

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

JOSÉ CÍCERO RODRIGUES DA SILVA

**PÓ DE CONCHA DE SURURU: CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DE OLERÍCOLAS**

Rio Largo - AL

2026

JOSÉ CÍCERO RODRIGUES DA SILVA

**PÓ DE CONCHA DE SURURU: CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DE OLERÍCOLAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agroecologia da Universidade Federal
de Alagoas, como requisito final à obtenção do
título de Bacharel em Agroecologia

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Vanuze Costa de
Oliveira

Rio Largo - AL

2026

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Stefano João dos Santos

S586p Silva, José Cícero Rodrigues da

Pó de concha de Sururu: correção da acidez do solo e desenvolvimento de olerícolas / José Cícero Rodrigues da Silva. – Rio Largo - Al, 2026.

61 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) Universidade Federal de Alagoas, Campus Ceca – Rio Largo, 2026.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Vanuze Costa de Oliveira

1. Corretivo alternativo; Acidez do solo; fertilidade de solo;

CDU: 636.084

Folha de Aprovação

JOSÉ CÍCERO RODRIGUES DA SILVA

PÓ DE CONCHA DE SURURU: CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE OLERÍCOLAS

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à banca examinadora do curso
de Agroecologia da Universidade Federal
de Alagoas e aprovada em: 08 de junho de
2026.



Documento assinado digitalmente
VANUZE COSTA DE OLIVEIRA
Data: 10/06/2026 11:24:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Orientadora – Dra. Vanuze Costa de Oliveira, UFAL

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
GILSON MOURA FILHO
Data: 10/06/2026 20:25:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Gilson Moura Filho, UFAL



Documento assinado digitalmente
IVOMBERG DOURADO MAGALHÃES
Data: 10/06/2026 11:47:32-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães, UFAL

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, força e perseverança para enfrentar os desafios ao longo destes mais de cinco anos de caminhada. Por guiar meus passos, renovar minhas esperanças nos momentos difíceis e permitir que eu chegasse até este momento tão esperado e sonhado.

Aos meus pais, Maria Madalena e Ronaldo Pedro, pelo amor incondicional, pelo apoio emocional, pelos ensinamentos e por todos os sacrifícios realizados para que eu pudesse estudar e perseguir meus sonhos. Vocês são os verdadeiros responsáveis por esta conquista. Aos meus irmãos, Maria Karine e José Aparecido, pela parceria, companheirismo e incentivo ao longo dessa jornada. Aos meus avós, Francisco e Maria Amara, por cada palavra de carinho, apoio e sabedoria. Vocês são o alicerce sobre o qual construí minha trajetória.

À minha orientadora, Professora Dra. Vanuze Costa de Oliveira, que esteve presente durante toda a minha trajetória acadêmica na graduação. Ao longo desses cinco anos, foi muito mais do que uma orientadora: foi professora, mentora, conselheira e uma pessoa que genuinamente se preocupa com a formação humana e profissional de seus alunos. Agradeço pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos compartilhados, pela paciência, pelas oportunidades concedidas e por ter contribuído de forma decisiva para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal. Tenho por você profunda admiração, respeito e gratidão.

Aos professores Gilson Moura e Leila Cruz, pela amizade, pelos ensinamentos acadêmicos e de vida, pelo companheirismo e pela convivência ao longo desses anos. Grande parte da minha formação foi construída entre aulas, análises laboratoriais, discussões científicas, momentos de descontração e aprendizados que ultrapassam os limites da universidade. Levarei comigo cada ensinamento compartilhado.

Aos professores Luam Danilo, João Luciano, Regla Toujaguez, José Roberto, Ivomberg Dourado, Themis Silva, Mauro Wagner, Jair Tenório e a todos os demais docentes que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional. Meu sincero agradecimento pelos conhecimentos transmitidos, pelo incentivo e pela dedicação ao ensino.

À minha amiga de longa data, Alaís Fernanda, que esteve presente em momentos importantes da minha vida e que tantas vezes me ajudou a seguir em frente quando eu mesmo já não acreditava ser capaz. Sua amizade foi um dos pilares que me sustentaram durante essa caminhada.

Aos amigos e companheiros das manhãs, Valéria Dantas, Rafaela Araújo, Khyara Menezes, Maria Laís, Erick Moreno, Tayllan Felipe, Thalia e Reinaldo, pelos momentos compartilhados, pelas conversas, risadas, dificuldades enfrentadas em conjunto e pelas memórias construídas ao longo desses anos.

Aos amigos e companheiros que a universidade me permitiu conhecer e que contribuíram para tornar essa jornada mais leve e especial: Ana Karine, Livia Prata Vivieira, Carlos Manuel, Josivalter, Silveira, Ascânio Moreno, Ari Michel, Rafael Elias, Zenaide Tolentino e Cliton Cristiano.

Aos meus colegas de turma, especialmente aos amigos André Lucas, José Luciano, Laura Catarina, Letícia Silva, Daniel, Maria Luísa e Andressa, pelos momentos de convivência, aprendizado, troca de experiências e apoio mútuo durante a graduação.

Ao estimado Valdir, pela amizade, apoio e companheirismo ao longo desta caminhada.

Agradeço também à professora Maria de Fátima, ao técnico Samaro e aos amigos Ascânio Moreno, Zenaide Tolentino, André Lucas, José Luciano, Janayna Rodrigues, Elânio e Severino, que contribuíram diretamente para a execução desta pesquisa e para a obtenção dos resultados apresentados neste trabalho.

Aos laboratórios que contribuíram para minha formação e para a realização desta pesquisa: ao BioVeg, nas pessoas do Professor Eurico Lemos e da Professora Leila Rezende; ao Laboratório de Geologia e Recursos Naturais, na pessoa da Professora Regla Toujaguez; ao Laboratório de Solos, Água e Planta (LABSAP), na pessoa do Professor Gilson Moura; e ao Laboratório de Nutrição Mineral, na pessoa do Professor Mauro Wagner.

Ao Campos de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) e à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), por proporcionarem as condições necessárias para minha formação acadêmica e profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro por meio das bolsas de iniciação científica, fundamentais para a realização das atividades de pesquisa e para minha formação como pesquisador.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e para a pessoa que me tornei ao longo desta jornada.

Esta conquista não representa apenas a conclusão de uma graduação, mas a concretização de um sonho construído com o apoio de muitas mãos ao longo do caminho.

Muito obrigado.

RESUMO

Em virtude do seu processo de formação e do material de origem, a maior parte dos solos do Brasil são naturalmente ácidos e pobres quimicamente. A baixa capacidade de troca catiônica (CTC), elevada acidez e baixos teores de saturação por bases são fatores que comprometem a produção agropecuária de modo geral. Desse modo, faz-se necessário correção da acidez para que as culturas consigam expressar seu potencial produtivo. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o potencial do pó de conchas de sururu (PCS) como corretivo alternativo da acidez do solo, por meio de dois experimentos conduzidos em casa de vegetação. No primeiro, comparou-se o PCS ao calcário agrícola quanto aos efeitos sobre atributos químicos do solo e o desenvolvimento do tomateiro. No segundo, avaliou-se a interação entre PCS e a adubação orgânica com cama de frango sobre o desempenho agrônômico do rabanete e atributos químicos residuais do solo. Os resultados demonstraram que o PCS apresentou eficiência semelhante ao calcário na elevação do pH do solo e no desenvolvimento vegetativo do tomateiro. No cultivo do rabanete, a incubação prévia do PCS favoreceu a eficiência da adubação orgânica, promovendo maior crescimento vegetativo e maior produção de biomassa. Conclui-se que o pó de conchas de sururu constitui uma alternativa viável ao calcário agrícola para correção da acidez do solo, essencialmente quando associado a adubação orgânica.

Palavras-chave: Corretivo alternativo; Acidez do solo; fertilidade de solo; Agricultura sustentável.

ABSTRACT

Due to their formation processes and parent materials, most Brazilian soils are naturally acidic and chemically poor. Low cation exchange capacity (CEC), high acidity, and low base saturation are major factors limiting agricultural production. Therefore, soil acidity correction is essential for crops to achieve their productive potential. This study aimed to evaluate the potential of sururu shell powder (SSP) as an alternative soil acidity amendment through two greenhouse experiments. In the first experiment, SSP was compared with agricultural limestone regarding its effects on soil chemical properties and tomato growth. In the second experiment, the interaction between SSP and poultry litter fertilization was evaluated with respect to radish agronomic performance and residual soil chemical properties. The results demonstrated that SSP was as effective as agricultural limestone in increasing soil pH and promoting tomato vegetative growth. In radish cultivation, prior incubation of SSP enhanced the efficiency of organic fertilization, resulting in greater vegetative growth and biomass production. It is concluded that sururu shell powder is a viable alternative to agricultural limestone for correcting soil acidity, especially when associated with organic fertilization.

Keywords: Alternative liming material; Soil acidity; Soil fertility; Sustainable agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito da interação entre doses e diferentes corretivos da acidez no pH e na Condutividade elétrica (CE) da solução do solo.	26
Figura 2 - Efeito isolado dos corretivos de acidez de solo na altura de planta, diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), volume de raiz (VR), número de frutos (NFRU), massa seca da parte aérea (MSPA) área foliar (AF) e massa seca da raiz (MSR) de tomateiro.....	29
Figura 3 - Efeito isolado das doses de corretivos da acidez do solo no desenvolvimento vegetativo de tomateiro	31
Figura 4 - Número de frutos e massa média de frutos de tomateiro desenvolvidos sob solo corrigidos com dois corretivos da acidez do solo. Efeito isolado para número de frutos e interação entre corretivos e doses para a massa de frutos.	33
Figura 5 - Folíolos de tomateiro expressando provável deficiência de fósforo (A) e manganês (Mn) (B).....	34
Figura 7 – Resposta das características vegetativas do rabanete à interação entre períodos de incubação do PCS e doses de cama de frango para matéria fresca (A) e área foliar (C) e ao efeito isolado das doses de cama de frango na matéria seca (B) e altura (D) de plantas de rabanete.	37
Figura 8 - Efeito da interação da incubação de corretivo (PCS) entre doses de cama de frango e isolados para os períodos de incubação sobre variáveis de pós-colheita do rabanete.....	40
Figura 9 – Efeito isolado das doses de cama de frango no comportamento residual do pH (A) e comportamento da interação (doses e incubação) no alumínio trocável residual (B) do solo após cultivo do rabanete.....	44
Figura 10 - Efeito da interação entre período de incubação do pó de concha de sururu (PCS) e doses de cama de frango nos valores residuais de cálcio (A), assim como efeitos isolados das doses de cama de frango, o magnésio residual (B) do solo após o cultivo do rabanete (<i>Raphanus sativa</i> L.).....	46
Figura 11 – Efeito da interação entre período de incubação do pó de concha de sururu (PCS) e doses de cama de frango sobre a relação Ca/Mg do solo após o cultivo do rabanete (<i>Raphanus sativa</i> L.).....	47
Figura 12 – Efeito da interação entre período de incubação do pó de concha de sururu (PCS) e doses de cama de frango, sobre saturação por cálcio (A) e saturação por alumínio (C), bem como efeitos isolados das doses de cama de frango, sobre saturação por magnésio (B) do solo após o cultivo do rabanete (<i>Raphanus sativa</i> L.).....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do calcário e do pó de concha de sururu (PCS) utilizado no ensaio I e II	20
Tabela 3 – Caracterização química e física dos solos utilizados nos ensaios I e II.....	21
Tabela 4 - Modelos ajustados para efeito de diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário em função do período de incubação sobre o pH do solo.....	27
Tabela 5 - Modelos ajustados para efeito de diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário em função do período de incubação sobre a condutividade elétrica (CE) do solo. .	28
Tabela 7 - Efeito do período de incubação do pó de conchas de sururu sobre o comprimento e matéria fresca de raiz do rabanete.	39
Tabela 8 – Efeito residual de diferentes períodos de incubação (0 e 30 dias) do corretivo de acidez sobre o pH (H ₂ O), magnésio trocável e saturação por magnésio em solo após o cultivo do rabanete (<i>Raphanus sativa</i> L.).....	45
Tabela 9 - Análise de variância para pH em água e condutividade elétrica (CE) do solo incubado por 42 dias com diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário, no Ensaio I. .	56
Tabela 10 - Análise de variância para os valores de pH e condutividade elétrica (CE) do solo, avaliados ao longo do período de incubação, corrigido com pó de conchas de sururu (PCS) e calcário, no Ensaio I.	56
Tabela 11 - Análise de variância para as variáveis vegetativas e produtivas do tomateiro cultivado em solo corrigido com diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), número de frutos (NFRU), número de folhas (NF), massa média de frutos (MMFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e volume radicular (VR).	57
Tabela 12 - Análise de variância das variáveis vegetativas do rabanete cultivado em solo submetido à incubação com pó de conchas de sururu (PCS) e diferentes doses de cama de frango: massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), área foliar (AF), altura de plantas (AP), índice relativo de clorofila (SPAD) e número de folhas (NF).....	58
Tabela 13 - Quadrados médios, significância dos fatores pelo teste F, coeficiente de variação (CV) e valor médio do pH, °Brix, Acidez titulável (AT), Índice de Maturação (IM), Diâmetro (Diâm.), Comprimento (Comp.) e Matéria Fresca (MF) das raízes de rabanete.....	58
Tabela 14 – Valores de quadrado médio, significância dos fatores (Incubação, Dose e Interação) pelo teste F, Coeficiente de Variação (CV) e média geral das variáveis de solo estudadas.....	59

