



## EFEITOS DE DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO SOBRE OS COMPONENTES E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO<sup>1</sup>

JOÃO PEDRO DE JESUS FERREIRA<sup>2</sup>; JOÃO MIGUEL TAUFER ALVES<sup>3</sup>; EDELAR SANDRI BORBA JUNIOR<sup>4</sup>; THAIS POLLON ZANATTA<sup>5</sup>; LUIS PAULO BALDISSERA SCHORR<sup>6</sup>;

**Resumo:** O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes do mundo, desempenhando papel fundamental na alimentação humana e animal, além de ser amplamente utilizado como matéria-prima na indústria. O presente artigo tem como temática os efeitos de diferentes fontes de nitrogênio sobre os componentes e a produtividade da cultura do milho, destacando a importância socioeconômica do grão no Brasil e a relevância do manejo adequado da adubação nitrogenada para garantir altos rendimentos. O experimento conduzido no campo experimental da empresa Cia da Terra em Palmeira das Missões/RS, avaliou diferentes tratamentos de ureia convencional, protegida e de liberação controlada, analisando variáveis agrônômicas como massa verde, altura de plantas, diâmetro do colmo, número de grãos por espiga e produtividade. Os resultados mostraram que, embora a maioria das variáveis não tenha apresentado diferenças significativas, a ureia convencional parcelada em V3 e V6 proporcionou melhor desempenho em diâmetro do colmo e número de grãos por espiga, evidenciando maior viabilidade técnica e econômica.

**Palavras-chave:** Adubação. Fertilizantes. Ureia protegida. Liberação controlada. Eficiência agrônômica.

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado para a VII Mostra de Iniciação Científica do CESURG. Ano 2025.

<sup>2</sup> Centro de Ensino Superior Riograndense – joaoferreira@cesurg.com

<sup>3</sup> Centro de Ensino Superior Riograndense – joaoalves@cesurg.com

<sup>4</sup> Centro de Ensino Superior Riograndense – edelar.borba@cesurg.com

<sup>5</sup> Centro de Ensino Superior Riograndense – thais.zanatta@cesurg.com

<sup>6</sup> Centro de Ensino Superior Riograndense – luis.schorr@cesurg.com



## 1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo e apresenta grande importância socioeconômica no Brasil, pois está relacionado ao fornecimento de produtos para a alimentação humana, animal e para a indústria (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2011). Segundo o último levantamento da CONAB (2025), devido à grande variabilidade de tecnologia empregada, a média de produtividade nacional da safra 2024/25 esperada uma produção total de 139,7 milhões de toneladas. O potencial produtivo da cultura do milho ainda pode ser incrementado. De acordo com estudos realizados por Assefa et al. (2017), a produtividade do milho tem aumentado mais de  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , entre 1985 á 2015, com grande potencial de aumento para os próximos anos.

A cultura do milho teve constantes evoluções tecnológicas (genética e manejo) ao longo dos anos que resultaram em significativos ganhos de produtividade. Dentre estas evoluções de manejo, a utilização de adubação nitrogenada de forma mais assertiva contribuiu para que houvesse aumentos de produção. Sua importância se dá por ser o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelo milho, e com isso se torna um dos principais fatores responsáveis pela produtividade (COELHO, 2006).

Porém, um dos principais fatores limitantes da produtividade do milho é o fornecimento insuficiente de nitrogênio (N), visto que possui significativa função nos diversos processos bioquímicos da planta, em especial, como constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e da clorofila. O crescimento e o desenvolvimento da planta são afetados pela ausência ou excesso de adubação nitrogenada (FARIA; SILVA, 2004).

As perdas da adubação com N são um fato importante no manejo da adubação, pois apenas uma parte do N mineral aplicado é absorvido pelas plantas, o restante é perdido pelos processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação. Essas perdas incidem no aumento dos custos de produção e contaminação ambiental (ERNANI, 2008).



A partir dessa problemática, novos produtos foram desenvolvidos com tecnologias que reduzem as perdas a partir do uso de inibidores da enzima urease, importantes quando as condições de aplicação são favoráveis à volatilização. Outros produtos permitem a liberação gradual de N nos fertilizantes, por meio do revestimento com polímeros (CANTARELLA, 2007).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos de diferentes fontes de nitrogênio sobre os componentes e produtividade da cultura do milho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no campo experimental da empresa Cia da Terra localizado no município de Palmeira das Missões/RS, coordenadas: 27°52'18"S, 53°18'31"O e altitude de 621 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Subtropical úmido (Cfa), o qual pode ser caracterizado por chuvas bem distribuídas e ausência de estação seca (ALVARES et al., 2013).

