

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
29/07/2027

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until
July 29, 2027

BRUNO MOÇO TESSAROLLI

**EFEITO PERSISTENTE DA CALAGEM E GESSAGEM EM PLANTIO DIRETO:
INTERAÇÃO ENTRE A FERTILIDADE DO SOLO E A EFETIVIDADE DA
INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO FEIJOEIRO-COMUM**

Botucatu

2026

BRUNO MOÇO TESSAROLLI

**EFEITO PERSISTENTE DA CALAGEM E GESSAGEM EM PLANTIO DIRETO:
INTERAÇÃO ENTRE A FERTILIDADE DO SOLO E A EFETIVIDADE DA
INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol
Coorientador: Dr. Rogério Peres Soratto

Botucatu

2026

T338e

Tessarolli, Bruno Moço

Efeito persistente da calagem e gessagem em plantio direto: Interação entre a fertilidade do solo e a efetividade da inoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro-comum / Bruno Moço Tessarolli. -- Botucatu, 2026

114 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu

Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol

Coorientador: Rogério Peres Soratto

1. Feijão comum. 2. Fertilidade do solo. 3. Inoculação. 4. Fixação biológica do nitrogênio. 5. Sistema Plantio Direto. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

O impacto potencial da pesquisa está em demonstrar que a eficiência da inoculação do feijoeiro-comum com *Rhizobium tropici* depende diretamente das condições químicas e funcionais do solo, e não apenas da estirpe inoculada. Ao avaliar um experimento de 24 anos em Sistema Plantio Direto, o estudo mostra que a aplicação superficial de calcário, especialmente associada ao gesso, pode criar um ambiente mais favorável à nodulação, à atividade de bactérias diazotróficas, à fixação biológica de nitrogênio e ao desempenho fisiológico e produtivo da cultura.

Assim, a pesquisa preenche uma lacuna importante sobre a baixa estabilidade das respostas à inoculação em feijoeiro-comum, indicando que o sucesso da tecnologia depende da construção prévia de gradientes químicos adequados no solo. Com isso, os resultados podem orientar manejos mais integrados e sustentáveis em solos tropicais, com maior previsibilidade da inoculação e aumento da produtividade.

Potential Impact of this research

The potential impact of this research lies in demonstrating that the efficiency of common bean inoculation with *Rhizobium tropici* depends directly on the chemical and functional conditions of the soil, rather than solely on the inoculated strain. By evaluating a 24-year long-term experiment under a no-tillage system, the study shows that surface liming, especially when combined with gypsum, can create a more favorable environment for nodulation, diazotrophic bacterial activity, biological nitrogen fixation, and the physiological and productive performance of the crop.

Thus, this research addresses an important gap related to the low stability of inoculation responses in common bean, indicating that the success of this technology depends on the previous establishment of adequate soil chemical gradients. Therefore, the results may support more integrated and sustainable management strategies for tropical soils, with greater predictability of inoculation responses, increased grain yield, and a potential reduction in dependence on mineral nitrogen fertilizers.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO PERSISTENTE DA CALAGEM E GESSAGEM EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO: INTERAÇÃO ENTRE A FERTILIDADE DO SOLO E A EFETIVIDADE DA INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO FEIJOEIRO

AUTOR: BRUNO MOÇO TESSAROLLI

ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

COORDENADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

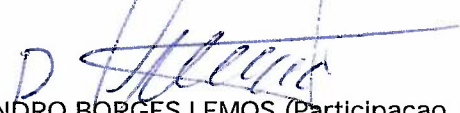
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Agricultura), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



Prof. Dr. FERNANDO DINI ANDREOTTI (Participação Virtual)
Ciência do Solo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz



Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Jaboticabal - FCAV

Botucatu, 29 de julho de 2026.

A Deus, aos meus pais
Daniela e Nelson, à
minha irmã Livia e à
minha companheira de vida
Gabrielle,

dedico esta dissertação

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e discernimento concedidos ao longo de toda esta jornada acadêmica, permitindo-me superar os momentos de maior dificuldade.

À minha família, base de tudo. Aos meus pais, Daniela Maria Moço Tessarolli e Nelson João Tessarolli, e minha irmã Lívia Moço Tessarolli, pelo amor incondicional, pelo incentivo constante aos meus estudos e por compreenderem as minhas ausências.

À minha companheira de vida Gabrielle Alves Comitre Tessarolli, pelo apoio emocional, pela motivação diária, pela paciência infinita, pelo amor e cuidado e por celebrar cada pequena vitória ao meu lado, me trazendo a saúde mental para enfrentar as barreiras diárias.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pelo apoio, pela confiança no trabalho, generosidade, rigor científico e pela condução. Agradeço às conversas semanais, à presença e às críticas construtivas, acreditando no meu potencial, fundamentais para o meu amadurecimento pessoal e profissional.

Ao Dr. João William Bossolani, minha sincera admiração e gratidão, pela referência como profissional e pessoa, compartilhando bagagem acadêmica, conversas desafiadoras, ensinamentos e rigor com tanta disposição e disponibilidade.

Ao coorientador, Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pelas valiosas contribuições teóricas e pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas, pela estrutura e formação através dos ensinamentos compartilhados e pela sólida base acadêmica proporcionada durante as disciplinas.

