

# Evidências de limitação por nitrogênio em soja de alta produtividade

REV A – AGOSTO DE 2026

## Objetivo

Reunir as evidências experimentais mais diretas de que, em ambientes de altíssima produtividade, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e o nitrogênio do solo podem não atender plenamente à demanda de N da soja e mostrar como o ClorofiLOG, pela metodologia de zonas de referência, permite detectar esse sinal a campo, antes de qualquer decisão de manejo.

O que os experimentos de campo mostram — e **por que monitorar com o ClorofiLOG**

## A evidência-chave

O grupo da Universidade de Nebraska (Cafaro La Menza, Grassini e colaboradores) desenhou o teste mais direto disponível para a questão. Em cada



ambiente, compararam lado a lado dois tratamentos: um "zero-N", em que a soja dependeu apenas da FBN e do N do solo, e um "full-N", com suprimento amplo de N durante todo o ciclo. Logo, se a soja com N extra produz mais, há limitação.

O resultado foi consistente e quantificado. Em 13 ambientes irrigados de

Argentina e EUA, o full-N rendeu, em média, **11% a mais** que o zero-N e, decisivamente, essa diferença **aumentava conforme o potencial produtivo do ambiente**, sendo nula nos ambientes de baixo potencial e máxima nos de elite [1].

O estudo seguinte detalhou o mecanismo: a FBN, sozinha, não foi suficiente para atender à demanda desde o início do ciclo até o começo do enchimento de grãos; o nitrogênio extra se converteu em maior número e massa de grãos. O próprio título da publicação resume a tese: *"a fixação não exclui a limitação por N na soja"* [3].

### Os números mais diretos

(La Menza et al. 2019) [2]

- +12% de produtividade (+0,6 Mg ha<sup>-1</sup>)
- +18% de N acumulado (+70 kg N ha<sup>-1</sup>)
- +14% de biomassa (+1,6 Mg ha<sup>-1</sup>)
- +3% de proteína

Tudo isso sem alteração do índice de colheita: o **ganho** veio de **mais N absorvido**, não de melhor partição — exatamente a assinatura de uma limitação por N.

O estudo seguinte detalhou o mecanismo: a FBN, sozinha, não foi suficiente para atender à demanda desde o início do ciclo até o começo do enchimento

de grãos; o nitrogênio extra se converteu em maior número e massa de grãos. O próprio título da publicação resume a tese: *"a fixação não exclui a limitação por N na soja"* [3].



## Síntese dos dados

Principais resultados quantitativos que sustentam a existência de um déficit de N no topo da produtividade:

| Estudo                        | Ambiente                                | Produtividade               | Dado direto da limitação por N                                                                                                                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cafaro La Menza et al. (2017) | 13 ambientes irrigados, Argentina + EUA | 2,5–6,5 Mg ha <sup>-1</sup> | Full-N rendeu +11% que o zero-N; a diferença cresce com o potencial produtivo.                                                                                   |
| Cafaro La Menza et al. (2019) | Ambientes de alto rendimento, irrigados | 4,0–6,7 Mg ha <sup>-1</sup> | +12% produtividade (+0,6 Mg ha <sup>-1</sup> ); +18% N acumulado (+70 kg N ha <sup>-1</sup> ); +14% biomassa (+1,6 Mg ha <sup>-1</sup> ); +3% proteína.          |
| Cafaro La Menza et al. (2020) | Mesma base + análise fisiológica        | até 6,7 Mg ha <sup>-1</sup> | FBN insuficiente início do ciclo ao começo do enchimento; ganho via maior nº e massa de grãos. "Fixação não exclui a limitação de N".                            |
| Salvagiotti et al. (2008)     | Revisão de 637 conjuntos de dados       | —                           | Resposta ao N mais provável acima de 4,5 Mg ha <sup>-1</sup> ; balanço parcial de N negativo em 80% dos casos (–40 kg N ha <sup>-1</sup> minerados do solo).TTTT |

## O fator decisivo: o N nativo do solo

Um ponto é essencial para usar bem essa evidência: a intensidade da limitação **depende do suprimento nativo de N do solo** [1, 2]. Quanto mais pobre o solo em N nativo, maior a resposta ao N; quanto mais rico, menor. Não é, portanto, uma resposta universal e fixa — **é específica de cada talhão, solo e ano**.

É justamente essa variabilidade que torna a medição indispensável: o déficit existe em alguns cenários e não em outros, e só a leitura a campo distingue um do outro.