O solo da área do experimento é classificado como um Argissolo possuindo 60% de argila. Além disso, apresenta uma boa drenagem. Foi realizada amostragem, interpretação e recomendação da análise de solo conforme o Manual de Adubação e Calagem RS e SC (2016). Houve suplementação hídrica por aspersão, conforme necessidade da planta.

Para a adubação nitrogenada, foi utilizado como fonte: uréia convencional (46-00-00), ureia protegida Super N (46-00-00) e Polyblen (39-00-00). A ureia Super N é um fertilizante desenvolvido à base de ureia, com um aditivo comercial de nome Agrotain, cujo princípio ativo é o NBPT (N-(n-butil) Tiofosfórico Triamida). O NBPT inativa a enzima urease, impedindo que a molécula da uréia seja quebrada, evitando assim, perdas por volatilização (FAGUNDES, 2012).

O Polyblen é um adubo nitrogenado de liberação controlada, sendo a tecnologia de revestimento do grânulo de ureia por enxofre elementar e polímero com 5 a 6 meses de liberação dos nutrientes (ICL, 2021). Segundo a recomendação da empresa, é possível diminuir em 10% a dose do produto comercial em relação à ureia convencional, devido à redução nas perdas de N ao ambiente.



O híbrido utilizado foi o DKB 235 VTPRO3, o qual é recomendado para a região e possui resistência genética a algumas pragas da cultura. A semente foi tratada com tratamento industrial (TSI) com os seguintes produtos: Dermacor ® + Poncho ® + Derosal Plus ® + MaxinXL ®. A adubação utilizada foi com o adubo 10.20.10, igualmente em todas as parcelas, na quantidade de 400 kg por hectare.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 3 blocos. Cada parcela teve uma área de 20 m<sup>2</sup> (2,0 m de largura x 10 m de comprimento). A área total do experimento foi de 240 m<sup>2</sup>. Os 4 tratamentos foram assim, divididos:

- TRATAMENTO 01: aplicação total de 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia convencional em cobertura e a lanço, dividindo a dose em dois momentos, no estágio V3 e em V6, conforme escala fenológica de Magalhães & Durães (2006).
- TRAT 02: aplicação total de 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia Super N em cobertura e a lanço, dividindo a dose em dois momentos no estágio V3 e em V6.
- TRAT 03: a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia convencional, aplicado na base das plantas e incorporado ao solo, no momento da semeadura.
- TRAT 04: aplicação de 360 kg ha<sup>-1</sup> de Polyblen no momento da semeadura incorporado ao solo.

O experimento foi semeado em 26 de setembro de 2024, sendo a semeadura feita por uma semeadora-adubadora, com espaçamento entre linhas de 0,50 cm, regulada para distribuir 3,7 sementes por metro, almejando uma população final de 74 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A profundidade de semeadura foi de 5 cm.

O manejo fitossanitário foi realizado com produtos específicos para o milho, conforme recomendações técnicas para a cultura e as necessidades de controle que surgiram durante o ciclo da cultura.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

- Massa verde de parte aérea (MVPA) (g): Foram coletadas 5 plantas por parcela no estágio V8. A planta foi seccionada em partes, separando colmo e folhas. Após cada parte foi pesada em balança de precisão.
- Massa verde de raiz (MVR) (g): foram coletadas 5 plantas por parcela no estágio V8. Foram seccionadas as raízes, lavadas, secadas e após foi pesada em balança de precisão.



- Número de folhas (NF): foram coletadas 5 plantas por parcela no estádio V8. A planta foi seccionada em partes, separando colmo e folhas. Após, as folhas foram contadas manualmente.

- Altura das plantas (H) (cm): realizado em pré-colheita, em 5 plantas por repetição por tratamento. Com auxílio de uma trena foi realizada a medida da altura das plantas no colmo, mensurando até o ponto de crescimento da cultura do milho.