Aos colegas do programa de Pós-Graduação, amigos e colaboradores da Field Science-Pesquisa Agronômica, pelas longas discussões, pelo auxílio na coleta de dados e, acima de tudo, pela parceria e companheirismo diários.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Processo nº 2024/15134-7.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Por fim, a todos que, de forma direta ou indireta, colaboraram para que esta dissertação se tornasse realidade, manifesto a minha mais sincera gratidão.

“Tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

RESUMO

A presente dissertação de mestrado compõe um experimento de longa duração, instalado no ano de 2002, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, em Botucatu-SP. O experimento, em área conduzida há 24 anos em Sistema Plantio Direto (SPD), teve como objetivo compreender como a aplicação superficial de calcário e gesso em longo prazo interage com a inoculação de sementes com *Rhizobium tropici*, modulando os gradientes químicos do solo, o estado nutricional, o metabolismo fotossintético e antioxidante, a nodulação, a atividade microbiana associada à fixação biológica de nitrogênio (FBN), a dinâmica de formas de nitrogênio, a abundância natural de ^{15}N e a produtividade do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*). Foram realizados estudos em condições de campo durante as safras 2024/25 e 2025/26, além de experimento complementar em casa de vegetação. Foram avaliados os seguintes tratamentos: ausência de aplicação de calcário e/ou gesso; e aplicação de gesso (G); calcário (C); e calcário+gesso (C+G), combinados com a inoculação ou não de *R. tropici*. Os resultados demonstraram que a aplicação superficial de C e C+G proporcionaram melhorias químicas no solo ao longo dos 24 anos de condução, inicialmente refletindo em melhor estado nutricional das plantas e maior síntese de clorofilas e carotenoides. Nas avaliações fisiológicas, os tratamentos com C e C+G apresentaram maior assimilação de CO_2 , condutância estomática, transpiração e eficiência no uso da água. Além disso, observaram-se melhorias nas trocas gasosas em plantas inoculadas. A atividade da RuBisCO e a concentração de ureídeos totais seguiram a mesma tendência, com destaque para o aumento da concentração de ureídeos em plantas inoculadas. Adicionalmente, o estresse oxidativo foi reduzido nos tratamentos com C e C+G. A nodulação do feijoeiro-comum apresentou resposta positiva à inoculação, principalmente nos tratamentos C e C+G, que proporcionaram maior número e massa seca de nódulos. As análises microbiológicas por qPCR indicaram aumento da abundância dos genes 16S rRNA e *nifH*, sobretudo quando a inoculação foi associada aos tratamentos com correção da acidez do solo, demonstrando maior presença de bactérias totais e diazotróficas em condições químicas mais favoráveis. Em casa de vegetação, as formas minerais de nitrogênio no solo foram influenciadas pelos tratamentos e pela inoculação, alterando a dinâmica de N-NH_4^+ e $\text{N-(NO}_3^- + \text{NO}_2^-)$, enquanto a avaliação por abundância natural de ^{15}N indicou maior contribuição

relativa da FBN nos tratamentos com C e C+G. Assim, justificam-se as maiores produtividades de grãos em campo nos tratamentos C e C+G, e incrementos de produtividade proporcionados pela inoculação desses tratamentos. Dessa forma, a construção de gradientes químicos favoráveis no solo, promovida pela aplicação superficial de calcário, especialmente em associação com o gesso, potencializou as respostas nutricionais, fisiológicas, microbiológicas e produtivas do feijoeiro-comum. Além disso, proporcionou condições mais adequadas à nodulação, à FBN e à resposta da cultura à inoculação com *R. tropici* em SPD de longa duração.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; gradientes químicos; *Rhizobium tropici*; fixação biológica de nitrogênio; sistema conservacionista; solos tropicais.

ABSTRACT

This master's dissertation is part of a long-term experiment established in 2002 at the Lageado Experimental Farm, belonging to the School of Agricultural Sciences of São Paulo State University (UNESP), in Botucatu-SP, Brazil. The experiment, conducted for 24 years under a no-tillage system (NTS), aimed to understand how long-term surface application of lime and gypsum interacts with seed inoculation with *Rhizobium tropici*, modulating soil chemical gradients, plant nutritional status, photosynthetic and antioxidant metabolism, nodulation, microbial activity associated with biological nitrogen fixation (BNF), nitrogen form dynamics, natural abundance of ^{15}N , and common bean (*Phaseolus vulgaris*) yield. Field studies were conducted during the 2024/25 and 2025/26 cropping seasons, in addition to a complementary greenhouse experiment. The following treatments were evaluated: absence of lime and/or gypsum application; and application of gypsum (G); lime (L); and lime+gypsum (L+G), combined with or without *R. tropici* inoculation. The results demonstrated that the surface application of L and L+G promoted chemical improvements in the soil over the 24 years of experimentation, initially reflected in improved plant nutritional status and greater synthesis of chlorophylls and carotenoids. In the physiological evaluations, the L and L+G treatments showed higher CO_2 assimilation, stomatal conductance, transpiration, and water-use efficiency; additionally, improvements in gas exchange were observed in inoculated plants. RuBisCO activity and total ureide concentration followed the same trend, with emphasis on the increase in ureide concentration in inoculated plants. Oxidative stress was reduced in the L and L+G treatments and was associated with greater activity of antioxidant enzymes. Common bean nodulation showed a positive response to inoculation, mainly in the L and L+G treatments, which resulted in a higher number and dry weight of nodules. Microbiological analyses by qPCR indicated an increase in the abundance of the 16S rRNA and *nifH* genes, especially when inoculation was associated with treatments involving soil acidity correction, demonstrating a greater presence of total bacteria and diazotrophic bacteria under more favorable chemical conditions. In the greenhouse, soil mineral nitrogen forms were influenced by treatments and inoculation, altering the dynamics of N-NH_4^+ and $\text{N-(NO}_3^- + \text{NO}_2^-)$, whereas the natural abundance of ^{15}N indicated a greater relative contribution of BNF in the L and L+G treatments. Thus, the higher grain yields observed in the field under the L and L+G treatments, as well as the yield increases