Tabela 13 - Modelos ajustados para efeito de diferentes períodos de incubação em função de doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário em sobre a condutividade elétrica (CE) do solo de subsuperfície	60
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Solos brasileiros e a acidez dos solos tropicais	14
2.2 Calagem e correção da acidez do solo	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 Local de execução	20
3.2 Obtenção e preparo dos materiais	20
3.2.1 Corretivos de acidez do solo: pó de conchas de sururu (PCS) e calcário.....	20
3.2.2 Cama de frango.....	21
3.2.3 Solo.....	21
3.3 Ensaio I – Crescimento e produção de tomateiros submetidos a diferentes corretivos de acidez do solo	22
3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos	22
3.4 Ensaio II – Desempenho agrônômico e características físico-químicas do rabanete cultivado em solo sob interação de pó de conchas de sururu com cama de frango para correção da acidez de adubação orgânica	23
3.4.1 Delineamento experimental e tratamentos	23
3.5 Análise estatística.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4. 2 Efeito de comparação entre corretivos de acidez sobre o comportamento químico do solo e o desenvolvimento do tomateiro	25
4.2.1 Efeito de dois corretivos de acidez em função de doses e tempo de incubação na elevação do pH e na condutividade elétrica (CE) do solo	25
4.2.2 Desenvolvimento de tomateiro em solos submetidos a diferentes corretivos de acidez ..	29
4.2.2.1 Desenvolvimento vegetativo	29
4.2.2.2 Desempenho produtivo.....	32
4.3 Efeito da conchagem associada à adubação orgânica no desenvolvimento do rabanete e nos atributos químicos residuais do solo	35
4.3.2 Efeitos sobre a qualidade de pós-colheita das raízes de rabanete.....	38
4.3.3 Efeito residual, nos atributos químicos do solo, da interação da conchagem associada a adubação com cama de frango após cultivo de rabanete	42
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS	50
APENDICE A – TABELAS DE ANALISE DE REGRESSÃO	56
APÊNDICE A – EQUAÇÕES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO SOB DIFERENTES DOSES DE PÓ DE CONCHAS DE SURURU E CALCÁRIO	60

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se entre os maiores produtores de alimentos do mundo, favorecido por sua ampla diversidade edafoclimática. Entretanto, grande parte dos solos utilizados para a produção agrícola apresenta limitações naturais à fertilidade. Entre as principais classes de solos do país, os Latossolos e os Argissolos ocupam aproximadamente 58% do território nacional (Embrapa, 2011). Esses solos são, em geral, profundos e bem estruturados, porém altamente intemperizados, caracterizando-se por elevada acidez, baixos teores de nutrientes e reduzida capacidade de troca catiônica.

A acidez do solo representa uma das principais limitações químicas à produção agrícola em regiões tropicais, uma vez que reduz a disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas e aumenta a concentração de elementos potencialmente tóxicos, especialmente o alumínio. Essas condições restringem o crescimento radicular, diminuem a eficiência da absorção de água e nutrientes e comprometem o desenvolvimento e a produtividade das culturas (Raij, 2011). Nesse contexto, a correção da acidez do solo constitui uma prática fundamental para a sustentabilidade e o aumento da eficiência dos sistemas de produção agrícola.

De forma tradicional, a correção da acidez do solo é realizada por meio da aplicação de calcário agrícola, prática consolidada e amplamente utilizada no Brasil, que visa elevar o potencial hidrogeniônico (pH), neutralizar elementos tóxicos e fornecer cálcio e magnésio. Entretanto, por se tratar de um insumo não-renovável - advindo da cominuição de rochas calcárias, ocasionando impactos ambientais decorrentes de sua extração (Silva *et al.*, 2023) e com o advento da agricultura de base ecológica, surge a demanda por soluções alternativas para correção da acidez do solo.

Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos provenientes de atividades agroindustriais e pesqueiras, como conchas de moluscos, apresenta-se como uma estratégia promissora para correção da acidez e melhoria da fertilidade do solo (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024). Diante disso, o pó das conchas de sururu configura-se como um corretivo alternativo.

O sururu (*Mytella* sp.) é um molusco típico de regiões litorâneas e encontrado em toda costa brasileira, com forte relevância econômica para o Estado de Alagoas (Lima, 2015). Seu beneficiamento e comercialização, especialmente às margens das lagunas Mundaú e Manguaba, geram grandes volumes de resíduos que frequentemente são descartados de forma inadequada, causando sérios problemas ambientais e de saúde pública (Monaco *et al.*, 2015).

O pó das conchas desse molusco é composto principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3), o que lhe confere características químicas equivalente às do calcário calcítico, com

capacidade de reduzir a acidez do solo e aumentar as bases, cálcio e magnésio (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024). Estudos conduzidos na Universidade Federal de Alagoas, pelos autores supracitados, apontam que o pó de concha de sururu (PCS) pode ser usado como corretivo alternativo da acidez do solo funcionando como uma “calagem alternativa”.

Além do seu potencial corretivo, a composição do PCS inclui, em menores concentrações, elementos como silício, enxofre e ferro, que podem exercer efeitos secundários sobre o desenvolvimento de plantas, especialmente em solos com baixa disponibilidade desses elementos.

No contexto da agricultura de base ecológica e da nutrição mineral de plantas, a alta dependência do Brasil por fertilizantes importados, associados ao cenário atual geopolítico, agravados por conflitos internacionais, tem se intensificado a busca por insumos alternativos e mais sustentáveis. Nesse contexto, entre as fontes orgânicas disponíveis destaca-se a cama de frango, uma das fontes orgânicas mais ricas em nitrogênio e potássio, com liberação relativamente rápida de nutrientes, o que torna adequada para culturas de ciclos mais curtos, como as olerícolas (Pelá *et al.*, 2017).

A associação entre corretivos alternativos e a adubação orgânica é apontada na literatura como uma estratégia capaz de potencializar os efeitos de ambos os insumos, favorecendo a mineralização do nitrogênio, a disponibilidade de fósforo e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Peixoto Filho, *et al.*, 2013; Mkhonza, Buthelezi-dube; Muchaonyerwa, 2020).

Diante desse contexto, e considerando a escassez de informações sobre a eficiência do pó de conchas de sururu como corretivo da acidez do solo e sua interação com fontes orgânicas de nutrientes na melhoria das características químicas do solo e no desenvolvimento de espécies olerícolas, o presente trabalho reúne os resultados de dois experimentos conduzidos no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), entre os anos de 2023 e 2025, envolvendo as culturas do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e do rabanete (*Raphanus sativus* L.).

O estudo teve como objetivo avaliar o potencial do pó de conchas de sururu como corretivo alternativo da acidez do solo, por meio de: (i) sua comparação com o calcário convencional quanto aos efeitos sobre as características químicas do solo e o desenvolvimento do tomateiro; e (ii) a avaliação de sua interação com a adubação orgânica no desempenho agrônômico e nas características físico-químicas do rabanete.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Solos brasileiros e a acidez dos solos tropicais

Os solos brasileiros, que por sua vez são resultado de processos de intemperismo e têm como fator predominante na sua formação o clima tropical, ressalvadas as devidas exceções, são naturalmente ácidos. O longo processo de intemperismo resulta em solos profundos, bem drenados e com horizonte B latossólico espesso, no entanto, com características químicas desfavoráveis à produção agrícola sem intervenção corretiva. Conforme dados da Embrapa (2011), os Latossolos e Argissolos representam cerca de 58% do território nacional, evidenciando a realidade dos solos tropicais, que são solos ácidos e de baixa fertilidade natural.

Do ponto de vista da composição mineralógica, esses solos são predominantemente compostos por caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio como a goethita e a gibbsita. Em comparação com os argilominerais do tipo 2:1, esses minerais possuem baixa capacidade de troca catiônica, reduzindo a retenção de nutrientes essenciais para a fertilidade do solo como cálcio, magnésio e potássio (Raij *et al.*, 2001; Meurer, 2017).

Em condições tropicais úmidas tendo como um fato agravante, a lixiviação provocada pelas chuvas, os cátions básicos são deslocados para camadas mais profundas, dificultando o alcance das raízes das plantas. À medida que os teores de cálcio magnésio e potássio diminuem, há um aumento na proporção de H^+ e Al^{3+} , contribuindo para a intensificação da acidez do solo (Sousa; Lobato, 2004).

A acidez do solo é caracterizada pelo excesso de íons H^+ na solução do solo, resultando em valores baixos de pH (Raij, 2011). Nos solos tropicais brasileiros, essa acidez advém de processos pedogenéticos ligados ao clima e vegetações na sua formação (Lepsch, 2021). Além disso, as ações antrópicas intensificam ainda mais a acidez do solo ao decorrer do tempo, com a adubação nitrogenada sob cultivo intensivo é uma das principais práticas agrícolas que agravam a acidificação (Melem Junior, 2002).

A acidez do solo pode ser expressa sob diferentes formas, sendo normalmente classificada em acidez ativa, acidez trocável e acidez não trocável. A acidez ativa corresponde aos íons H^+ presentes na solução do solo, refletindo diretamente o valor de pH. A acidez trocável está relacionada, principalmente, ao alumínio (Al^{3+}) adsorvido aos coloides do solo e passível de substituição por soluções salinas, como o KCl. Já a acidez não trocável refere-se aos íons H^+ retidos nos coloides e que não são facilmente deslocados. A soma da acidez trocável com a acidez não trocável constitui a acidez potencial do solo ($H + Al$) (Raij, 2011).

A acidez do solo em regiões tropicais é o principal fator limitante à produção agrícola, influenciando diretamente na disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento de plantas. Em condições de pH baixo, ocorre aumento da solubilidade de elementos potencialmente tóxicos como o alumínio (Al^{3+}) e o manganês (Mn^{2+}), além da redução da disponibilidade de nutrientes (Raij, 1983; Lopes; Guilherme, 2000). Vale ressaltar que esse comportamento não cabe no ambiente em condições de alagamento, como solo de várzeas, uma vez que, nessas condições, o potencial redox também exerce influência na disponibilidade de nutrientes (Camargo; Santos; Zonta, 1999; Silva; Ranno, 2005).

Entre os principais efeitos da acidez do solo, destaca-se a toxicidade por alumínio, que afeta principalmente o sistema radicular. A presença de Al^{3+} em concentrações elevadas reduz o alongamento e a ramificação das raízes. Além disso, a elevada acidez interfere na disponibilidade e absorção de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P). O P é particularmente afetado, pois, nessas condições de pH, pode ser precipitado por compostos de ferro e alumínio, reduzindo sua disponibilidade (Rahman *et al.*, 2024).

Em virtude disso, a acidez do solo promove restrições ao desenvolvimento radicular, reduz a eficiência de absorção de nutrientes e favorece a ocorrência de deficiências nutricionais, refletindo na produtividade das culturas de interesse. Diante desses fatores, a correção da acidez torna-se uma etapa fundamental para produção agrícola. Nesse contexto, a calagem destaca-se como a principal ferramenta de manejo utilizada para neutralizar a acidez, reduzir a toxicidade do alumínio e disponibilizar nutrientes no solo (Lopes; Guilherme, 2000).

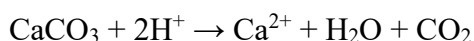
2.2 Calagem e correção da acidez do solo

A calagem é definida como a aplicação de corretivos da acidez, rochas calcárias moídas, com o objetivo de neutralizar a acidez do solo e fornecer cálcio e magnésio, inclusive, é a forma mais barata de fornecer esses nutrientes. Em regiões de condições tropicais, essa prática é fundamental para a conservação da fertilidade, pelas condições já apresentadas dos solos do Brasil (Velooso *et al.*, 2020). Historicamente, o uso do calcário ganhou importância no Brasil a partir da expansão das agriculturas em áreas do Cerrado e da consolidação dos programas de análise de solo, tornando-se uma das principais ferramentas para viabilizar a exploração agrícola dos solos ácidos (Raij, 1983).

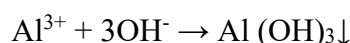
A correção da acidez apresenta um pressuposto básico para o uso eficiente de fertilizante, seja de sintéticos ou não, e para obtenção de elevadas produtividades (Lopes; Guilherme, 2000). Ao reduzir as restrições químicas impostas pela acidez, a prática favorece a

aprofundamento do sistema radicular a amplia o volume de solo explorado pelas plantas, aumentando o acesso à água e nutrientes presentes em camadas mais profundas (Raij, 2011). Dessa forma, a calagem contribui para a maior estabilidade produtiva.

Os mecanismos químicos da correção da acidez iniciam-se com a dissolução do corretivo agrícola no solo. Após sua dissolução, o calcário libera Ca^{2+} e Mg^{2+} para a solução do solo, enquanto ânions carbonato e bicarbonato atuam na neutralização da acidez (Raij, 2011; Veloso *et al.*, 2020). De forma simplificada, esse processo pode ser representado pela reação:



Como resultado, ocorre a redução da concentração de íons H^+ na solução do solo, promovendo a elevação do pH e o aumento da soma de bases (SB) e da saturação por bases (V%) (Veloso *et al.*, 2020). Além disso, o fornecimento de cálcio e magnésio contribui diretamente para a melhoria da fertilidade de solo e nutrição de plantas (Raij *et al.*, 2001). Paralelamente a isso, ocorre a redução da toxicidade por alumínio. A elevação do pH favorece a formação de hidroxilas (OH^-), que reage com o Al^{3+} trocável, promovendo a sua precipitação na forma de hidróxido de alumínio, um composto de baixa solubilidade (Raij, 2011; Veloso *et al.*, 2020), conforme apresentado pela reação:



A precipitação do alumínio reduz a sua atividade tóxica na solução do solo (Raij, 2011; Veloso *et al.*, 2020). Além disso, a elevação do pH reduz a fixação do P por compostos de Fe e Al e cria condições e cria conduções mais favoráveis a atividade biológica do solo (Veloso *et al.*, 2020). Nesse contexto, além do calcário tradicional empregado na agricultura, cresce o interesse pelo uso de materiais alternativos com potencial corretivo, especialmente resíduos ricos em carbonatos, como as conchas de moluscos, que podem associar benefício agrônômicos à destinação ambiental adequada desses resíduos (Silva *et al.*, 2024).