- Número de nós (NN): realizado em pré-colheita, em 5 plantas por repetição por tratamento. Foi feita a contagem do número de nós no colmo, mensurando até o ponto de crescimento da cultura do milho.

- Diâmetro do colmo (DC) (mm): realizado em R2, em 5 plantas por repetição por tratamento. Foi realizada a mensuração com auxílio de um paquímetro do diâmetro do colmo entre o 5º e 6º nó do colmo.

No momento da colheita, foi realizado a avaliação dos seguintes parâmetros:

- Número de fileiras por espiga (NFE): mensuradas por contagem manual a partir de 5 espigas coletadas aleatoriamente por unidade experimental.

- Número de grãos por fileira por espiga (NGFE): mensuradas por contagem manual a partir de 5 espigas coletadas aleatoriamente por unidade experimental.

- Número total de grãos por espiga (NTG): mensuradas por contagem manual a partir de 5 espigas coletadas aleatoriamente por unidade experimental.

- Produtividade ( $sc\ ha^{-1}$ ): quando os grãos apresentaram umidade próxima a 16%, foram colhidas 3 linhas centrais de plantas da parcela com comprimento de 5 metros, sendo as espigas debulhadas com auxílio de uma colhedora de parcela, os grãos pesados e aferido sua umidade.

Os dados obtidos passaram pela análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05\%$ ), e quando houve significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05\%$ ). O processamento dos dados foi realizado no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020) utilizando os pacotes *metan* (OLIVOTO; LÚCIO, 2016) e *ExpDes.pt* (FERREIRA et al., 2018).

## 4 RESULTADOS

A análise de variância (ANOVA) indicou efeito não significativo dos tratamentos para as variáveis massa verde de parte aérea (MVPA) ( $Pr > F_c = 0,129$ ), massa verde



de raiz (MVR) ( $Pr > Fc = 0,110$ ), número de folhas (NF) ( $Pr > Fc = 0,252$ ), nós por planta (NN) ( $Pr > Fc = 0,264$ ), altura das plantas (H) ( $Pr > Fc = 0,375$ ), número de fileiras por espiga (NFE) ( $Pr > Fc = 0,487$ ), número de grãos por fileira por espiga (NGFE) ( $Pr > Fc = 0,025$ ) e produtividade (PROD) ( $Pr > Fc = 0,411$ ). Para essas, as variáveis foram observadas baixa variação, sendo o CV 13,52; 22,52; 5,37; 2,31; 27,38; 4,89; 2,97 e 7,42%, respectivamente para MVPA, MVR, NF, NN, H, NFE, NGFE e PROD. A Figura 1 e 2 apresentam os resultados observados.

Para a variável MVPA (Figura 1A), mesmo não apresentando diferença estatística significativa, assim como no trabalho de Rodrigues et al. (2018), nota-se que houve um incremento de 15% na produção de massa verde no em relação ao TRAT01, que comumente é a mais utilizada pelos produtores rurais.

A maior média de MVPA no TRAT02 indica maior fornecimento de nitrogênio e em doses adequadas, comparado ao TRAT01 que apesar da aplicação ser na mesma dose e época, não possui a proteção a enzima urease. Silva et al. (2011) em estudos com diferentes tecnologias de ureias polimerizadas, observaram que doses de nitrogênio polimerizados equivalentes a 75% da dose recomendada promoveram maiores incrementos para a massa verde e massa seca da parte aérea e da raiz.

O tratamento TRAT03 obteve média similar ao TRAT 01, indicando que a dose aplicada em V3 foi suficiente para o desenvolvimento da parte aérea no estágio V8, e que a aplicação feita ao total na pré - semeadura não acrescentou em maior desenvolvimento da planta.

A menor média resultante do TRAT04 remete que o fornecimento de N não foi suficiente para suprir a necessidade potencial da planta nesse estágio de crescimento, haja vistas que, o desenvolvimento foi inferior dos demais tratamentos nitrogenados. Possivelmente não houve liberação adequada e em quantidade necessária. Esses resultados confirmam os estudos de Morais et al. (2012), o qual faz referência que o nitrogênio tem influência no crescimento e desenvolvimento inicial da cultura do milho e, por seqüência, na produção de massa verde, massa seca, diâmetro de colmo e altura de planta.