promoted by inoculation in these treatments, are justified. Therefore, the establishment of favorable soil chemical gradients through the surface application of lime and its association with gypsum in a long-term NTS enhances the nutritional, physiological, microbiological, and productive responses of common bean, while creating more suitable conditions for the expression of inoculation with *R. tropici* and for BNF in tropical soils.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; chemical gradients; *Rhizobium tropici*; biological nitrogen fixation; conservationist system; tropical soils.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados climatológicos	39
Figura 2 – Teor de pigmentos fotossintéticos na cultura do feijoeiro-comum.....	58
Figura 3 – Trocas gasosas da cultura do feijoeiro-comum ano agrícola 2024/25	60
Figura 4 – Trocas gasosas da cultura do feijoeiro-comum ano agrícola 2025/26	62
Figura 5 – Trocas gasosas da cultura do feijoeiro-comum em casa de vegetação ...	64
Figura 6 – Atividade da RuBisCO e concentração de Ureídeos totais	66
Figura 7 – Estresse oxidativo e sistema antioxidante do feijoeiro-comum ano agrícola 2024/25	68
Figura 8 – Estresse oxidativo e sistema antioxidante do feijoeiro-comum ano agrícola 2025/26	70
Figura 9 – Estresse oxidativo e sistema antioxidante do feijoeiro-comum conduzido em casa de vegetação	72
Figura 10 – Nodulação da cultura do feijoeiro-comum	74
Figura 11 – Abundância dos genes 16S e <i>nifH</i> por <i>q</i> PCR e abundância relativa de <i>nifH</i> na cultura do feijoeiro-comum	76
Figura 12 – Nitrogênio total no solo em experimento de campo	77
Figura 13 – Amônia, Nitrato-Nitrito e Nitrogênio no solo em casa de vegetação com a cultura do feijoeiro-comum	79
Figura 14 – Componentes da produção do feijoeiro-comum safra 2024/25.....	86
Figura 15 – Componentes da produção do feijoeiro-comum safra 2025/26.....	87
Figura 16 – Componentes da produção do feijoeiro-comum em casa de vegetação	88
Figura 17 – Produtividade da cultura do feijoeiro-comum	89
Figura 18 – Análises de redundância (RDA)	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Genes alvo na análise de <i>q</i> PCR.....	46
Tabela 2 – Análise química do solo na camada de 0,00-0,10 m coletada em 2024, previamente ao plantio do feijão-comum.....	52
Tabela 3 – Teores foliares de macronutrientes (g kg ⁻¹) da cultura do feijoeiro-comum nos anos agrícolas de 2024/25 e 2025/26	54
Tabela 4 – Teores foliares de micronutrientes (mg kg ⁻¹) da cultura do feijoeiro-comum nos anos agrícolas de 2024/25 e 2025/26	56
Tabela 5 – Abundância natural de ¹⁵ N e porcentagem de N derivado da atmosfera em planta e grãos de feijão-comum	81
Tabela 6 – Acúmulo de N na planta e nos grãos de feijão-comum	82
Tabela 7 – N fixado na planta e nos grãos de feijão-comum.....	83
Tabela 8 – Massa seca de planta e grãos e Balanço de nitrogênio na cultura do feijoeiro-comum.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	A CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM.....	25
2.2	SISTEMA PLANTIO DIRETO	26
2.3	ACIDEZ DO SOLO.....	27
2.4	CALAGEM E GESSAGEM EM SISTEMA PLANTIO DIRETO	28
2.5	INOCULAÇÃO E ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO.....	29
2.6	RELAÇÃO ENTRE FERTILIDADE E ACIDEZ DO SOLO COM A NODULAÇÃO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO	30
3	HIPÓTESES	33
4	OBJETIVOS	34
5	MATERIAL E MÉTODOS	35
5.1	LOCAL E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	35
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	36
5.3	AVALIAÇÕES.....	40
5.3.1	<i>Amostragem de solo para análise da fertilidade.....</i>	<i>40</i>
5.3.2	<i>Estado nutricional das plantas.....</i>	<i>40</i>
5.3.3	<i>Pigmentos fotossintéticos (Clorofilas e Carotenoides).....</i>	<i>41</i>
5.3.4	<i>Trocas gasosas</i>	<i>42</i>
5.3.5	<i>RuBisCO e Ureídeos totais.....</i>	<i>42</i>
5.3.6	<i>Peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e Peroxidação lipídica</i>	<i>43</i>
5.3.7	<i>Atividade enzimática da Catalase e Superóxido dismutase</i>	<i>44</i>
5.3.8	<i>Nodulação</i>	<i>44</i>
5.3.9	<i>Extração de DNA do solo</i>	<i>45</i>
5.3.10	<i>Análise de PCR Quantitativa para microbiologia do solo.....</i>	<i>45</i>
5.3.11	<i>Amônio, Nitrato-Nitrito e Nitrogênio Total</i>	<i>46</i>
5.3.12	<i>Abundância natural de ¹⁵N para estimar a FBN.....</i>	<i>47</i>
5.3.13	<i>Produtividade do feijoeiro-comum</i>	<i>50</i>
5.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	50
6	RESULTADOS	51