2.3 Alternativas ao calcário na correção da acidez do solo

A correção da acidez do solo é realizada de maneira tradicional com o uso do calcário, porém a busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis tem estimulado o desenvolvimento e utilização de alternativas. Diversos resíduos orgânicos, agrominerais e industriais apresentam

características corretivas, permitindo de maneira simultânea a redução de custos de produção e a mitigação de impactos ambientais decorrente dos descartes desses materiais. Nesse contexto, destacam-se as cinzas vegetais, o biochar e os resíduos provenientes de conchas de moluscos bivalves (Machado *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2015; Centurião *et al.*, 2021), quem vêm sendo amplamente estudados como alternativas para a correção da acidez do solo.

As conchas de moluscos bivalves são constituídas predominantemente por carbonatos de cálcio, apresentando semelhança a corretivos calcários convencionais. Além do potencial de neutralização da acidez, seu aproveitamento agrícola contribui para a destinação adequada desses resíduos. Em virtude dessas características, o uso agrícola de conchas de molusco tem despertado crescente interesse científico (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024).

Diversas espécies de moluscos bivalves têm sido avaliadas quanto ao seu potencial de utilização agrícola de suas conchas. Entre eles destacam-se ostras, mexilhões e sururus, suas conchas apresentam elevada concentração de carbonato de cálcio.

Estudos realizados com mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) demonstram que suas conchas são capazes de elevar o pH do solo e aumentar os teores de Ca e P, apresentando desempenho semelhante aos corretivos convencionais. Da mesma forma, pesquisas envolvendo resíduos de outros moluscos marinhos apontam potencial corretivo e a viabilidade agrônômica para uso em sistemas agrícolas (Martins, 2018; Boni *et al.*, 2023).

A composição química das conchas de sururu evidencia elevados teores de cálcio, associado principalmente a presença de carbonatos. Estudos de caracterização indicam que o material apresenta elevado poder de neutralização e potencial para utilização como corretivo da acidez do solo, podendo atuar de forma semelhante ao calcário agrícola na elevação do pH e na melhoria da fertilidade do solo (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024).

Pesquisas conduzidas com o pó de conchas de sururu (PCS) demonstram que a sua aplicação promove aumento significativo do pH do solo. Ensaio de incubação indicam rápida reação do material no solo (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024).

Além da capacidade corretiva, estudos com rabanete evidenciam incrementos em características agrônômicas relacionadas ao crescimento e à produtividade após a aplicação do PCS. Dessa forma, em função da elevada concentração de carbonatos, do potencial corretivo alternativo da acidez do solo, o pó de conchas de sururu apresenta características que justificam sua avaliação como corretivo alternativo da acidez do solo, especialmente em sistemas agrícolas de base agroecológicas (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024).

2.4 Olericultura, adubação orgânica e Agroecologia

A agroecologia configura-se como um modelo técnico, científico e filosófico destinado a apoiar transição de modelos de agricultura convencional para aqueles que buscam a sustentabilidade, pautados na reciclagem de recursos naturais e na integração de processos. Nesse contexto, a unidade produtiva não deve ser entendida apenas como um local de aporte de insumo e exportação de produtos, mas sim como um organismo agrícola complexo, onde sistemas integrados entre solos, animais e plantas interagem positivamente (Toledo *et al.*, 2013; Souza, 2015).

Dessa forma, a produção de alimentos em harmonia com a natureza exige o redesenho dos agroecossistemas a partir da diversificação e do equilíbrio biológico. O sucesso desses sistemas produtivos está ligado ao balanço adequado entre as entradas e as saídas de nutrientes.

Nessa perspectiva a olericultura apresenta-se de forma expressiva na agricultura de base familiar devido ao alto retorno financeiro que pode proporcionar as áreas reduzidas. Esta atividade está intrinsecamente ligada à segurança alimentar e nutricional. Em sistemas de base agroecológicas, o cultivo de hortaliças permite o uso intensivo da área por meio de consórcios e policultivos, o que otimiza o uso de recursos, como água, luz, nutrientes, além de diversificar a renda do produtor (Toledo *et al.*, 2013)

As culturas olerícolas apresentam grande diversidade de ciclos produtivos, permitindo ao produtor combinar espécies de rápido retorno econômico com outras de maior importância comercial. O rabanete (*Raphanus sativus* L.) destaca-se por possuir um dos menores ciclos produtivos, podendo ser colhido entre 25 e 30 dias após a semeadura. Já o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) possui elevada importância socioeconômica, sendo uma das principais hortaliças do tipo fruto cultivadas no Brasil e amplamente utilizada na alimentação humana (Toledo *et al.*, 2013).

A adubação orgânica é um princípio fundamental da agroecologia que visa manter ou melhorar a fertilidade do solo por meio da utilização de recursos naturais e da atividade biológica do solo. Diferente dos fertilizantes sintéticos, as fontes orgânicas promovem o enriquecimento gradual do solo com macronutrientes e micronutrientes, além de aumentar o teor de matéria orgânica e a capacidade de troca catiônica. Esse processo pode favorecer a agregação do solo, melhor a retenção de água e reduz as perdas de nutrientes, resultando em um sistema mais equilibrado (Garcia *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, a utilização de resíduos de conchas de moluscos, como o pó de conchas de sururu (*Mytella* sp.), associada à adubação orgânica, apresenta-se como uma alternativa promissora para correção da acidez do solo em pequenas unidades produtivas. A elevada concentração de carbonato de cálcio presente nas conchas, combinada ao potencial de

materiais orgânicos como a cama de frango, contribui para o estabelecimento do equilíbrio químico do solo de forma sustentável. Nesse contexto, torna-se relevante avaliar o comportamento do pó de conchas de sururu associada ou não a adubação orgânica na correção da acidez do solo e no desenvolvimento de culturas olerícolas, tema abordado no presente estudo (Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de execução

Os experimentos foram conduzidos de maneira sucessiva entre os anos de 2023 e 2025 em casa de vegetação pertencentes ao curso de Bacharelado em Agroecologia e outra vinculada ao laboratório BioVEG, ambas localizadas no *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), município de Rio Largo-AL, localizado a $-9,4659918^\circ$ de latitude e $-35,8269499^\circ$ de longitude.

3.2 Obtenção e preparo dos materiais

3.2.1 Corretivos de acidez do solo: pó de conchas de sururu (PCS) e calcário

As conchas de sururu foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), localizado às margens da Laguna Mundaú, no município de Maceió-AL. Antes da trituração, as conchas foram lavadas em água corrente e secas ao sol. O PCS foi obtido pela trituração das conchas em triturador de resíduos orgânicos da marca TRAPP, modelo TR200, sendo o material posteriormente peneirado em malha de 2,00 mm.

O calcário agrícola utilizado no Ensaio I foi adquirido no comércio local e empregado como corretivo de referência para comparação com o PCS. Amostras do PCS e do calcário foram submetidas à caracterização química, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do calcário e do pó de concha de sururu (PCS) utilizado no ensaio I e II

Elementos	PCS (I)	PCS (II)	Calcário
CaO (g kg ⁻¹)	51,60	53,94	28,00
MgO (g kg ⁻¹)	0,17	0,18	12,00
Na ₂ O (g kg ⁻¹)	0,32	-	-
SO ₃ (g kg ⁻¹)	0,36	-	-
SiO ₂ (g kg ⁻¹)	0,79	0,13	-
Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	0,74	0,10	-
Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	0,11	-	-
P ₂ O ₅ (g kg ⁻¹)	-	0,20	-
K ₂ O (g kg ⁻¹)	-	0,03	-
SrO (g kg ⁻¹)	-	0,14	-
Soma de óxidos ⁽¹⁾	51,77	54,12	40,00
PN (E CaCO ₃) ⁽²⁾	84,80	102,50	81,00
pH de abrasão	8,0	-	9,2

⁽¹⁾ (CaO + MgO); ⁽²⁾ Equivalente a carbonato de cálcio

Fonte: o autor (2026)

Neste trabalho, o termo "conchagem" refere-se ao processo de incubação do corretivo alternativo à base de conchas de moluscos no solo.

3.2.2 Cama de frango

O esterco avícola (cama de frango) foi adquirido em um aviário localizado na Agrovila Muitos Rios, no município de Caaporã-PB. O material, previamente curtido, foi peneirado em peneira com malha de 2,00 mm para remoção de impurezas e homogeneização. Amostras da cama de frango foram submetidas à caracterização química, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização química da cama de frango utilizada como fonte de adubação orgânica no Ensaio II

Elemento	Concentração
N total (g kg ⁻¹)	25,80
P ₂ O ₅ (g kg ⁻¹)	37,50
K ₂ O (g kg ⁻¹)	17,20
Ca (g kg ⁻¹)	19,13
Mg (g kg ⁻¹)	5,32

Fonte: o autor (2026)

3.2.3 Solo

O solo foi coletado em camadas subsuperficiais (Ensaio I) e superficiais (Ensaio II) no CECA/UFAL. Após a coleta, o material foi peneirado em peneira de abertura de malha de 2,00 mm para remoção de pedras e garantir homogeneidade de textura, sendo submetido a análises físicas e químicas para caracterização prévia (Tabela 3).

Tabela 3 – Caracterização química e física dos solos utilizados nos ensaios I e II

Determinações	Ensaio I	Ensaio II
pH em água (1:2,5)	4.60	4.80
Na (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	5.00	17.00
P (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	2.00	4.00
K (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	33.00	63.00
Ca (cmol _c dm ⁻³) ⁽²⁾	0.17	1.97
Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁽²⁾	0.20	0.98

Determinações	Ensaio I	Ensaio II
Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽²⁾	0.90	0.32
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽³⁾	2.56	5.15
CTCefetiva (cmol _c dm ⁻³)	1.37	3.50
CTC Total (cmol _c dm ⁻³)	3.03	8.33
MO (g kg ⁻¹) ⁽⁴⁾	0.40	27.50
V (%) ⁽⁵⁾	16.00	38.00
m (%) ⁽⁶⁾	66.00	9.00
Sat.de Ca (%)	5.60	23.60
Sat.de Mg (%)	6.60	11.80
Sat.de K (%)	2.60	1.90
Sat.de Na (%)	0.70	0.80
Argila (g kg ⁻¹)	480.00	210
Silte (g kg ⁻¹)	190.00	130
Areia (g kg ⁻¹)	330.00	210

(1) Extrator de Mehlich-1; (2) Extrator de KCl 1,0 M; (3) Método SMP; (4) Método de WelkleyBlack; (5) Saturação por bases; (6) Saturação por alumínio.

Fonte: o autor (2026)

3.3 Ensaio I – Crescimento e produção de tomateiros submetidos a diferentes corretivos de acidez do solo

3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo, sendo dois corretivos de acidez do solo, calcário e PCS, em cinco doses: 0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 t ha⁻¹, totalizando 10 tratamentos. Para incubação dos corretivos foram usadas 5 repetições de cada tratamento, já para produção do tomateiro foram consideradas 4 repetições. Foi utilizado Latossolo Amarelo de camadas subsuperficiais cujas características evidenciam um solo com baixa fertilidade de elevada acidez (Tabela 3).

Para incubação, tanto o PCS quanto o calcário foram peneirados em peneiras de 0,30 mm e incubados no solo nas respectivas doses, utilizando-se 6 kg de solo por unidade experimental. O solo permaneceu incubado por 60 dias, mantido sob capacidade de campo durante todo o período. Após a incubação, foi realizada a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio nas doses de 300, 200 e 150 mg dm⁻³, respectivamente. O potássio e o Nitrogênio foram divididos em três aplicações sendo 1/3 no plantio e os demais durante o desenvolvimento

da cultura, e em seguida foram transplantadas mudas de tomate da variedade Bardo, mantidas em casa de vegetação até a colheita.

3.3.2 Variáveis avaliadas

Aos 80 dias após o transplântio das mudas de tomate, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura média de plantas, número de folhas, área filiar, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, massa seca e volume de raiz, número de frutos por planta, massa média de frutos, comprimento médio dos frutos e diâmetro médio dos frutos.

O solo foi avaliado quanto ao pH, conforme metodologia da Embrapa (Teixeira, 2017), e a condutividade elétrica (CE) na mesma solução após aferição do pH. As avaliações foram feitas durante 42 dias, totalizando 6 avaliações com um intervalo de 7 dias (7, 14, 21, 27, 35 e 42 dias após incubação).

3.4 Ensaio II – Desempenho agrônômico e características físico-químicas do rabanete cultivado em solo sob interação de pó de conchas de sururu com cama de frango para correção da acidez de adubação orgânica

3.4.1 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial duplo 2 x 5, sendo dois períodos de incubação do solo com o PCS (0 e 30 dias) e cinco doses de esterco avícola: 0,0; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 t ha⁻¹, totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, resultando em 40 unidades experimentais.

A dose de pó de conchas de sururu (PCS) foi calculada pelo método da elevação da saturação por bases (V%), considerando um Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 100% e uma saturação por bases desejada de 70%. Com base nesses critérios, foi estabelecida a dose equivalente a 2,6 t ha⁻¹, correspondente à quantidade aplicada em cada unidade experimental contendo 2,20 kg de solo.

No tratamento com incubação, o PCS foi incorporado ao solo 30 dias antes da semeadura, permanecendo incubado durante esse período. No tratamento sem incubação, o corretivo foi aplicado e incorporado ao solo no mesmo dia da semeadura. Em ambos os tratamentos, a adubação orgânica foi realizada no dia da semeadura, sendo todas as unidades

experimentais semeadas na mesma data, em sistema de plantio direto. O ciclo da cultura foi de 32 dias.