O comportamento da variável MVR foi semelhante ao da MVPA. Os tratamentos não apresentaram diferença estatística, porém o TRAT02 foi superior aos demais, seguido pelos TRAT01, TRAT03 e TRAT04. Nota-se que a aplicação com super N promove maior desenvolvimento das plantas, inclusive sistema radicular, ao



proporcionar maior disponibilidade de nutrientes, pela proteção extra que evita perdas de N ao ambiente. Segundo Cantarella e Marcelino (2007), a eficiência da adubação nitrogenada pode ser ampliada mediante o uso de fertilizantes de liberação lenta, com significativa redução de perdas de nitrogênio devido à lixiviação, imobilização e volatilização.

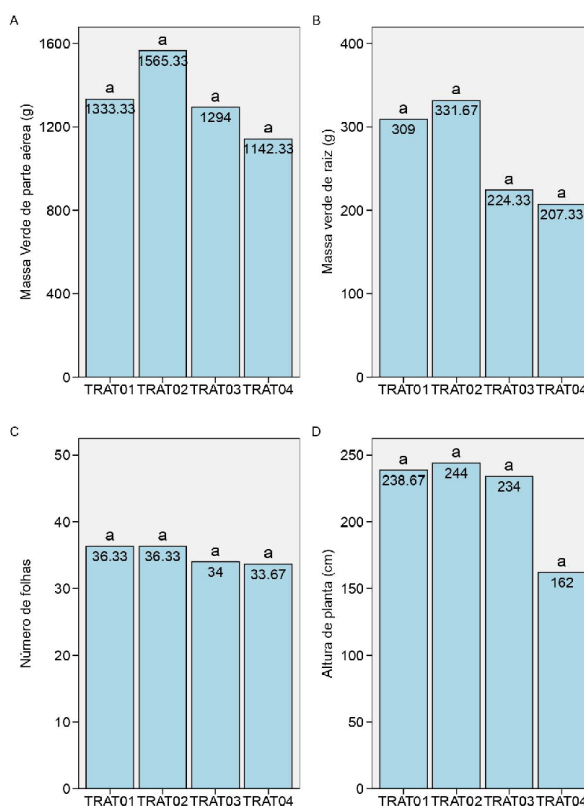
Porém, os TRAT03 e 04 explicitaram as menores média de produção de raiz, refletindo que todo o fornecimento de N no momento da semeadura fizesse com que a planta não desenvolvesse o sistema radicular na busca de nutrientes, permanecendo restrito ao local de concentração da adubação. Isso pode ser constatado nos resultados que Oliveira (2013) encontrou ao testar diferentes formas de ureia na fase inicial no milho, o qual verificou decréscimo na massa de raízes de acordo com o aumento da dose de N entre 60 e 240 kg ha<sup>-1</sup>.

A avaliação de NF (número de folhas) (Figura 1C) foi estatisticamente semelhante em todos os tratamentos, com leve incremento na média de 2 folhas para os TRAT01 e TRAT02 em relação aos TRAT03 e TRAT04. Como o Nitrogênio é um elemento muito móvel que é drenado das folhas mais velhas para as mais novas em caso de restrição nutricional, esse resultado pode inferir que os dois últimos tratamentos perderam folhas devido a menor suprimento de N no crescimento das plantas.

A variável altura de plantas (H) Figura 1D que apesar de os tratamentos não diferem estatisticamente, o TRAT04 apresenta 82 cm menos que a altura das plantas do TRAT02. Esse resultado pode inferir que a liberação gradual do N foi reduzida na fase de alongação do caule, atrasando a liberação do N em relação à época demanda para a cultura do milho atingir a altura esperada. Esse fornecimento pode ser resultado da baixa umidade no solo que não permitiu a degradação do polímero de proteção resultando em baixa disponibilidade do nutriente à cultura.

Os resultados de pesquisa, por outro lado, demonstram que não há diferença de altura de plantas, como por exemplo, os estudos de Netto et al. (2012) e Viapiana (2014) que não constaram nenhuma diferença significativa na altura de plantas de milho na comparação entre as diferentes fontes de N utilizadas.

Figura 1 - Efeito de diferentes fontes de nitrogênio sobre massa verde de parte aérea (A), massa verde de raiz (B), número de folhas (C) e altura das plantas (D) na cultura do milho.