7	DISCUSSÃO	92
8	CONCLUSÃO	102
	REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), base alimentar de muitos países em desenvolvimento, é uma leguminosa de alto teor proteico, com altas exigências principalmente por nitrogênio (N). As leguminosas são capazes de estabelecer relações simbióticas com bactérias, formando nódulos radiculares que contribuem essencialmente para a captura do N atmosférico, e disponibilizando-o às plantas na forma amoniacal (Coelho et al., 2021; Hungria et al., 2001).

No feijoeiro-comum, a inoculação das sementes com bactérias do gênero *Rhizobium* pode favorecer o crescimento da planta hospedeira por ampliar o suprimento de N proveniente da fixação biológica (Bhattarai et al., 1970). Apesar de as estirpes de *Rhizobium* apresentarem estabilidade genética, ainda são escassos os estudos que comprovem sua eficiência em solos ácidos, pobres em nutrientes e propensos a grandes variações térmicas (Coelho et al., 2021). Diversos são os fatores que podem contribuir decisivamente para a baixa eficiência da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN).

Os elevados teores de Al^{3+} para as plantas e o baixo pH caracterizam a maioria dos solos brasileiros (Caires et al., 2003; Silva, 2002), configurando uma das maiores barreiras produtivas na agricultura de regiões tropicais. Tais características químicas do solo proporcionam baixa capacidade de troca catiônica, afetando a disponibilidade de nutriente e proporcionando distúrbios fisiológicos (Inagaki et al., 2016). Com intuito de mitigar esses problemas, as aplicações de calcário contribuem para a remoção do H^+ da solução do solo, elevação da saturação por bases (V%) em superfície e com o fornecimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), elementos de alta importância estrutural e fisiológica nas plantas (Caires et al., 2003; Soratto e Crusciol, 2008).

Quanto à aplicação do gesso, em função da maior solubilidade em comparação ao calcário, o sulfato proveniente da dissolução se liga ao Al^{3+} em subsuperfície, indisponibilizando às plantas (Soratto e Crusciol, 2008). Dessa forma, a calagem e a gessagem são fundamentais em qualquer sistema produtivo, pois além dos benefícios citados, há ainda o favorecimento da absorção de macronutrientes, incrementando o metabolismo fotossintético e fisiológico das plantas (Caires et al., 2003; Soratto e Crusciol, 2008). Além disso, os elevados teores de Al^{3+} no solo resultam em baixa disponibilidade de nutrientes, causando distúrbios fisiológicos (Inagaki et al., 2016).

Tal combinação pode afetar negativamente o metabolismo vegetal, incluindo a FBN em leguminosas.

Nesse contexto, a gessagem em Sistema Plantio Direto complementa a calagem, estratégia eficaz mitigadora da acidez e dos problemas decorrentes dela (Caires et al., 2003), desempenhando um papel fundamental no fornecimento de enxofre (S) e Ca às plantas e indisponibilizando o Al^{3+} para as raízes (Soratto e Crusciol, 2008). Portanto, a calagem e a gessagem são práticas fundamentais e complementares em qualquer sistema produtivo, não apenas melhorando a fertilidade do solo e reduzindo a toxicidade de Al^{3+} , mas também promovendo o crescimento radicular e a área efetiva de nodulação nas raízes, resultando em melhorias significativas no metabolismo fotossintético e fisiológico das plantas (Caires et al., 2003; Soratto e Crusciol, 2008).

8 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a aplicação superficial de calcário, especialmente quando associada ao gesso, foi determinante para melhorar os gradientes químicos do solo em SPD de longa duração. A redução da acidez e da saturação por Al, associada ao maior fornecimento de Ca, Mg e S, colaboram com o crescimento radicular, a absorção de água e nutrientes e o desempenho fisiológico do feijoeiro-comum. Esses efeitos foram refletidos na maior síntese de pigmentos fotossintéticos, atividade da RuBisCO, eficiência das trocas gasosas, menor estresse oxidativo e maior produtividade da cultura.

A inoculação com *Rhizobium tropici* apresentou respostas mais consistentes nos tratamentos com maior condicionamento químico do solo, demonstrando que a efetividade da simbiose depende do ambiente em que o microrganismo é introduzido. Nesses tratamentos, houve maior nodulação, massa seca de nódulos, abundância de bactérias totais e fixadoras de N, produção de ureídeos, acúmulo e fixação de N. Assim, os resultados indicam que a inoculação não deve ser interpretada como prática isolada, mas como uma tecnologia biológica integrada ao manejo químico, físico e microbiológico do solo.

