para maximizar o rendimento de grãos.

Do ponto de vista fisiológico, o maior rendimento observado com a aplicação do nitrogênio em períodos intermediários do ciclo pode estar associado à intensificação dos processos de expansão foliar, acúmulo de biomassa e definição do número de grãos por panícula, mesmo sem alterações estatisticamente detectáveis nos componentes avaliados. Conforme discutido por Silveira e Ceola (2019), o suprimento adequado de nitrogênio nessa fase favorece a manutenção da atividade fotossintética e a redistribuição de assimilados para os órgãos reprodutivos em gramíneas anuais de ciclo curto.

**Figura 7 - Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) Cultivar comum vermelho**



**Fonte:** Elaborados pelos autores (2025).

Assim, os resultados obtidos para a cultivar comum vermelho indicam que o manejo do nitrogênio em cobertura deve ser concentrado em períodos intermediários do ciclo, especialmente em torno de 30 a 36 dias após a emergência. Quando comparada à cultivar comum amarelo, a cultivar comum vermelho apresenta menor flexibilidade quanto ao momento de aplicação do nitrogênio, comportamento semelhante ao observado para a cultivar comum preto, reforçando a necessidade de ajuste preciso do manejo nutricional para maximizar o rendimento de grãos.

#### 4.4 Avaliação conjunta das variedades de painço

A análise conjunta dos resultados evidencia respostas contrastantes das cultivares comum amarelo, comum preto e comum vermelho ao momento de

aplicação do nitrogênio em cobertura, refletindo diferenças na plasticidade fenológica e na eficiência de uso do nutriente. Embora o rendimento de grãos tenha sido significativamente influenciado pelas épocas de aplicação do nitrogênio nas três cultivares, a magnitude e a natureza dessa resposta variaram de acordo com o material genético avaliado.

A cultivar comum amarelo destacou-se pela maior plasticidade fenológica, apresentando incrementos significativos no rendimento de grãos tanto com aplicações precoces quanto tardias de nitrogênio em cobertura. Esse comportamento indica maior capacidade de adaptação às variações no momento de fornecimento do nutriente, permitindo maior flexibilidade de manejo em sistemas produtivos. Nessa cultivar, as diferenças observadas no rendimento não estiveram associadas a alterações nos componentes de rendimento ou na massa de mil grãos, sugerindo que o efeito do nitrogênio ocorreu predominantemente por meio de ajustes fisiológicos integrados ao longo do ciclo.

Em contraste, as cultivares comum preto e comum vermelho apresentaram menor plasticidade fenológica, com resposta produtiva concentrada em períodos intermediários do ciclo, especialmente em torno de 30 dias após a emergência. Para essas cultivares, aplicações realizadas fora desse intervalo resultaram em reduções expressivas no rendimento de grãos, evidenciando elevada dependência do sincronismo entre a oferta de nitrogênio e a fase de maior demanda fisiológica da cultura. A convergência entre os resultados do teste de médias e os ajustes de regressão observados para essas cultivares reforça a consistência desse padrão de resposta.

No caso específico da cultivar comum vermelho, além do efeito significativo sobre o rendimento de grãos, o momento de aplicação do nitrogênio também influenciou a massa de mil grãos, com maiores valores observados quando o nutriente foi aplicado em períodos intermediários do ciclo. Esse resultado indica que, para essa cultivar, o manejo nitrogenado não apenas afetou o rendimento total, mas também interferiu no processo de enchimento dos grãos, evidenciando maior sensibilidade fisiológica ao suprimento de nitrogênio em comparação às demais cultivares avaliadas.

A cultivar comum preto, por sua vez, apresentou resposta intermediária entre os materiais avaliados, com forte dependência do momento de aplicação do nitrogênio para maximização do rendimento de grãos, mas sem alterações significativas na massa de mil grãos. Esse comportamento sugere que, nessa cultivar, o aumento do rendimento esteve mais relacionado à eficiência global de uso do nitrogênio e à redistribuição de assimilados, do que a alterações no peso individual dos grãos.

De modo geral, os resultados demonstram que o manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do painço deve considerar as especificidades de cada cultivar. Enquanto a cultivar comum amarelo permite maior flexibilidade quanto ao momento de aplicação, as cultivares comum preto e comum vermelho requerem maior precisão no manejo nitrogenado, com aplicações concentradas em períodos intermediários do ciclo para maximizar o rendimento de grãos e, no caso da cultivar comum vermelho, também favorecer o enchimento dos grãos. Essa diferenciação reforça a importância da adoção de estratégias de manejo nutricional ajustadas ao material genético

utilizado, contribuindo para maior eficiência agronômica e melhor aproveitamento do fertilizante nitrogenado.