3.4.2 Variáveis avaliadas

Com relação a planta, foram avaliadas variáveis vegetativas e nas características físico-químicas. Para o desempenho vegetativo: altura de planta, número de folhas, área foliar, massa fresca das folhas e índice de clorofila SPAD, obtido com clorofilômetro portátil Konica Minolta modelo 502 Plus. Para qualidade de raiz: diâmetro, comprimento, massa fresca das raízes, pH, acidez titulável (AT, % de ácido málico), teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) e índice de maturação ($^{\circ}$ Brix/AT), conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985).

No solo avaliou-se o efeito residual, após a colheita do rabanete, nas seguintes variáveis: pH, teores de cálcio, magnésio e alumínio.

3.5 Análise estatística

Os dados de ambos os ensaios foram submetidos a análise de variância (ANOVA), os resíduos foram testados quanto a normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett a 5 % de probabilidade, respectivamente. Quando os pressupostos não foram atendidos, os dados foram transformados por raiz quadrática $\sqrt{x}$ ou logaritmo $\log(x)$, conforme a natureza dos dados. As análises de inferência, seleção de modelos e testes de médias, foram conduzidos nos dados transformados, porém os resultados são apresentados nos valores reais.

Quando constatada a significância pelo teste F ($P < 0,05$), as variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey a 5 % de probabilidade e as quantitativas foram submetidas a análise de regressão linear ou quadrática. Para esses, foram usados critérios de seleção de modelo com base na sindicância dos parâmetros do modelo, desvio de regressão e coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}). As análises estatísticas foram realizadas no software R, utilizando os pacotes *AgroR* versão 1.3.7 (Shimizu; Marubayashi; Gonçalves, 2025) e *ExpDes.pt* versão 1.2.2 (Ferreira; Cavalcante; Nogueira, 2014; Ferreira; Cavalcante; Nogueira, 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização química do pó de concha de sururu (PCS)

Os resultados da caracterização química do PCS se apresentam como promissores para utilização do pó como corretivo alternativo da acidez do solo. O óxido cálcio (CaO), é principal componente das conchas varia de 51 a 53 %, com traços de outros elementos como o enxofre, magnésio, silício, fósforo, potássio e estrôncio. Os valores observados corroboram resultados encontrados na literatura dos quais os valores de CaO variam de 43 % a 53 % com a presença de traços de outros elementos que não passam de 1 % (Rocha, 2004; Silva *et. al.*, 2010; Cardoso, 2019).

Os teores de outros óxidos como o de magnésio (MgO), enxofre (SO₃) e silício (SiO₂), foram relativamente baixo. Em bora presentes em baixos teores, esses elementos podem contribuir, de forma secundária, para composição mineral do material, com provável contribuição para vários processos metabólicos das plantas.

A Instrução normativa número 35 de 04 de julho de 2006 (Brasil, 2006), que trata dos corretivos de acidez do solo, estabelece os limites necessário para um material ser considerado corretivo de acidez do solo, ao qual devem apresentar no mínimo 38% de soma de óxidos e 67% de poder de neutralização (PN), os valores encontrados no PCS satisfazem o que se pede na legislação. O PN variando de 85% a 102% indicam elevado potencial de neutralizante do PCS, sugerindo capacidade de correção de acidez compatível com corretivos convencionais. Assim, o PCS apresenta características de calcário calcítico - alta concentração de CaO e baixa de MgO.

4. 2 Efeito de comparação entre corretivos de acidez sobre o comportamento químico do solo e o desenvolvimento do tomateiro

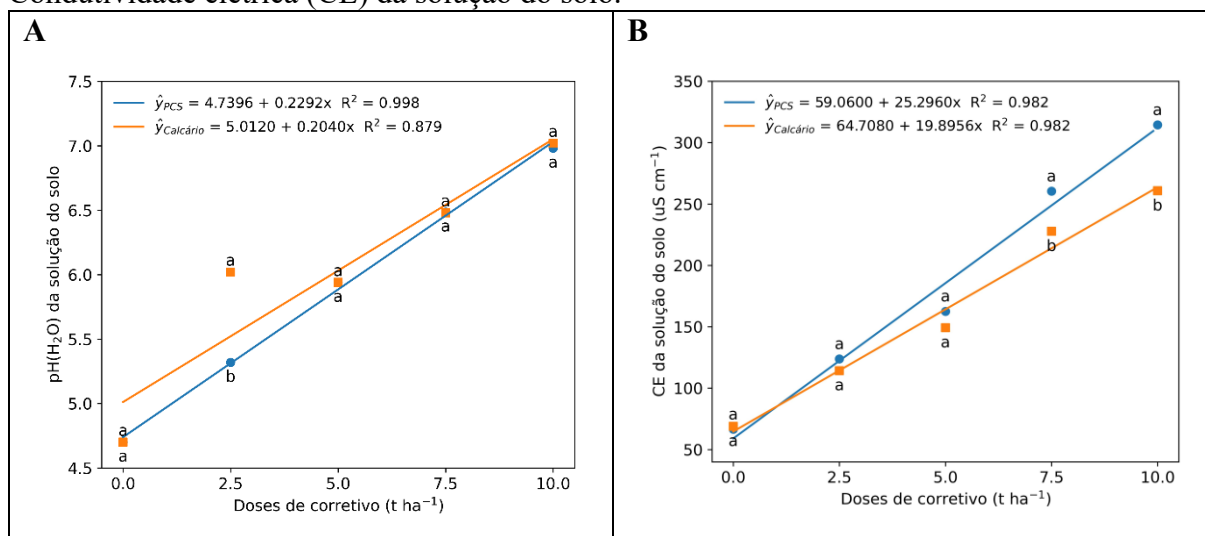
4.2.1 Efeito de dois corretivos de acidez em função de doses e tempo de incubação na elevação do pH e na condutividade elétrica (CE) do solo

A análise de variância revelou efeito significativo entre a interação dos fatores (dose e produto), tanto para o pH quanto para a CE do solo, indicando que a resposta de cada corretivo no solo depende da dose aplicada.

Para o pH, o efeito da interação evidencia comportamentos distintos entre os dois corretivos ao longo das doses testadas (Figura 1). De maneira geral, ambos os produtos (PCS e

calcário) elevaram o pH do solo em relação a testemunha (dose 0,0 t ha⁻¹) com efeito linear, como observado na Figura 1A, o que é esperado, dado que tanto o PCS (Silva *et al.*, 2024) quanto o calcário são fontes de carbonatos capazes de neutralizar a acidez ativa. A média geral indica um pH de aproximadamente 6, valor consideravelmente superior ao inicial (4,6), o que indica efetividade de ambos os corretivos.

Figura 1 - Efeito da interação entre doses e diferentes corretivos da acidez no pH e na Condutividade elétrica (CE) da solução do solo.



Pontos observados seguidos de letras minúsculas iguais, dentro de cada dose, não diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Assim como observado para o pH, a condutividade elétrica (CE) do solo também foi influenciada pelos corretivos aplicados (Figura 1B). A variável apresentou média geral de 175 µS cm⁻¹ e coeficiente de variação de 11,23%, indicando boa precisão experimental. A CE reflete a concentração de íons em solução no solo e pode ser influenciada pelo aporte de íons provenientes dos corretivos, especialmente os cátions Ca²⁺ e Mg²⁺, além de outros elementos presentes no PCS e no calcário. Nesse contexto, os maiores valores de CE observados para o PCS podem estar associados à sua maior concentração de óxidos, aproximadamente 11 pontos percentuais superior à do calcário. Considerando que ambos os corretivos apresentavam a mesma granulometria (< 0,30 mm) e valores de poder de neutralização (PN) semelhantes, essa diferença sugere maior aporte de espécies iônicas à solução do solo promovido pelo PCS.

Ao avaliar separadamente os produtos, quanto à eficiência das doses testadas durante o tempo de incubação, a ANOVA indicou efeito significativo para a interação entre os fatores (Tempo de incubação versus doses), para as duas variáveis testadas, pH e CE. Foi identificada

a diferença entre os corretivos apenas na condutividade elétrica, em que os valores observados foram, respectivamente, de 141 e 132 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para o PCS e o calcário. Apesar da diferença observada nas respostas em função das doses, a média geral de pH foi semelhante entre os corretivos (5,8).

Observando os modelos ajustados para o pH, para cada dose em função do período de incubação (Tabela 4) é possível observar que, o PCS, a partir da dose 2,5 t ha^{-1} ajusta-se para os modelos lienar-Plateau e Mitscherlich, o mesmo acontece para calcário a partir de 5,0 t ha^{-1} . Esses modelos apresentam como característica a estabilização da variável resposta após determinado ponto em um platô para o lienar-Plateau (Peixoto; Faria; Moraes, 2011) e em uma assíntota para o Mitscherlich (Viana *et al.*, 2023), indicando pouca ou nenhuma alteração no pH do solo em função do aumento do período de incubação.

Tabela 4 - Modelos ajustados para efeito de diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário em função do período de incubação sobre o pH do solo.

Produto: PCS		Variável: pH (H ₂ O)			
Dose (t ha ⁻¹)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (dias)	R ²
0.0	Média	$\hat{y} = 4,8$	—	—	—
2.5	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,807 + 0,0271x \ (x \leq xc)$	5.387	21.4	0.679
5.0	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,920 + 0,0486x \ (x \leq xc)$	5.961	21.4	0.855
7.5	Lin-Plateau	$\hat{y} = 5,560 + 0,0457x \ (x \leq xc)$	6.496	20.5	0.797
10.0	Mitscherlich	$\hat{y} = 1,358(1 - e^{-0,1136x}) + 5,634$	6.992	—	0.663
Produto: Calcário		Variável: pH (H ₂ O)			
Dose (t ha ⁻¹)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (dias)	R ²
0.0	Média	$\hat{y} = 4,8$	—	—	—
2.5	Linear	$\hat{y} = 4,9747 + 0,0250x$	—	—	0.626
5.0	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,880 + 0,0486x \ (x \leq xc)$	5.914	21.3	0.84
7.5	Mitscherlich	$\hat{y} = 3,679(1 - e^{-0,1598x}) + 2,881$	6.561	—	0.769
10.0	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,500 + 0,1571x \ (x \leq xc)$	7.014	16.0	0.941

Fonte: o autor (2026)

Nesse sentido, é possível observar que o pH tende a estabilização a partir de aproximadamente 21 a 22 dias para ambos os corretivos, com ressalva para o calcário na dose de 10,0 t ha^{-1} que precisou de aproximadamente 16 dias para estabilização. Esses resultados indicam que, para ambos os corretivos, cerca de 20 dias de incubação é suficiente para elevar o pH até sua estabilização em solos com caráter argiloso (48% de argila).

Para a condutividade elétrica, diferente do pH, ocorreu ajustes no modelo linear (Tabela 5), cujas curvas ajustadas encontram-se no Apêndice A, indicando que não houve estabilização da liberação de íons, exceto para o calcário que apresentou um ajuste de linear-plateau na dose

10 com estabilização a partir do dia 24. A testemunha (dose 0) de ambos os corretivos não apresentou efeito significativo no desdobramento e a dose de 2,5 t ha⁻¹ não se ajustou aos modelos testados, indicando que esta não apresentou incremento significativo de CE até 42 dias.

Tabela 5 - Modelos ajustados para efeito de diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário em função do período de incubação sobre a condutividade elétrica (CE) do solo.

Produto: PCS		Variável: CE (μS cm ⁻¹)			
Dose (t ha ⁻¹)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (dias)	R ²
0.0	Média	$\hat{y} = 60,4$	—	—	—
2.5	Linear	$\hat{y} = 42,81 + 1,843x$	—	—	0.611
5.0	Linear	$\hat{y} = 72,55 + 1,982x$	—	—	0.595
7.5	Linear	$\hat{y} = 118,48 + 2,807x$	—	—	0.679
10.0	Linear	$\hat{y} = 172,78 + 3,034x$	—	—	0.546

Produto: Calcário		Variável: CE (μS cm ⁻¹)			
Dose (t ha ⁻¹)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (dias)	R ²
0.0	Média	$\hat{y} = 60,8$	—	—	—
2.5	Média	$\hat{y} = 87,4$	—	—	—
5.0	Linear	$\hat{y} = 75,67 + 1,615x$	—	—	0.541
7.5	Linear	$\hat{y} = 103,49 + 2,719x$	—	—	0.589
10.0	Lin-Plateau	$\hat{y} = 137,25 + 4,664x (x \leq xc)$	251,9	24,6	0.347

Fonte: o autor (2026)

Esses resultados sugerem que a estabilização do pH ocorreu antes da estabilização do CE. Esse comportamento indica que, embora a neutralização da acidez ativa tenha atingido um equilíbrio em aproximadamente 20 dias, a dissolução dos componentes corretivos dos insumos e a liberação dos íons em solução permaneceram ocorrendo ao longo do período de incubação estudado. Embora relacionados, pH e CE refletem processos diferentes na solução do solo, enquanto o pH responde à neutralização do cátion H⁺, a CE reflete a concentração total de íons dissolvidos. Dessa maneira, a estabilização do pH não implica necessariamente na interrupção da dissolução dos corretivos.

Esse comportamento pode ser explicado pela capacidade tampão do solo, que reduz a variação do pH a incrementos adicionais de bases após determinado ponto de neutralização, enquanto a CE continua respondendo ao aumento da concentração total de íons presente na solução. Araújo (2019) aponta que o poder tampão do solo pode ser influenciado por componentes químicos, pelo teor de matéria orgânica e pela concentração de argila.

Considerando que o solo utilizado nesta pesquisa, apresenta caráter argiloso (48% de argila), o que justifica a dissincronia entre o pH e CE neste estudo.

Em suma, os insumos apresentaram eficiência corretiva semelhantes, porém alteraram de forma diferente no ambiente eletroquímico da solução do solo.