Dessa forma, a pesquisa avança ao demonstrar, em experimento de longa duração, que a resposta do feijoeiro-comum à inoculação é modulada pela construção prévia de um solo quimicamente equilibrado e biologicamente funcional. Para o meio acadêmico, o estudo contribui ao integrar metabolismo vegetal, nodulação, FBN, dinâmica do N no solo e produtividade sob condições tropicais. Para o setor profissional e para os produtores, os resultados reforçam que a calagem e a gessagem bem manejadas aumentam a eficiência do uso de inoculantes, reduzem limitações ao desenvolvimento da cultura e favorecem produtividades mais estáveis em SPD.

REFERÊNCIAS

- ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>
- ALMEIDA, D. de O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1140–1147, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900013>
- ALVES, L. A.; AMBROSINI, V. G.; DENARDIN, L. G. de O.; FLORES, J. P. M.; MARTINS, A. P.; FILIPPI, D.; BREMM, C.; CARVALHO, P. C. de F.; FARIAS, G. D.; CIAMPITTI, I. A.; TIECHER, T. Biological N₂ fixation by soybeans grown with or without liming on acid soils in a no-till integrated crop-livestock system. **Soil and Tillage Research**, v. 209, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104923>
- AMARANTE, L. do; LIMA, J. D.; SODEK, L. Growth and stress conditions cause similar changes in xylem amino acids for different legume species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 58, n. 1–3, p. 123–129, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.07.002>
- AMBROSINI, A.; DE SOUZA, R.; PASSAGLIA, L. M. P. Ecological role of bacterial inoculants and their potential impact on soil microbial diversity. **Plant and Soil**, v. 400, n. 1–2, p. 193–207, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2727-7>
- ANDERSON, M. J. Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). *In: Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. [S. l.]: Wiley, 2017. p. 1–15. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat07841>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. Rockville: [s. n.], 2016.
- AZEVEDO, R. A.; ALAS, R. M.; SMITH, R. J.; LEA, P. J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280–292, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>
- BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; SEBEN JUNIOR, G. de F.; FERBONINK, G. F. CALCÁRIO LÍQUIDO E CALCÁRIO CONVENCIONAL NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 2, n. 3, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.32404/rean.v2i3.277>

- BELLAVER, A.; FAGUNDES, R. S. Inoculação com *Rhizobium tropici* e Uso do Nitrogênio na Base e por Cobertura na Cultura do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cultivando o Saber**, v. 2, p. 1–10, 2009.
- BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F. E. Nutrient Uptake, Partitioning, and Remobilization in Modern Soybean Varieties. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 563–573, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0435>
- BHATTARAI, N.; BARAL, B.; SHRESTHA, G.; YAMI, K. D. Effect of mycorrhiza and rhizobium on *Phaseolus vulgaris* L. **Scientific World**, v. 9, n. 9, p. 66–69, 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.3126/sw.v9i9.5522>
- BOHNEN, H. Acidez do solo e calagem. In: EDITORA DA UFRGS (org.). **Princípios de fertilidade de solo**. Porto Alegre/RS: [s. n.], 1995. p. 47–72.
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; GARCIA, A.; MORETTI, L. G.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, V. A.; FONSECA, M. de C. da; CALONEGO, J. C.; CAIRES, E. F.; AMADO, T. J. C.; REIS, A. R. dos. Long-Term Lime and Phosphogypsum Amended-Soils Alleviates the Field Drought Effects on Carbon and Antioxidative Metabolism of Maize by Improving Soil Fertility and Root Growth. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021 a. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.650296>
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEITE, M. F. A.; MERLOTI, L. F.; MORETTI, L. G.; PASCOALOTO, I. M.; KURAMAE, E. E. Modulation of the soil microbiome by long-term Ca-based soil amendments boosts soil organic carbon and physicochemical quality in a tropical no-till crop rotation system. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 156, 2021 b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108188>
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MARIANO, E.; FONSECA, M.; MORETTI, L. G.; MOMESSO, L.; PORTUGAL, J. R.; COSTA, N. R.; CALONEGO, J. C.; KURAMAE, E. E. Long term co-application of lime and phosphogypsum increases 15 N recovery and reduces 15 N losses by modulating soil nutrient availability, crop growth and N cycle genes. **European Journal of Agronomy**, v. 149, 2023 a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126907>
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MARIANO, E.; MORETTI, L. G.; PORTUGAL, J. R.; FONSECA, M.; MOMESSO, L.; CÔRT, A. S. D.; COSTA, V. E.; CANTARELLA, H. Higher lime rates for greater nitrogen recovery: A long-term no-till experiment labeled with 15N. **Field Crops Research**, v. 299, 2023 b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108971>

- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MERLOTI, L. F.; MORETTI, L. G.; COSTA, N. R.; TSAI, S. M.; KURAMAE, E. E. Long-term lime and gypsum amendment increase nitrogen fixation and decrease nitrification and denitrification gene abundances in the rhizosphere and soil in a tropical no-till intercropping system. **Geoderma**, v. 375, 2020 a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114476>
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORETTI, L. G.; GARCIA, A.; PORTUGAL, J. R.; BERNART, L.; VILELA, R. G.; CAIRES, E. F.; AMADO, T. J. C.; CALONEGO, J. C.; DOS REIS, A. R. Improving soil fertility with lime and phosphogypsum enhances soybean yield and physiological characteristics. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 2, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00765-9>
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; PORTUGAL, J. R.; MORETTI, L. G.; GARCIA, A.; RODRIGUES, V. A.; DA FONSECA, M. de C.; BERNART, L.; VILELA, R. G.; MENDONÇA, L. P.; DOS REIS, A. R. Long-term liming improves soil fertility and soybean root growth, reflecting improvements in leaf gas exchange and grain yield. **European Journal of Agronomy**, v. 128, 2021 c. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126308>
- BOSSOLANI, J. W.; SANTOS, F. L.; MENEGETTE, H. H. A.; SANCHES, I. R.; MORETTI, L. G.; PARRA, L. F.; LAZARINI, E. Soybean in Crop Rotation with Maize and Palisade Grass Intercropping Enhances the Long-term Effects of Surface Liming in No-till System. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 4, p. 1–12, 2020 b. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00347-2>
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- BRODY, J. R.; KERN, S. E. Sodium boric acid: a Tris-free, cooler conductive medium for DNA electrophoresis. **BioTechniques**, v. 36, n. 2, p. 214–216, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.2144/04362BM02>
- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161–169, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000100018>

- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000200008>
- CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 57–64, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.05.002>
- CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. Recomendação de gesso para solos sob plantio direto da região sul do Brasil. In: (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Org.)2016, Goiânia. **FERTBIO - Rumo aos novos desafios**. Goiânia: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://eventossilos.org.br/fertbio2016/anais/pdfs/plenary/BEED.pdf>
- CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45–53, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00310.x>
- CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C. De; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. D. F. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 147, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2006v27n2p147>
- CAMPANHARO, M.; LIRA JUNIOR, M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; STAMFORD, N. P.; FREIRE, F. J.; COSTA, J. V. T. Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 3, p. 285–290, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i3a436>
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. **Boletim 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas/SP: [s. n.], 2022.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 2001. p. 270–276. *E-book*. Disponível em: https://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. [S. l.]: Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9788586481567>

- CARMEIS FILHO, A. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; DE CASTILHOS, A. M. Liming demand and plant growth improvements for an Oxisol under long-term no-till cropping. **The Journal of Agricultural Science**, v. 155, n. 7, p. 1093–1112, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859617000235>
- CHALK, P. M.; INÁCIO, C. T.; BALIEIRO, F. C.; ROUWS, J. R. C. Do techniques based on ^{15}N enrichment and ^{15}N natural abundance give consistent estimates of the symbiotic dependence of N_2 -fixing plants? **Plant and Soil**, v. 399, n. 1–2, p. 415–426, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2689-9>
- COELHO, L. G. F.; BOMFIM, C. A.; MENDES, I. de C.; VALE, H. M. M. do; REIS JUNIOR, F. B. dos. **A inoculação do feijoeiro no Brasil Alternativas para aumentar a produtividade utilizando microrganismos promotores do crescimento vegetal**. Planaltina: [s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>.
- COSTA, C. H. M. da; CRUSCIOL, C. A. C.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Residual effects of superficial liming on tropical soil under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900063>
- CRUSCIOL, C. A. C.; MARQUES, R. R.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A.; PARIZ, C. M.; CASTILHOS, A. M.; FRANZLUEBBERS, A. J. Lime and gypsum combination improves crop and forage yields and estimated meat production and revenue in a variable charge tropical soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 115, n. 3, p. 347–372, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10705-019-10017-0>
- DA COSTA, C. H. M.; FILHO, A. C. A. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; GUIMARÃES, T. M. Intensive annual crop production and root development in a tropical acid soil under long-term no-till and soil-amendment management. **Crop & Pasture Science**, v. 69, n. 5, p. 488–505, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/CP17233>
- DA COSTA, C. H. M.; WANDER, M. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; UGARTE, C.; RIGON, J. P. G.; SORATTO, R. P.; CALONEGO, J. C. Long-term effects of lime and phosphogypsum on soil carbon and nitrogen and physical attributes under tropical no-till. **Soil Science Society of America Journal**, v. 85, n. 2, p. 328–339, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/saj2.20182>