A avaliação de número de nós por planta (Figura 2A) não demonstrou diferença entre os tratamentos, sendo que essa característica não foi afetada pelos tratamentos nitrogenados, ficando na média dos tratamentos em 15,7 nós por planta.

O número de fileiras de grãos por espiga (Figura 2B) também não foi influenciado pelos tratamentos testados, ficando com 16,3 fileiras por espiga na média dos tratamentos. Esse componente do rendimento é definido no estágio V8 (definição do número de fileiras), de acordo com a escala fenológica de Ritchie et al. (1993). Possivelmente, nesse período a disponibilidade de N não chegou a interferir nesse componente de rendimento.

O número de grãos por fileiras por espiga (Figura 2C) também não foi influenciado pelos tratamentos testados, não apresentando diferença significativa. Há uma ligeira superioridade nos valores médios resultando na média de 35,9 grãos por fileira nos tratamentos TRAT01 e TRAT03. Salienta-se que ambos os tratamentos

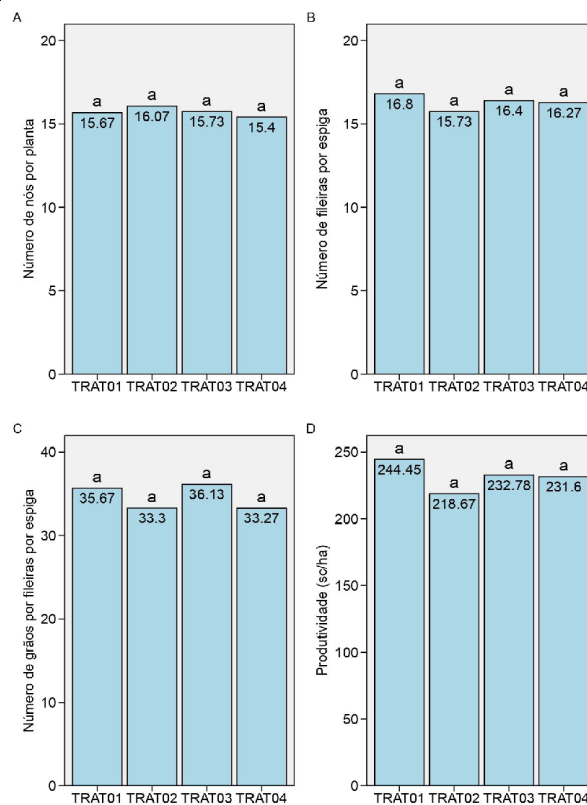


utilizaram ureia convencional, seja ela totalmente aplicado na base ou dividida em duas aplicações. Nos tratamentos com nitrogênio protegido a média foi de 33,28 grãos por fileira. Isso pode evidenciar que o N foi disponibilizado para as plantas em maior quantidade, comparado aos demais tratamentos com liberação controlada. Tal fato teve tendência semelhante na avaliação de produtividade.

Não houve diferenças estatísticas significativas no rendimento de grãos (Figura 2D), assim como nos resultados verificados por Viapiana (2014). Porém, a diferença entre o TRAT01 resultou em acréscimo de produtividade de 25,78 sc ha<sup>-1</sup>, quando comparado ao TRAT02, que foi o tratamento com menor rendimento (Figura 2D). Possivelmente, no caso deste cultivo, os tratamentos que continham adubação nitrogenada de liberação lenta resultaram em tendência de menor produtividade. Pode-se inferir que as melhores condições hídricas com a irrigação forneceram a liberação do N do TRAT01, o qual ficou prontamente disponível para a cultura do milho no seu sistema radicular, resultando em maior produtividade.

Os resultados não concordam com os encontrados por Mendonça et al. (2004), os quais verificaram melhores resultados em produtividade utilizando fontes de nitrogênio protegido. Mendonça et al. (2004), mencionam que a maior eficiência de fertilizantes revestidos por polímeros, em relação aos adubos solúveis, é decorrente das menores perdas de nutriente por lixiviação. Porém, o custo de entrada para aplicação nitrogenada em pós cobertura deve ser analisada, pois não houve diferença estatística de produtividade. A redução do custo operacional de aplicação e a diminuição do amassamento de plantas podem agregar na redução dos custos totais de produção e aumentar a rentabilidade da lavoura.

Figura 2 - Efeito de diferentes fontes de nitrogênio sobre o número de nós por planta (A), número de fileiras por espiga (B), número de grãos por fileira por espiga (C) e produtividade (D) na cultura do milho.