## Por que a FBN nem sempre fecha a conta

A demanda de N da soja de alta produtividade é enorme: cerca de 423 kg N ha<sup>-1</sup> de absorção para 5,5 Mg ha<sup>-1</sup>, e 480–640 kg N ha<sup>-1</sup> para 6–8 Mg ha<sup>-1</sup> [1, 4]. A grande revisão de Salvagioti et al. (2008) já mostrava o limite do sistema: na maioria das situações, o N fixado não bastou para repor o N exportado nos grãos — o balanço parcial foi negativo em 80% dos casos analisados, com mineração média de 40 kg N ha<sup>-1</sup> do solo, e a resposta ao N era mais provável acima de 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> [4]. Em produtividades de elite, a margem entre o que a FBN entrega e o que a planta precisa é estreita e pode zerar.



## Implicação prática

Se a limitação é real, mas varia de talhão para talhão, a pergunta operacional deixa de ser **quanto N aplicar** e passa a ser: **esta lavoura está no cenário responsivo?** O ClorofiLOG responde a isso pela metodologia de

zonas de referência já consolidada pela Falker [5]:

- Instale uma zona de referência com N amplo ao lado do manejo padrão, em solo/relevo equivalente.
- Meça o ICF na lavoura e na referência no período crítico (R1–R5), com repetições e folha padronizada.
- Calcule o Índice de Suficiência: IS (%) = (ICF lavoura ÷ ICF referência) × 100. Quedas consistentes sinalizam o déficit que os experimentos descreveram.
- Confirme com a faixa-resposta: se a zona com N também produzir mais ao final, há evidência de resposta econômica naquele talhão.

Assim, a decisão sai do **achismo** e passa a se apoiar em um indício objetivo, coerente com a melhor evidência científica disponível.

## Escopo e limites desta evidência

Para uso responsável, vale registrar o alcance dos dados acima:

**Origem temperada e irrigada:** A evidência mais forte vem de ambientes irrigados de Argentina e EUA. Em condições tropicais bem noduladas, há estudos — inclusive em soja irrigada brasileira de alta produtividade — em que a FBN supriu mais de 97% do N e não houve resposta ao fertilizante.

**Tema em debate:** A limitação por N em alta produtividade é uma hipótese sustentada por dados sólidos, mas ainda em discussão na comunidade científica — não um consenso fechado.

**N mineral suprime a FBN:** Aplicações inadequadas reduzem a fixação; por isso a medição visa confirmar o déficit, evitando "corrigir" um falso problema.

## Considerações finais

Existem dados experimentais diretos de limitação por N em soja de alta produtividade, com ganhos de até ~12% de rendimento sob N amplo em ambientes de elite e baixo N nativo. Como o efeito é específico de cada talhão, o valor do clorofiLOG está em **identificar objetivamente onde esse déficit ocorre**, transformando uma controvérsia agrônômica em uma decisão baseada em medição.

## Referências

- [1] Cafaro La Menza, N.; Monzon, J.P.; Specht, J.E.; Grassini, P. (2017). Is soybean yield limited by nitrogen supply? **Field Crops Research**, 213, 204–212.
- [2] Cafaro La Menza, N. et al. (2019). Nitrogen limitation in high-yield soybean: seed yield, N accumulation, and N-use efficiency. **Field Crops Research**, 237, 74–81.
- [3] Cafaro La Menza, N. et al. (2020). Insufficient nitrogen supply from symbiotic fixation reduces seasonal crop growth and N mobilization to seed in highly productive soybean crops. **Plant, Cell & Environment**, 43(8), 1958–1972.
- [4] Salvagiotti, F. et al. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, 108(1), 1–13.
- [5] Falker. **Nota de Aplicação NAP\_CFL1030\_001** — Uso do clorofíLOG como ferramenta para recomendação de adubação nitrogenada.
- [6] Zambon L. M., Umburanas R. C., Schwerz F., Sousa J.B., Barbosa E. S. T., Inoue LP, Dourado-Neto D and Reichardt K. (2023). Nitrogen balance and gap of a high yield tropical soybean crop under irrigation. **Frontiers in Plant Science**, 14:1233772.



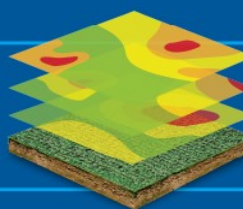
Pioneira no mercado  
**agtech** brasileiro

Presente em + de 100 instituições de  
pesquisa com + de 3000 trabalhos  
acadêmicos publicados



+ de 5 mil clientes  
ao redor do mundo

**Tecnologia própria** do  
desenvolvimento à fabricação



Saiba mais em

[WWW.FALKER.COM.BR](http://WWW.FALKER.COM.BR)



# FALKER

Decisões baseadas em dados,  
lavouras mais produtivas.