- DALL'AGNOL, R. F.; BOURNAUD, C.; DE FARIA, S. M.; BÉNA, G.; MOULIN, L.; HUNGRIA, M. Genetic diversity of symbiotic Paraburkholderia species isolated from nodules of Mimosa pudica (L.) and Phaseolus vulgaris (L.) grown in soils of the Brazilian Atlantic Forest (Mata Atlântica). **FEMS Microbiology Ecology**, v. 93, n. 4, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/femsec/fix027>
- DE OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, v. 38, n. 1–2, p. 47–57, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(96\)01021-5](https://doi.org/10.1016/0167-1987(96)01021-5)
- DE OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. de P.; DOS SANTOS, K. J. G.; MOREIRA, F. P. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v. 1, n. 1, p. 01–12, 2005. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/213856/1/refmb-2005.3.pdf>
- FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of Soil Acidity of South American Soils for Sustainable Crop Production. *In: Advances in Agronomy. [S. l.: s. n.]*. p. 221–275. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802139-2.00006-8>
- FAN, Z.; ZHAO, Y.; CHAI, Q.; ZHAO, C.; YU, A.; COULTER, J. A.; GAN, Y.; CAO, W. Synchrony of nitrogen supply and crop demand are driven via high maize density in maize/pea strip intercropping. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 10954, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47554-1>
- FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. de; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S. Estirpes de Rhizobium tropici na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 507–512, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000300021>
- FERREIRA, E.; MERCANTE, F.; HUNGRIA, M.; MENDES, I.; SIMOES-ARAUJO, J.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; ARAÚJO, A. Contribuições para melhoria da eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. *In: ADELSON PAULO DE ARAÚJO; BRUNO JOSÉ RODRIGUES ALVES (orgs.). Tópicos em ciência do solo*. 1. ed. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p. 251–292. *E-book*. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Enderson-Ferreira/publication/257542987_Contribuicoes_para_melhoria_da_eficiencia_da_fixacao_biologica_de_nitrogenio_no_feijoeiro_comum_no_Brasil/links/0a85e5390595b20105000000/Contribuicoes-para-melhoria-da-eficiencia-da-fixacao-biologica-de-nitrogenio-no-feijoeiro-comum-no-Brasil.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

- GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo/RS: [s. n.], 1996.
- GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>
- GIBBS, H. K.; SALMON, J. M. Mapping the world's degraded lands. **Applied Geography**, v. 57, p. 12–21, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>
- GUIMARÃES, A. P.; MORAIS, R. F. de; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Bradyrhizobium strain and the 15N natural abundance quantification of biological N₂ fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 5, p. 516–524, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000500011>
- HABINSHUTI, S. J.; MASEKO, S. T.; DAKORA, F. D. Inhibition of N₂ Fixation by N Fertilization of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants Grown on Fields of Farmers in the Eastern Cape of South Africa, Measured Using 15N Natural Abundance and Tissue Ureide Analysis. **Frontiers in Agronomy**, v. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.692933>
- HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189–198, 1968. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)
- HOLLAND, J. E.; BENNETT, A. E.; NEWTON, A. C.; WHITE, P. J.; MCKENZIE, B. M.; GEORGE, T. S.; PAKEMAN, R. J.; BAILEY, J. S.; FORNARA, D. A.; HAYES, R. C. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. **Science of The Total Environment**, v. 610–611, p. 316–332, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.020>
- HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: (Fundação ABC, Org.)1995, Castro/PR. **Curso sobre manejo do solo em plantio direto**. Castro/PR: [s. n.], 1995.p. 21–36.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**.: Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13. Londrina: [s. n.], 2001. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/459673>.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J.; CHUEIRE, L. M. O.; DE ANDRADE, D. S. The Brazilian Experience with the Soybean (*Glycine max*) and Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Symbioses. In: **Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**. [S. l.]: Springer, Dordrecht, 2000. p. 515–518. Disponível em: https://doi.org/10.1007/0-306-47615-0_292

- INAGAKI, T. M.; SÁ, J. C. de M.; CAIRES, E. F.; GONÇALVES, D. R. P. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 231, p. 156–165, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.034>
- KHADRI, M.; PLIEGO, L.; SOUSSI, M.; LLUCH, C.; OCAÑA, A. Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. **Agronomie**, v. 21, n. 6–7, p. 635–643, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/agro:2001155>
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: [S. l.: s. n.]. p. 350–382. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- MACCIÓ, D. Acidity and calcium interaction affect the growth of *Bradyrhizobium* sp. and the attachment to peanut roots. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 2, p. 201–208, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00174-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00174-2)
- MALLON, C. A.; LE ROUX, X.; VAN DOORN, G. S.; DINI-ANDREOTE, F.; POLY, F.; SALLES, J. F. The impact of failure: unsuccessful bacterial invasions steer the soil microbial community away from the invader's niche. **The ISME Journal**, v. 12, n. 3, p. 728–741, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41396-017-0003-y>
- MALLON, C. A.; VAN ELSAS, J. D.; SALLES, J. F. Microbial Invasions: The Process, Patterns, and Mechanisms. **Trends in Microbiology**, v. 23, n. 11, p. 719–729, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2015.07.013>
- MARTÍNEZ-ROMERO, E. Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. **Plant and Soil**, v. 252, p. 11–23, 2003. Disponível em: <http://apps.fao.org>
- MENG, C.; TIAN, D.; ZENG, H.; LI, Z.; YI, C.; NIU, S. Global soil acidification impacts on belowground processes. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 7, p. 074003, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab239c>
- MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R. New Native *Rhizobia* Strains for Inoculation of Common Bean in the Brazilian Savanna. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 0, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150120>