A análise da variância indicou efeito significativo dos tratamentos a 5% de significância para as variáveis: diâmetro do colmo (DC) ( $Pr > F_c = 0,013$ ) e número total de grãos por espiga (NTG) ( $Pr > F_c = 0,005$ ). Para essas as variáveis foi observada baixa variação sendo o CV 5,17 e 3,34% para diâmetro do colmo e número total de grãos por espiga, respectivamente. A Figura 3 e 4 apresentam os resultados observados.

Para a variável diâmetro do colmo (Figura 3), o melhor tratamento foi o TRAT01, obtendo a maior média (21,4 mm). Para as condições do experimento, o tratamento que obteve a menor média foi o TRAT04, com 17,33 mm. Este fato pode estar atribuído a oferta de N nesse período ser menor que os demais tratamentos devido a liberação lenta do Polyblen, para a planta no seu período de maior necessidade.

Percebe-se que os tratamentos sem proteção do grânulo forneceram maior dose de nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento, e assim resultaram em diâmetro maior do caule. Por outro lado, Netto et al. (2012), observaram que a característica de diâmetro do caule foi significativamente maior na presença de Polyblen quando



comparados com a adubação em cobertura com ureia. Os resultados demonstram essa diferença com a utilização da mesma dose de N, em ambas as fontes aplicadas, a qual não foi utilizada neste estudo.

A utilização de ureia convencional, nas condições do experimento, tornou o tratamento mais vantajoso, pois ao analisar os custos das fontes nitrogenadas e da receita da produção de milho se torna a opção mais viável ao produtor. A utilização de diferentes fontes nitrogenadas pode gerar respostas variáveis, devido a dinâmica do N no sistema solo-planta ser influenciada, principalmente pelo manejo, sistema de cultivo, fonte do nutriente e pelas condições edafoclimáticas (SANTOS et al., 2010). Desta forma, vale destacar a importância de realização de experimentos com nutrientes, particularmente o nitrogênio, durante várias safras, para conseguir avaliar todos esses fatores envolvidos na dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novos produtos traz mudanças no manejo e que permitem novas formas de utilização. Os estudos servem para complementar o posicionamento e refinar o uso em cada condição e local. A utilização de ureia convencional, posicionada em duas fases vegetativas, apesar de não haver diferença estatística, proporcionou tendência no aumento da produtividade, sendo o melhor tratamento para as condições deste experimento.

Ressaltando que ambas as fontes de N garantem produtividade, seja ela de liberação rápida ou gradual, porém nenhuma tem redução de rendimento.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.



"Resiliência Científica – Desafios e Oportunidades"



CANTARELLA, Heitor. NITROGÊNIO. In: NOVAIS, Roberto Ferreira de, et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.375-470. 2007.

COELHO, Antônio Marcos. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: SBCS-NRS, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 9, safra 2024/25, n. 12, décimo segundo levantamento, julho. 2025

DE OLIVEIRA Junior, DEUSDEDITH Antônio et al. Caracterização fenológica das plantas apícolas herbáceas e arbustivas da microrregião de Catolé do Rocha, PB, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 16, 2008.

DUARTE, Jason de Oliveira; MATTOSO, Marcos Joaquim; GARCIA, João Carlos. **Árvore do conhecimento – Milho: Importância socioeconômica**. Ageitec: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_8\\_168200511157.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html)>. Acesso em 14 out. 2025.

ERNANI, Paulo Roberto. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: 230 p., 2008. 31

FAGUNDES, Alysson Vilela. Doses e parcelamentos de ureia com inibidor de urease na adubação do cafeeiro. **Revista Coffea** – Número 38 - Fundação Procafé, p. 408-409. 2012.



"Resiliência Científica – Desafios e Oportunidades"



FARIA, Clementino Marcos Batista de.; SILVA, Davi José. **Cultivo da videira: Nutrição, calagem e adubação**. Embrapa Semi-Árido, 2004.

ICL. Polyblen. Disponível em:  
<<https://iclamericadosul.com/produtos/agro/vegetal/polyblen/>>. Acesso em 24 set 2025.

OLIVOTO, Tiago; LÚCIO, Alessandro Dal'Col. metan: An R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 783-789, 2020.