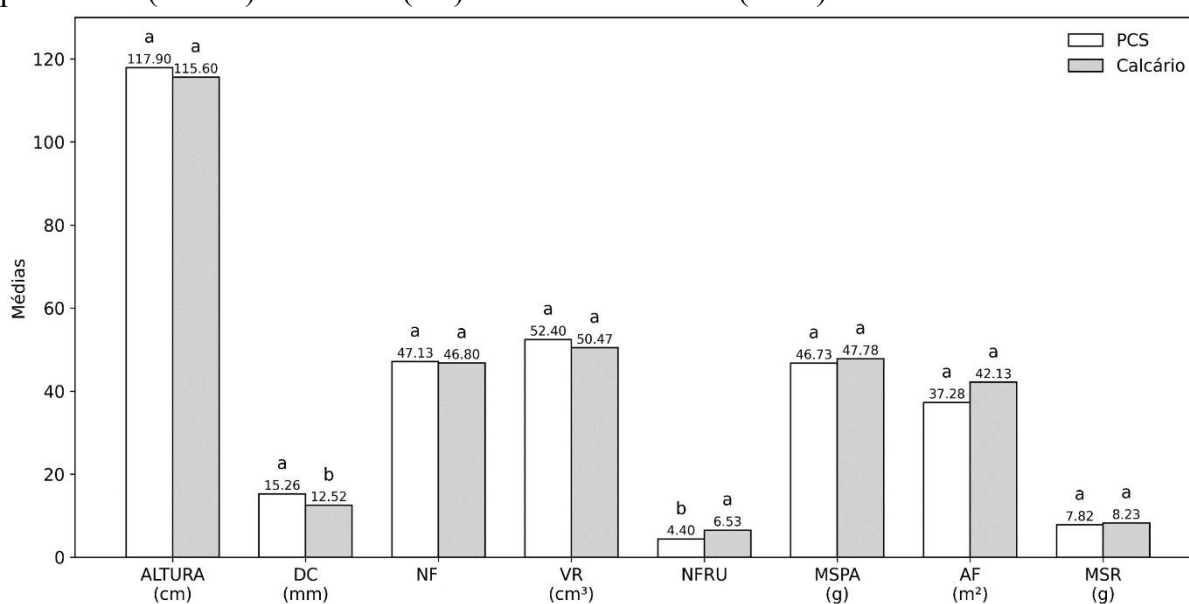
4.2.2 Desenvolvimento de tomateiro em solos submetidos a diferentes corretivos de acidez

4.2.2.1 Desenvolvimento vegetativo

Para as variáveis altura de planta, área foliar (AF), volume de raiz (VR), número de folhas, matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR) não houve efeito significativo para o fator isolado indicando que, em termos de crescimento vegetativo geral, o PCS e o calcário, foram estatisticamente iguais (Figura 2).

A figura abaixo, traz os resultados do comportamento vegetativo e produtivo do tomateiro em função do efeito da correção do solo com dois corretivos de acidez do solo. Os resultados demonstram que para as variáveis de desenvolvimento a diferença observada apenas no diâmetro do caule, já para o número de frutos, o tomateiro sob calagem convencional apresentou superioridade atestada pelos testes F.

Figura 2 - Efeito isolado dos corretivos de acidez de solo na altura de planta, diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), volume de raiz (VR), número de frutos (NFRU), massa seca da parte aérea (MSPA) área foliar (AF) e massa seca da raiz (MSR) de tomateiro.



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

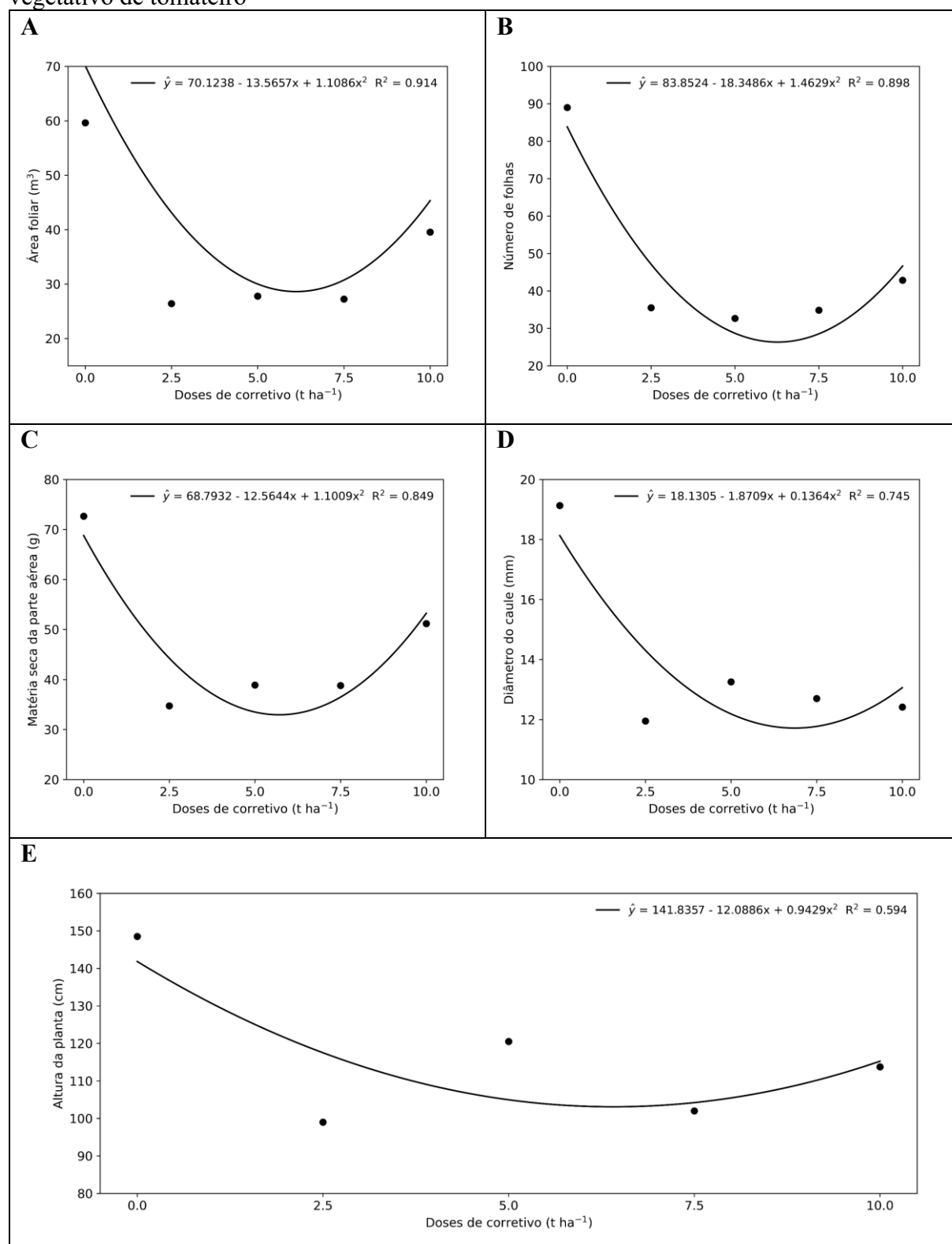
Fonte: o autor (2026)

Esse resultado é relevante do ponto de vista agroecológico, uma vez que demonstra que o resíduo de sururu é capaz de sustentar o desenvolvimento vegetativo do tomateiro em níveis de competitividade com o corretivo convencional. Considerando que os corretivos apresentam a mesma granulometria ($< 0,30$ mm) e valores próximos de PN, os resultados sugerem equivalência quanto a eficiência para correção da acidez e ao crescimento vegetativo da cultura.

A área foliar, o número de folhas, diâmetro do caule, altura e massa seca da parte aérea (MSPA) responderam significativamente ao fator dose, com comportamento polinomial (Figura 3) em função das doses do corretivo. Embora os corretivos tenham promovido elevação do pH do solo, o aumento das doses resultou em redução das variáveis vegetativas.

O solo do presente estudo, apresentou condições químicas totalmente desfavoráveis ao cultivo, com valores baixos de CTC, desequilíbrio de bases e alta acidez. Considerando os baixos valores de Ca e Mg no solo e a necessidade de correção da relação Ca:Mg, um corretivo com composição intermediária entre calcítico e dolomítico seria o mais adequado para promover a elevação do teor de Mg trocável e devolver o equilíbrio entre Ca:Mg.

Figura 3 - Efeito isolado das doses de corretivos da acidez do solo no desenvolvimento vegetativo de tomateiro



Fonte: o autor (2026)

Considerando uma saturação por bases de 80%, a recomendada para o tomate, seria necessária uma quantidade de calcário próxima de 2,4 t ha⁻¹ para um calcário com PRNT de

80%, equivalente aos corretivos utilizados nessa pesquisa. Nesse sentido, a dose $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ pode ser considerada ideal nas condições em que o solo se encontrava e as demais doses podem ser consideradas superdosagens, um desequilíbrio para complexo químico do solo.

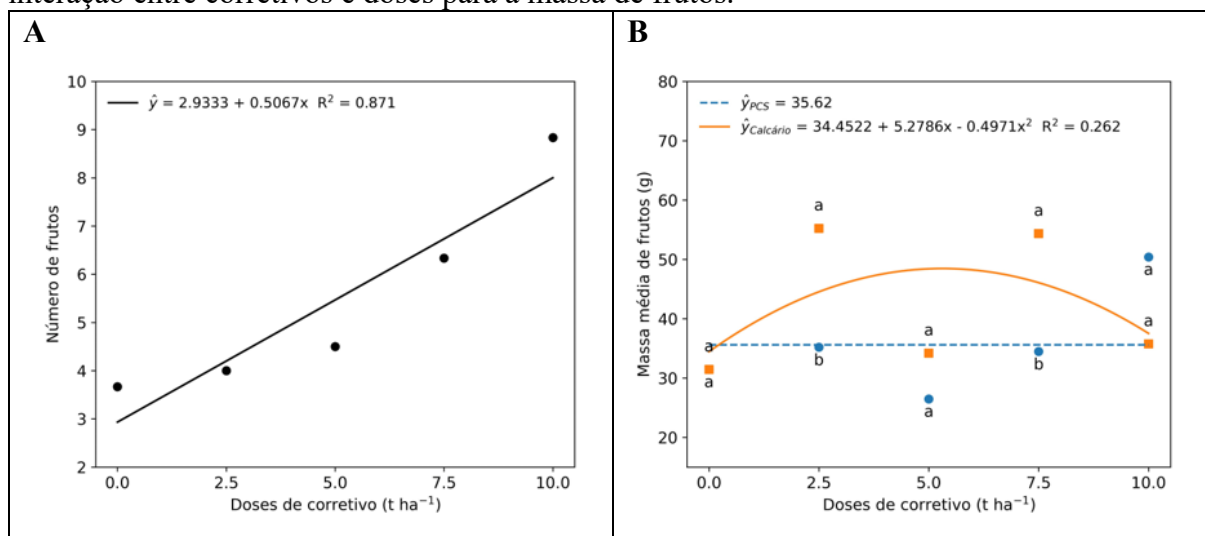
O cálcio (Ca) pode exercer função antagônica a outros elementos nutricionais. Para o potássio (K) e magnésio (Mg), o Ca compete pelos mesmos sítios de absorção da planta (Medeiros *et al.*, 2008). Já em relação ao fósforo, o Ca complexa esse elemento em fosfato de cálcio (Raij, 2011), por um processo denominado de retrogradação. Em suma, o excesso de cálcio pode precipitar ou dificultar a absorção de outros nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das plantas.

Os resultados sugerem que o aumento das doses dos corretivos promoveu um desequilíbrio nutricional associado ao excesso de cálcio no solo. Esse efeito é essencialmente importante para o tomateiro, por ser uma cultura de alta exigência nutricional, o que explica a redução das variáveis das variáveis vegetativas em função do aumento das doses de ambos os corretivos.

4.2.2.2 Desempenho produtivo

A produção de frutos foi influenciada pelos tratamentos. O número de frutos por planta respondeu significativamente ao fator produto e a dose, com o calcário apresentado média de 6,5 frutos por planta, contra 4,43 do PCS (Figura 2). Como observado na Figura 4A, o número de frutos aumentou de forma linear com crescimento de 0,5 frutos a cada tonelada aplicada.

Figura 4 - Número de frutos e massa média de frutos de tomateiro desenvolvidos sob solo corrigidos com dois corretivos da acidez do solo. Efeito isolado para número de frutos e interação entre corretivos e doses para a massa de frutos.