- MERLOTI, L. F.; MENDES, L. W.; PEDRINHO, A.; DE SOUZA, L. F.; FERRARI, B. M.; TSAI, S. M. Forest-to-agriculture conversion in Amazon drives soil microbial communities and N-cycle. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 137, p. 107567, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107567>
- MICHIELS, J.; DOMBRECHT, B.; VERMEIREN, N.; XI, C.; LUYTEN, E.; VANDERLEYDEN, J. Phaseolus vulgaris is a non-selective host for nodulation. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 26, n. 3, p. 193–205, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1998.tb00505.x>
- MUYZER, G.; DE WAAL, E. C.; UITTERLINDEN, A. G. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 59, n. 3, p. 695–700, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/aem.59.3.695-700.1993>
- NORA, D. D.; AMADO, T. J. C.; NICOLOSO, R. da S.; MAZUCO, A. C. B.; PICCIN, M. Mitigation of the Gradient of Chemical Properties in the Rooting Zone of Dystrophic Oxisols by Gypsum and Lime Inputs under a No-Till System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 0, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150541>
- OLIVEIRA, L. C. A. **Papel fisiológico do magnésio na fotossíntese, atividade da Rubisco e Fixação Biológica de Nitrogênio em genótipos de soja**. 2024. Doutorado em Agronomia - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/6a2f484b-f032-4842-b928-d57971972b35/download>
- PAUFERRO, N.; GUIMARÃES, A. P.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. ¹⁵N natural abundance of biologically fixed N₂ in soybean is controlled more by the Bradyrhizobium strain than by the variety of the host plant. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 10, p. 1694–1700, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.032>
- PEDRINHO, A.; MENDES, L. W.; MERLOTI, L. F.; ANDREOTE, F. D.; TSAI, S. M. The natural recovery of soil microbial community and nitrogen functions after pasture abandonment in the Amazon region. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 96, n. 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa149>
- PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIEDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics**, v. 975, n. 3, p. 384–394, 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0005-2728\(89\)80347-0](https://doi.org/10.1016/S0005-2728(89)80347-0)

- PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 675–684, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000400013>
- QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, 1993.
- RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 849–857, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000500011>
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 797–805, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000400012>
- RÖSCH, C.; MERGEL, A.; BOTHE, H. Biodiversity of Denitrifying and Dinitrogen-Fixing Bacteria in an Acid Forest Soil. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, n. 8, p. 3818–3829, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3818-3829.2002>
- ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 3, p. 448–455, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000300013>
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; DE ALMEIDA, J. A.; DE OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília-DF: [s. n.], 2018. E-book. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBC_S2018ISBN9788570358004.pdf
- SCHUBERT, K. R. Products of Biological Nitrogen Fixation in Higher Plants: Synthesis, Transport, and Metabolism. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 37, n. 1, p. 539–574, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.37.060186.002543>
- SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P. W.; MARTINEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* Biovar *Phaseoli* Type I Strains as *Rhizobium etli* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 43, n. 2, p. 374–377, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1099/00207713-43-2-374>

- SHEARER, G.; KOHL, D. N₂-Fixation in Field Settings: Estimations Based on Natural ¹⁵N Abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, n. 6, p. 699–756, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/PP9860699>
- SILVA, L. M. da. **CRESCIMENTO RADICULAR E NUTRIÇÃO MINERAL DE CULTIVARES DE FEIJÃO EM RESPOSTA À CALAGEM**. 2002. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus Botucatu, Botucatu - SP, 2002.
- SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico (IAC), 2007. *E-book*. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/microbiota.pdf>
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000200022>
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; MELLO, F. F. de C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 965–974, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400023>
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados: [s. n.], 2004. *E-book*. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>
- STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: Recomendações técnicas**. [S. l.: s. n.].
- SUMNER, M. E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an Acid Soil Profile through Deep Liming and Surface Application of Gypsum. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, n. 5, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000050069x>
- TAIZ, L.; ZEIGHER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ª Edição**. 6. ed. [S. l.: s. n.].
- TSAI, S. M.; BONETTI, R.; AGBALA, S. M.; ROSSETTO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, v. 152, n. 1, p. 131–138, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00016342>

- UNKOVICH, Murray. **Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems**. [S. l.]: Australian Centre for International Agricultural Research, 2008. *E-book*. Disponível em: https://www.aciar.gov.au/sites/default/files/legacy/node/10169/mn136_measuring_plant_associated_nitrogen_fixation_19979.pdf
- VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: [s. n.], 2001. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf.
- VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Legume inoculation in cerrado soils. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, G.; NEWTON, W. E. (orgs.). **Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**. [S. l.]: Springer, Dordrecht, 2002. v. 38, p. 587–588. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/0-306-47615-0>
- VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M. Response of Field Grown Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Rhizobium Inoculation and N Fertilization in Two Cerrados Soils. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, G.; NEWTON, W. E. (orgs.). **Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**. [S. l.]: Springer, Dordrecht, 2002. v. 38, p. 613–613. Disponível em: https://doi.org/10.1007/0-306-47615-0_353
- WUTKE, E. B.; CHIORATO, A. F.; ESTEVES, J. A. de F.; CARBONELL, S. A. M.; AMBROSANO, E. J.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; ARF, O.; CANTARELLA, H. Feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. (orgs.). **Boletim 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico (IAC), 2022. v. 2, p. 246–249.
- ZOCA, S. M.; PENN, C. An Important Tool With No Instruction Manual: a review of gypsum use in agriculture. In: **Advances in Agronomy**. [S. l.: s. n.]. v. 144, p. 1–44. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.001>