## 5 CONCLUSÃO

O momento de aplicação do nitrogênio em cobertura influenciou significativamente o rendimento de grãos da cultura do painço, sendo que a magnitude e o padrão dessa resposta variaram em função da cultivar avaliada. De modo geral, as diferenças observadas no rendimento não estiveram associadas a alterações nos caracteres fenológicos ou morfológicos, indicando que o efeito do manejo nitrogenado ocorreu predominantemente por meio de ajustes fisiológicos relacionados à eficiência de uso do nutriente.

A cultivar comum amarelo apresentou maior plasticidade fenológica em relação ao manejo do nitrogênio, respondendo positivamente tanto a aplicações precoces quanto tardias em cobertura. Esse comportamento confere maior flexibilidade de manejo, reduzindo a dependência de um intervalo fenológico restrito para a aplicação do fertilizante nitrogenado.

As cultivares comum preto e comum vermelho, por sua vez, apresentaram menor plasticidade fenológica, com máximos rendimentos de grãos obtidos quando o nitrogênio foi aplicado em períodos intermediários do ciclo, especialmente em torno de 30 dias após a emergência. Nessas cultivares, aplicações realizadas fora desse intervalo resultaram em reduções expressivas no rendimento, evidenciando elevada sensibilidade ao sincronismo entre a oferta de nitrogênio e a fase de maior demanda fisiológica da cultura.

Para a cultivar comum vermelho, além do efeito sobre o rendimento de grãos, o momento de aplicação do nitrogênio também influenciou a massa de mil grãos, indicando que o manejo nitrogenado adequado nesse material genético contribui não apenas para o aumento do rendimento total, mas também para o enchimento dos grãos. Esse resultado reforça a maior sensibilidade fisiológica dessa cultivar ao fornecimento de nitrogênio em períodos específicos do ciclo.

Dessa forma, os resultados demonstram que o manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do painço deve ser ajustado de acordo com a cultivar utilizada. Enquanto a cultivar comum amarelo permite maior flexibilidade quanto ao momento de aplicação, as cultivares comum preto e comum vermelho requerem maior precisão no manejo nitrogenado, com aplicações concentradas em períodos intermediários do ciclo, visando maximizar o rendimento de grãos e, no caso da cultivar comum vermelho, também favorecer o enchimento dos grãos.

## REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). 2016. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul. 376p. ISBN: 978-85-66301-80-9.

FERNANDES, D. M.; OLIVEIRA, L. A. de; CAETANO, A. G. 2018. **Adubação nitrogenada em culturas anuais: uma revisão sobre a eficiência do uso do nitrogênio.** *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 5, n. 3, p. 72-78.

FRONZA, Felipe Pradebon; CAPPELLARI, Leonardo. **Efeito de diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura, sobre as características fenotípicas e de rendimento de grão da cultura do painço.** 2021. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM, Três de Maio, 2021.

GOMASHE, Sunil Shriram. 2017. **Proso Millet, *Panicum miliaceum* (L.): Genetic Improvement and Research Needs.** In: PATIL, Jagannath V. (Edt.). Millets and sorgum: biology and genetic improvement. Chennai: John Wiley & Sons Ltd. pp. 150-166. ISBN: 9781119123057.

SILVEIRA, Talita Antonia da; CEOLA, Gessiane. 2019. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: SAGAH. ISBN: 9788595029262.

SORATTO, Rogério Peres; CARDOSO, Susiane de Moura; SILVA, Ângela Honório da; COSTA, Tiago Aparecido Mingotti da; PEREIRA, Magno; CARVALHO, Laércio Alves de. 2007. **Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do painço (*Panicum miliaceum* L.).** *Ciência e Agrotecnologia*. V. 31. n.6. Lavras: Universidade Federal de Lavras – UFLA. Nov/Dez. pp. 1661-1667.

VENTURA, Francesca; VIGNUDELLI, Marco; POGGI, Giovanni Maria; NEGRI, Lorenzo; DINELLI Giovanni. 2020. **Phenological stages of Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) encoded in BBCH scale.** *International Journal of Biometeorology*. V. 64. n. 7. Ohio: Kent State University. Jul. pp. 1167 – 1181.