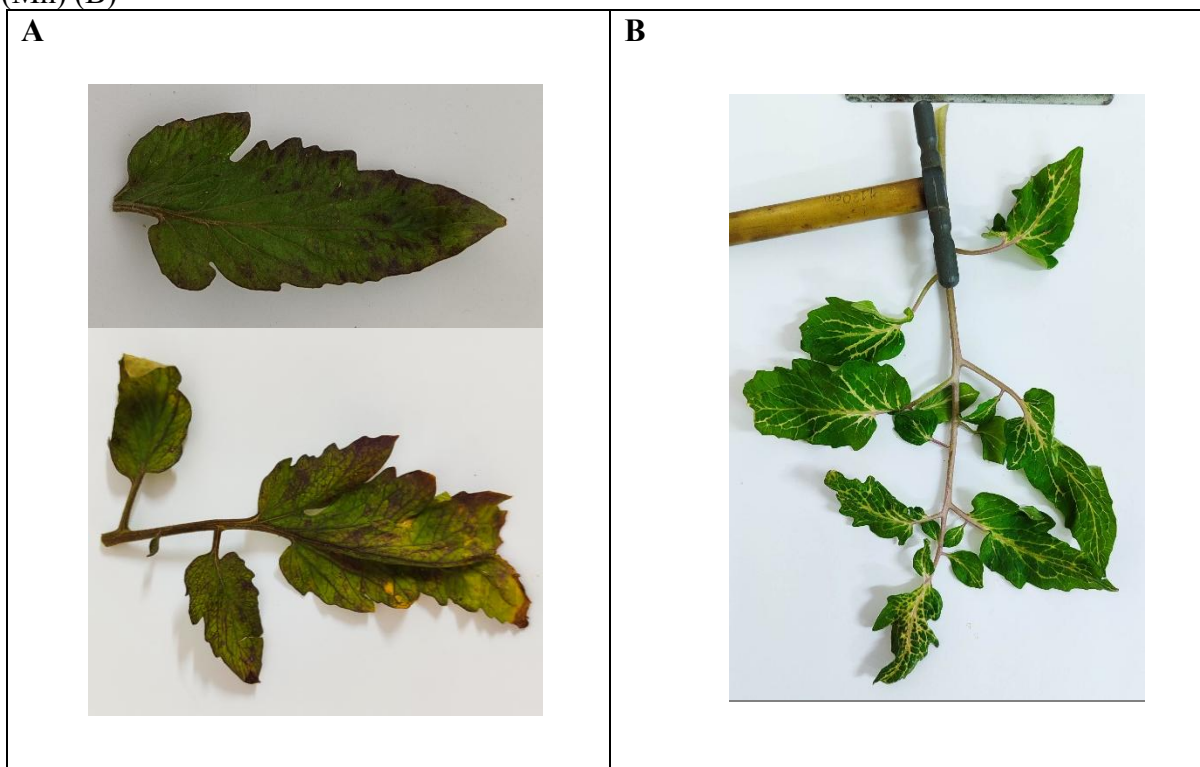
Pontos observados seguidos de letras minúsculas iguais, dentro de cada dose, não diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Apesar da superioridade do calcário, o número de frutos para os dois corretivos é consideravelmente pequeno, esse efeito pode estar correlacionado ao desequilíbrio químico do solo. O solo escolhido apresentou, propositalmente, baixa fertilidade e com valores quase nulos de matéria orgânica, sendo feito apenas adubação química sintética com nitrogênio, fósforo e potássio. Diante disso, a elevação das doses dos corretivos pode ter ocasionado desequilíbrio químico no solo, evidenciado pelo desenvolvimento vegetativo, ao qual a testemunha apresentou destaque em relação aos tratamentos (Figura 3).

Outro ponto que confirma essa hipótese do desequilíbrio químico, foi a expressão das deficiências de fósforo e manganês (Figura 5). A deficiência de fósforo se expressa com a redução do crescimento da planta e com o aparecimento de folhas com áreas arroxeadas ou roxo-amarronzadas (Silva *et al.*, 2006), os mesmos sintomas foram encontrados nas plantas de tomate para os dois materiais testados, as machas nas folhas foram observadas a partir do tratamento com 5 toneladas. A deficiência de manganês se apresenta, principalmente nas folhas mais novas, como clorose internerval (Texeira, 2022) esta, se apresentou em 50% das parcelas a partir da dose 5 t ha⁻¹, apenas para o calcário, para o PCS foi observado em uma única unidade experimental na dose de 10 t ha⁻¹.

Figura 5 - Folíolos de tomateiro expressando provável deficiência de fósforo (A) e manganês (Mn) (B)



Fonte: o autor (2026)

Casagrande *et al.*, (2003) avaliando a adsorção de fosfato em Latossolos vermelhos e amarelos do estado de São Paulo identificaram uma adsorção significativa de fosfato a partir de pH 6, enquanto Rosa, Caponi e Zanão Junior, (2016) relataram a queda da disponibilidade de fósforo a partir de pH (Cl_2Ca) 5,8 em um Latossolo vermelho distrófico no Paraná. Esses autores corroboram os resultados dessa pesquisa.

Conforme Silva e Berti (2022), a dinâmica do manganês (Mn) no solo apresenta contrastes em função do pH, matéria orgânica e equilíbrio com outros cátions (Fe, Ca e Mg). Prado (2021) relata que o aumento do pH no solo pode ocasionar deficiência de Mn e Heinrichs *et al.* (2008) observou que o aumento da saturação por bases de 50% para 70% reduziu o teor de Mn nas folhas de feijão.

Diante de exposto, a provável deficiência de Mn expressas no tomateiro pode ter ocorrido devido a soma de diversos fatores: (1) ao aumento do pH em função dos incrementos das doses dos corretivos, (2) ao aumento da concentração de Ca pelos dois corretivos e (3) pelo aumento da concentração de Mg pelo calcário.

A massa média de frutos sofreu efeito da interação entre produto e dose. No entanto, para o desdobramento doses dentro de cada produto modificador do pH, a massa de frutos não foi influenciada pelas doses no PCS. Contudo, para o calcário, a massa de frutos apresentou

efeito quadrático, diferindo do PCS nas doses centrais, evidenciado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O modelo apresentar dose ótima em valores estimado de $5,3 \text{ t ha}^{-1}$, mas em virtude de seu coeficiente de determinação ser muito baixo ($R^2 = 0,262$), esse resultado deve ser interpretado com cautela. Deste modo, como observado na figura 4B, para as doses iniciais, o calcário apresentou frutos mais pesados em relação aos cultivados em solos sobre efeito de conchagem.

4.3 Efeito da conchagem associada à adubação orgânica no desenvolvimento do rabanete e nos atributos químicos residuais do solo

4.3.1 Efeito do período de incubação e doses de cama de frango em características vegetativas do rabanete

A análise de variância sobre as variáveis vegetativas do rabanete estudadas demonstram que o período de incubação (0 e 30 dias) foi significativo para todas as variáveis. As doses de cama de frango afetaram a massa fresca (MF), área foliar (AF) e altura, mas não surtiu efeito no índice de clorofila SPAD e no número de folhas (NF).

Por outro lado, a interação entre os fatores (incubação e doses de cama de frango) foi significativa apenas para MF e AF, indicando que a resposta do adubo e do tempo de incubação do corretivo depende de uma combinação. Os valores de coeficiente de variação foram inferiores a 21%, indicando boa precisão experimental. Esses resultados indicam que tanto o período de incubação do PCS quanto as doses de cama de frango exercem influência sobre o desenvolvimento do rabanete. Nesse sentido, é possível observar na Tabela 6 que o tratamento com 30 dias de incubação proporcionou valores superiores de altura de planta, NF e MS, em comparação com a aplicação do corretivo sem incubação (0 dia).

Tabela 6 - Efeito diferentes períodos de incubação do corretivo de acidez (PCS) sobre o índice de clorofila SPAD, número de folhas (NF), altura e matéria seca (MS) do rabanete.

Período (d)	SPAD	NF	Altura (cm)	MS (g)
0 dias	41,34 a	5,90 b	16,79 b	0.75 b
30 dias	36,76 b	6,55 a	19,67 a	0.93 a
CV (%)	9,00	14,44	9,37	13.56
Média	39,05	6,22	18,23	0,84

Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

O melhor desempenho das plantas cultivadas em solo incubado por 30 dias sugere que o período de incubação prévio favoreceu a estabilização parcial das reações químicas de correção da acidez ativa promovidas pelo PCS. Conforme observado no ensaio I, no qual grande parte da elevação do pH ocorreu nos primeiros 20 dias após aplicação do corretivo e dos estudos feitos por Silva *et al* (2024) que apontam 30 dias como sendo suficiente para correção da acidez ativa pela conchagem, indicam que o período de incubação utilizado no presente ensaio foi suficiente para promover as alterações químicas necessárias para correção do solo.

Além do aporte de matéria orgânica, a cama de frango utilizada apresentou concentrações relevantes de N, P₂O₅, K₂O, Ca e Mg, o que provavelmente contribui para o incremento do crescimento vegetativo do rabanete. A incubação provavelmente favoreceu a condições químicas mais adequadas a decomposição da matéria orgânica e a disponibilização de nutrientes, em outras palavras, a correção da acidez criou um ambiente favorável para mineralização mais rápida da matéria orgânica usada na adubação e a absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em um acúmulo maior de biomassa (Meinhardt, 2015).

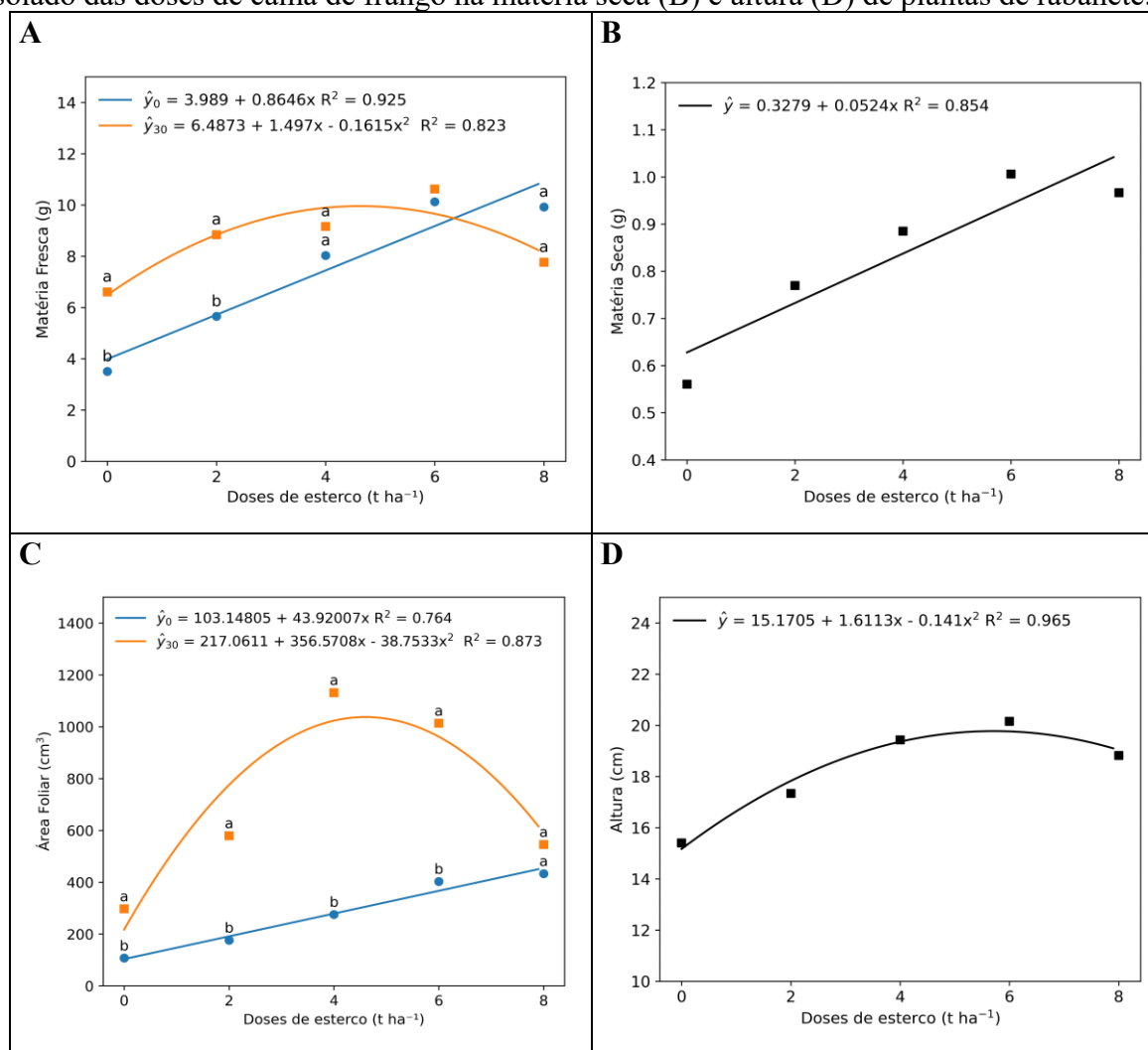
Vasques *et al.* (2020), relatam que o uso de corretivos exerce influência na biomassa microbiana do solo. Da mesma forma Stamford *et al* (2005) mencionam que o favorecimento da atividade microbiana e da decomposição da matéria orgânica são resultados correção da acidez do solo. Moura em 2019, estabelece ainda que a composição da comunidade microbiana é resultado da combinação pH-planta, com pH exercendo maior influência. Nesse sentido, além da neutralização da acidez, a melhoria do ambiente químico do solo pode ter favorecido a atividade microbiológica associada à decomposição da matéria orgânica, contribuindo para maior disponibilização de nutrientes ao longo do ciclo do rabanete.

Na Figura 7, é possível observar os resultados do efeito da interação entre incubação do corretivo (PCS) com as doses de cama de frango e o efeito isolados para os períodos de incubação sobre variáveis de caráter vegetativas do rabanete.

A altura, por efeito isolado das doses de cama de frango, apresentou ajuste quadrático (Figura 7D), crescendo até a dose estimada de 5,7 toneladas do adubo. O índice SPAD, contudo, apresentou comportamento inverso, com valores mais altos observados em plantas em solos corrigidos com conchagem sem incubação. Esse efeito pode ser explicado devido à diluição do nitrogênio nas plantas com maior crescimento vegetativo (30 dias de incubação), uma vez que o aumento da biomassa foliar tende a reduzir a concentração relativa da clorofila, em comparação com as plantas cultivadas em solos sem incubação. Esse efeito de diluição da

clorofila, foi observado por outros autores em produção de mudas de arbóreas (Barroso *et al.*, 1998; Primo *et al.*, 2014).

Figura 7 – Resposta das características vegetativas do rabanete à interação entre períodos de incubação do PCS e doses de cama de frango para matéria fresca (A) e área foliar (C) e ao efeito isolado das doses de cama de frango na matéria seca (B) e altura (D) de plantas de rabanete.



Para análise estatística, os dados de altura e matéria seca foram transformados, respectivamente, por $\log(x)$ e $\sqrt{x}$ para atender os pressupostos da ANOVA e para fins de inferência, mas apresentados em escala real. Pontos observados seguidos de letras minúsculas diferentes, dentro de cada dose, diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Outro ponto que pode explicar esse efeito é o estágio fisiológico mais avançado das plantas cultivadas no solo com incubação. Com o ambiente químico mais favorável proporcionado pela incubação de 30 dias, período suficiente para estabilizar a correção pela conchagem, como observado nos resultados do ensaio I, proporcionou a mineralização mais rápida da cama de frango, antecipando o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Deste modo, é provável que essas plantam tenham atingido ou ultrapassado o tempo ideal de colheita, resultando em folhas mais velhas com início de degradação da clorofila. Essa hipótese é reforçada pelos valores de índice de maturação (Figura 8E), que apresenta redução significativa após 30 dias de incubação independente da dose de cama de frango aplicada, indicando menor relação açúcares/ácidos e possível avanço no processo de maturação. Assim, o menor valor de SPAD pode refletir, para esse cenário, um amadurecimento fisiológico mais adiantado.

A resposta das plantas de rabanete a doses de cama de frango ajustou-se ao modelo quadrático, com incremento progressivo até doses intermediárias. A altura máxima foi obtida com dose, estimada pelo modelo, de $5,7 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 7D). Esse comportamento é coerente com a literatura, ao qual aponta doses ideais, no cultivo de hortaliças, variando em torno de 4 a 10 t ha^{-1} para adubos orgânicos de aves (Torales *et al.*, 2010; Araujo *et al.*, 2017; Vidigal, 2022).

A interação entre os fatores, tempo de incubação e doses, apresentou efeito sobre as variáveis MF e AF. Observou-se que, com conchagem sem incubação, as respostas ajustadas foram modelos lineares, indicando o aumento contínuo da biomassa com o aumento das doses de esterco. Já para o solo incubado por 30 dias, o ajuste foi quadrático, com ponto máximo próximo de $4,6 \text{ t ha}^{-1}$ para as duas variáveis.

Esses resultados sugerem que a eficiência da adubação orgânica, a partir de uma visão meramente química do solo, depende de um ambiente corrigido, visto que a neutralização da acidez aumenta a disponibilidade de nitrogênio e fósforo provenientes da cama de frango (Mkhonza, Buthelezi-dubee Muchaonyerwa, 2020; Corbett *et al.*, 2022).

4.3.2 Efeitos sobre a qualidade de pós-colheita das raízes de rabanete

As variáveis comprimento (Comp.) de raiz e matéria fresca (MF) foram influenciadas de forma isolada pelos períodos de incubação e doses de cama de frango, o diâmetro (Diâm.) sofreu apenas o efeito das doses. O pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) e índice de maturação (IM) apresentaram respostas influenciadas pela interação dos fatores (Incubação x doses)

As plantas cultivadas em solo com incubação de conchagem apresentaram maior crescimento vegetativo e maior produção de MF (Tabela 7), indicando que parte dos fotoassimilados pode ter sido direcionado para expansão celular e crescimento das raízes, reduzindo relativamente a concentração de açúcares nas raízes.

Tabela 7 - Efeito do período de incubação do pó de conchas de sururu sobre o comprimento e matéria fresca de raiz do rabanete.

Período	Comprimento	MF
(dias)	(cm)	(g)
0	12.8 b	15.88 b
30	15.46 a	20.83 a
CV (%)	10.03	16.55
Média geral	14.1300	18.36

Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

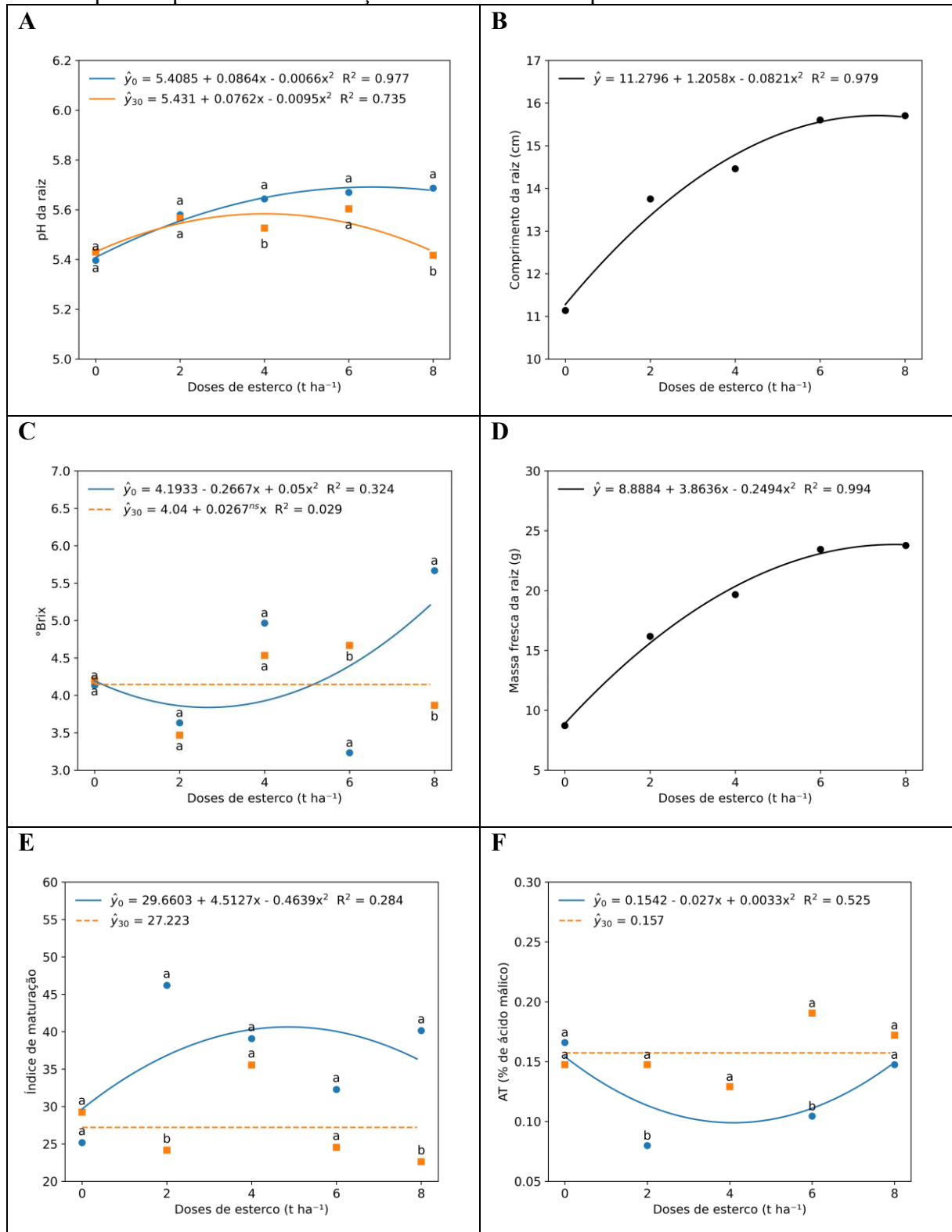
Fonte: o autor (2026)

Na figura 8 é possível observar os resultados dos efeitos isolados das doses de cama de frango na MF e comprimento de raiz, além dos resultados da interação incubação versus dose nas demais variáveis de características físico-químicas do rabanete.

O pH das raízes (Figura 8A) foi afetado pela combinação entre incubação e doses de cama de frango. De maneira geral, a conchagem sem incubação resultou em valores de pH mais elevados a partir da dose de 4 toneladas, evidenciado pelo teste de Tukey. Para os modelos ajustados o pH aumenta progressivamente e começa a declinar com a dose de cama de frango de 4,1 e 6,5 ha^{-1} , respectivamente, para 30 e 0 dias de incubação.

A AT (Figura 8F) foi superior com 30 dias de incubação, no entanto, não apresenta aumento progressivo em função das doses de cama frango. Os dados para o solo sem incubação se ajustaram ao modelo polinomial de grau 2, da qual é possível estimar a dose de cama de frango para a menor AT, que foi de 4,09 t h^{-1} . Por outro lado, o IM apresentou efeito quadrático para o período sem incubação, mas não apresentou resposta em função das doses com a incubação de 30 dias. O teste de comparações múltiplas de Tukey aponta que o IM (Figura 8E) foi superior no solo sem incubação a partir de 2 toneladas de esterco, refletindo uma menor proporção de açúcares/ácidos.

Figura 8 - Efeito da interação da incubação de corretivo (PCS) entre doses de cama de frango e isolados para os períodos de incubação sobre variáveis de pós-colheita do rabanete.



Pontos observados seguidos de letras minúsculas iguais, dentro de cada dose, não diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Os maiores valores observados de IM observados no solo sem incubação sugerem maior concentração relativa de sólidos solúveis em relação a AT. Esse comportamento pode estar associado ao menor crescimento vegetativo discutido anteriormente e ao menor acúmulo de biomassa observados nesse sistema, favorecendo uma maior concentração relativa de açúcares. Estudos conduzidos por Andriolo *et al.*, (2009) e Santiago *et al.*, (2018) estabelecem que o crescimento de frutos tende a reduzir os teores de sólidos solúveis (SS) por efeito de diluição; Andriolo *et al.*, (2009) e Ladislau (2018) aponta ainda que condições que restringem o crescimento podem elevar os teores relativos de açúcares e a relação SS/AT, o índice de maturação. De maneira sucinta, o solo sem incubação apresentou maiores valores de pH nas raízes e maiores valores de índice de maturação em doses intermediárias da cama de frango.

O índice de maturação é dado pela razão entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), é um indicador amplamente utilizado para indicar grau de maturação, geralmente em frutos. Para frutos verdes a relação é menor e progride com seu amadurecimento (Oliveira *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a menor relação entre SS/AT observada nas raízes cultivadas em solo incubado sugere um sistema metabolicamente mais ativo ou em processo avançado de amadurecimento. Oliveira *et al.*, (2022) indicam que o metabolismo e o acúmulo de ácidos orgânicos em frutas estão sob controle genético, ao passo em que frutas não climatéricas como o limão e laranja, durante o amadurecimento há um declínio na acidez titulável, devido ao catabolismo do citrato. O que sustenta a hipótese de que raízes cultivadas em solo incubado apresentaram condições avançadas de amadurecimento. Os valores de IM para as raízes no solo sem incubação podem refletir maior concentração relativa de açúcares decorrente de menor expansão de biomassa.

O teor de sólidos solúveis (°Brix) como observado na Figura 8C respondeu a interação entre os fatores (incubação e doses), revelando desempenho distinto entre os períodos de incubação. Para o solo sem incubação, o °Brix apresenta tendência de crescimento quadrático, ainda que apresente coeficiente de determinação fraco ($R^2 = 0,324$), a partir de 4 toneladas de cama de frango. Para 30 dias de incubação, não houve significância, no modelo linear de regressão, para o componente linear, indicando que o incremento das doses de cama de frango não influenciou de maneira significativa no teor de sólidos solúveis nas raízes de rabanete, com valor médio de 4,04.

O teste de comparações múltiplas de Tukey revelou, ainda, que a partir de 6 toneladas, o solo sem incubação apresentou superioridade em relação ao com incubação de 30 dias para o °Brix nas raízes de rabanete. Esse comportamento sugere que o equilíbrio entre disponibilidade

nutricional e crescimento vegetativo influenciou diretamente o acúmulo de carboidratos nas raízes.

Em sistemas com maior crescimento vegetal, parte dos fotoassimilados tendem a ser utilizados na formação de biomassa, enquanto em conduções de crescimento relativamente mais limitado pode ocorrer maior concentração relativa de açúcares nos tecidos de reserva como as raízes tuberosas de rabanete (Andriolo *et al.*, 2009; Ladislau, 2018).

A hipótese de que a incubação prévia do PCS favoreceu um ambiente químico mais estável e adequado ao desenvolvimento do rabanete é reforçada pelo aumento do comprimento e da MF das raízes no solo incubado. Conforme observado no ensaio I, a maior parte da correção da acidez ocorre nos primeiros dias após aplicação do corretivo (aproximadamente 20 dias), de modo que a incubação provavelmente reduziu limitações químicas iniciais de crescimento radicular.

Associado a isso, a cama de frango forneceu quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, favorecendo o crescimento e enchimento das raízes. O comportamento quadrático observados em algumas variáveis sugere que doses intermediárias proporcionam melhor equilíbrio químico e nutricional no sistema solo-planta.

Em fechamento, os resultados sugerem que o rabanete cultivado em ambiente com correção prévia passou do tempo ideal de colheita. Considerando que o rabanete teve ciclo de 32 dias, do plantio a colheita, os resultados e discussão apresentados nessa seção sugerem que o ambiente mais estável (30 dias de incubação) favoreceu a aceleração do desenvolvimento fisiológico das plantas. Essa hipótese é reforçada pelo maior crescimento vegetativo e pelo maior acúmulo de biomassa observados nas plantas cultivadas em solo corrigido, associado a redução nos valores de índice de clorofila SPAD e IM.

Nas plantas de crescimento mais acelerado foi possível observar a redução relativa de clorofila que pode estar associada ao efeito de diluição em função da maior expansão foliar quanto ao avanço fisiológico das folhas.

Desse modo, os menores valores de SPAD e IM, observados nos tratamentos com incubação, podem refletir maior avanço no desenvolvimento fisiológico das plantas em relação as sem incubação prévia do PCS.

4.3.3 Efeito residual, nos atributos químicos do solo, da interação da conchagem associada a adubação com cama de frango após cultivo de rabanete

Diferente do solo utilizado no ensaio I, o solo do ensaio II apresentou, antes da correção,

tores maiores de matéria orgânica, cálcio e magnésio trocável, menor saturação por alumínio, além de CTC maior ($8,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em suma, indicando um ambiente quimicamente mais favorável ao desenvolvimento vegetal.

O pH (H_2O), Mg e saturação por magnésio apresentaram efeitos isolados para incubação e doses. A interação significativa foi observada para o Al, Ca, relação Ca/Mg, saturação por alumínio e cálcio.

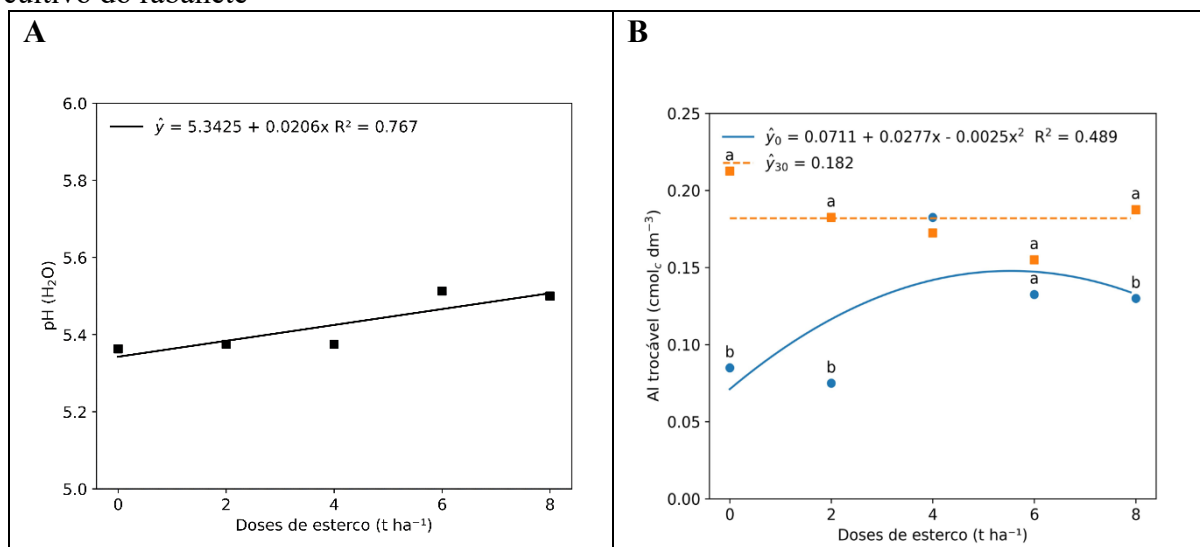
De maneira sucinta, pode-se o PCS apresentou caráter calcítico devido ao alto valor de CaO e a baixos teores de MgO. Atrelado ao alto poder de neutralização de H^+ favorecendo a rápida neutralização da acidez e a dinâmica dos teores de cálcio no sistema. Por outro lado, a cama de frango apresentou concentração relevante de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, contribuindo não apenas na matéria orgânica, mas também como importante no fornecimento de macronutrientes para o sistema solo-planta.

Dessa foram, os efeitos residuais observados após o cultivo da cultura refletem a interação entre a durabilidade do efeito corretivo do PCS e a dinâmica de liberação e exportação dos nutrientes provenientes da adubação orgânica.

Quando se trata de adubação orgânica rica em nitrogênio (N), é do senso comum que ocorra acidificação do solo pelo complexo químico do ciclo do nitrogênio (Santos *et al.*, 2014) e pela liberação de CO_2 que pode potencializar a produção de ácido carbônico no solo (Silva, 2026), principalmente a adubação feita com cama de frango que apresenta teores relativamente altos de nitrogênio em forma de ureia (Santos *et al.*, 2014).

No entanto, apesar da nitrificação do nitrogênio amoniacal presente na cama de frango potencialmente contribuir para a acidificação do solo pela liberação de H^+ , com o aumento das doses de cama de frango, é de se esperar a redução do pH residual do solo em função do aumento das doses de cama de frango, no entanto observou-se um efeito contrário, leve aumento do pH com o incremento das doses do adubo orgânico (Figura 9A). Esse comportamento sugere que, no balanço final do sistema, os efeitos alcalinizantes promovidos pela adição de bases trocáveis e compostos orgânicos presentes na cama de frango superaram parcialmente os processos acidificantes associados ao nitrogênio.

Figura 9 – Efeito isolado das doses de cama de frango no comportamento residual do pH (A) e comportamento da interação (doses e incubação) no alumínio trocável residual (B) do solo após cultivo do rabanete



Para análise estatística, os dados de Al foram transformados por $\sqrt{x}$ para atender os pressupostos da ANOVA e para fins de inferência, mas apresentados em escala real. Pontos observados seguidos de letras minúsculas diferentes, dentro de cada dose, diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Resultados semelhantes foram encontrados na literatura associados ao aumento do pH do solo em função da adubação orgânica com cama de frango (Hubner, 2023; Santos; Bellingeri; Freitas, 2004). Hubner (2023) associa esse resultado a cal virgem (CaO) - utilizada como forma de tratamento de agente patogênicos para reutilização de cama de aviário (Dai Pra *et al.*, 2009; Gehring, 2018) -, ao qual também se utiliza como corretivo de acidez do solo (Oliveira *et al.*, 2025).

Apesar do leve aumento do pH em função das doses de cama de frango, observa-se comportamento distinto para acidez trocável entre os períodos de incubação (Figura 9B). No solo sem incubação o alumínio apresentou comportamento quadrático em função do incremento das doses do adubo orgânico, indicando assim, sensibilidade do meio a alterações químicas provocadas pela interação corretivo-adubo.

Esse comportamento sugere que o solo sem incubação ainda se encontra em processo transicional de correção da acidez, ocorrendo de forma simultânea a dissolução dos carbonatos do corretivo, a decomposição da matéria orgânica, a extração pelo rabanete dos nutrientes liberados e a redistribuição das formas trocáveis de Al no solo. Considerando que o rabanete foi colhido com um ciclo de 32 dias, o tempo da cultura no tratamento sem incubação do solo ocorreu praticamente simultâneo ao período necessário para estabilização da maior parte do corretivo. Dessa forma, grande parte do desenvolvimento das plantas em um ambiente

quimicamente em transição.

Por outro lado, no solo incubado por 30 dias, o Al não apresentou resposta significativa as doses de cama de frango, sugerindo um ambiente mais equilibrado, pelo menos no âmbito químico. Embora os valores residuais de Al tenham sido superiores, principalmente nas doses iniciais, - evidenciado pelo teste de Tukey -, dos observados no solo sem incubação, o pH também significativamente menor após o cultivo (Tabela 8) o que pode ter favorecido maior permanência de formas trocáveis de alumínio no sistema, uma vez que a presença da acidez trocável no solo depende do comportamento do pH, apresentando correlação negativa entre ambos (Tebaldi *et al.*, 2000). A literatura aponta ainda que o alumínio começa a expressar seu potencial fitotóxico em pH inferiores a 5,5 (Rahman *et al.*, 2024).

Tabela 8 – Efeito residual de diferentes períodos de incubação (0 e 30 dias) do corretivo de acidez sobre o pH (H₂O), magnésio trocável e saturação por magnésio em solo após o cultivo do rabanete (*Raphanus sativa* L.)

Incubação	pH	Mg	Sat. Mg
(dias)		(cmol _c dm ⁻³)	(%)
0	5,6 a	0,78 a	9,42 a
30	5,3 b	0,71 b	8,49 b
CV (%)	2,25	9,98	9,98
Média	5,42	0,74	8,95

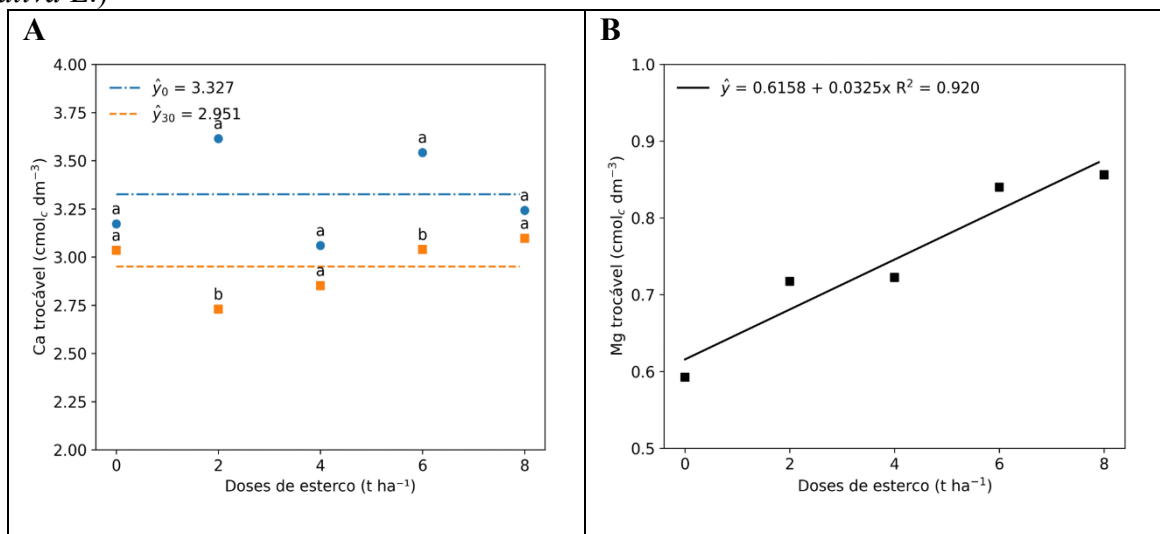
Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

Fonte: o autor (2026)

Os valores residuais de cálcio permaneceram elevados após o cultivo, mesmo nos tratamentos que apresentaram maior crescimento vegetal, com valores médios de 3,3 e 2,9 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ (Figura 10A) para o solo sem e com incubação, respectivamente. Esse comportamento pode ser explicado pelas características de composição do PCS com altos valores de CaO.

Diferente do Ca, os teores de Mg apresentaram redução nos tratamentos incubados (Tabela 8). Considerando que o PCS apresenta baixos teores de MgO, a cama de frango atuou como a principal fonte de Mg para o sistema. Isso pode ser evidenciado pelo incremento dos teores residuais de Mg em função do aumento das doses de cama de frango (Figura 10B). Entretanto, os menores valores residuais observados nos tratamentos com incubação sugerem maior exportação de Mg pelas plantas.

Figura 10 - Efeito da interação entre período de incubação do pó de concha de sururu (PCS) e doses de cama de frango nos valores residuais de cálcios (A), assim como efeitos isolados das doses de cama frango, o magnésio residual (B) do solo após o cultivo do rabanete (*Raphanus sativa* L.)



Para análise estatística, os dados de Ca foram transformados por $\log(x)$ para atender os pressupostos da ANOVA e para fins de inferência, mas apresentados em escala real. Pontos observados seguidos de letras minúsculas diferentes, dentro de cada dose, diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Apesar da redução residual dos teores de Mg e da saturação por Mg nos tratamentos incubados, os valores observados permanecem acima das faixas consideradas críticas para a maioria das culturas, indicando que houve maior exportação do Mg trocável no ambiente previamente corrigido.

A relação residual de Ca/Mg, observado na Figura 11 apresentou comportamento distintos entre os períodos de incubação. No solo com incubação, observou-se ajuste quadrático, com relação Ca/Mg partindo de 6:1 com redução progressiva a medida em que se aumenta as doses de cama de frango. Já no solo em incubação, o desdobramento das doses não apresentou efeito significativo, mantendo-se um valor médio de 4,3:1 independente da dose aplicada.

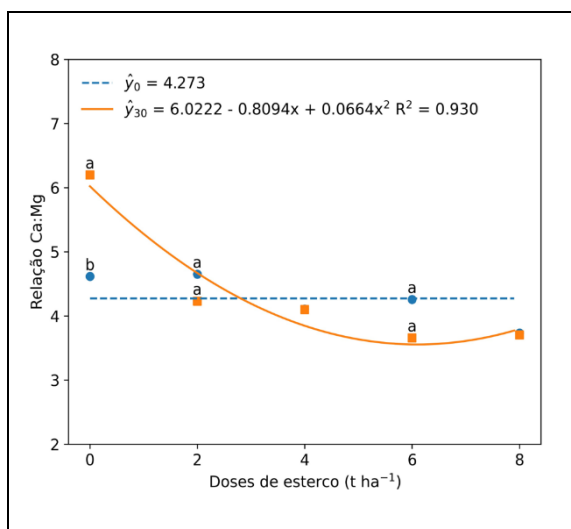
Esse comportamento sugere que, em condições previamente corrigidas pela incubação do PCS, a cama de frango contribuiu relativamente de maneira significativa para o incremento do Mg trocável, reduzindo progressivamente a relação Ca/Mg. Como os teores residuais de Ca permaneceram relativamente estáveis entre as doses avaliadas, conclui-se que a alteração dessa relação apresenta estar associada a dinâmica residual do Mg.

Apesar dessas alterações, os valores observados permanecer dentro de faixas consideradas agronomicamente adequadas para o equilíbrio químico de bases no solo, não sendo observadas limitações ao crescimento do rabanete, isso é reforçado pelos resultados

apresentados anteriormente de desenvolvimento do rabanete.

De modo geral, isso expressa a necessidade de incubação de corretivo predominantemente calcítico e como isso modifica a dinâmica residual das bases e a eficiência agronômica da adubação orgânica no sistema solo-planta. Em outras palavras, a correção do solo é extremamente importante para a eficiência agronômica da adubação orgânica.

Figura 11 – Efeito da interação entre período de incubação do pó de concha de sururu (PCS) e doses de cama de frango sobre a relação Ca/Mg do solo após o cultivo do rabanete (*Raphanus sativa* L.)



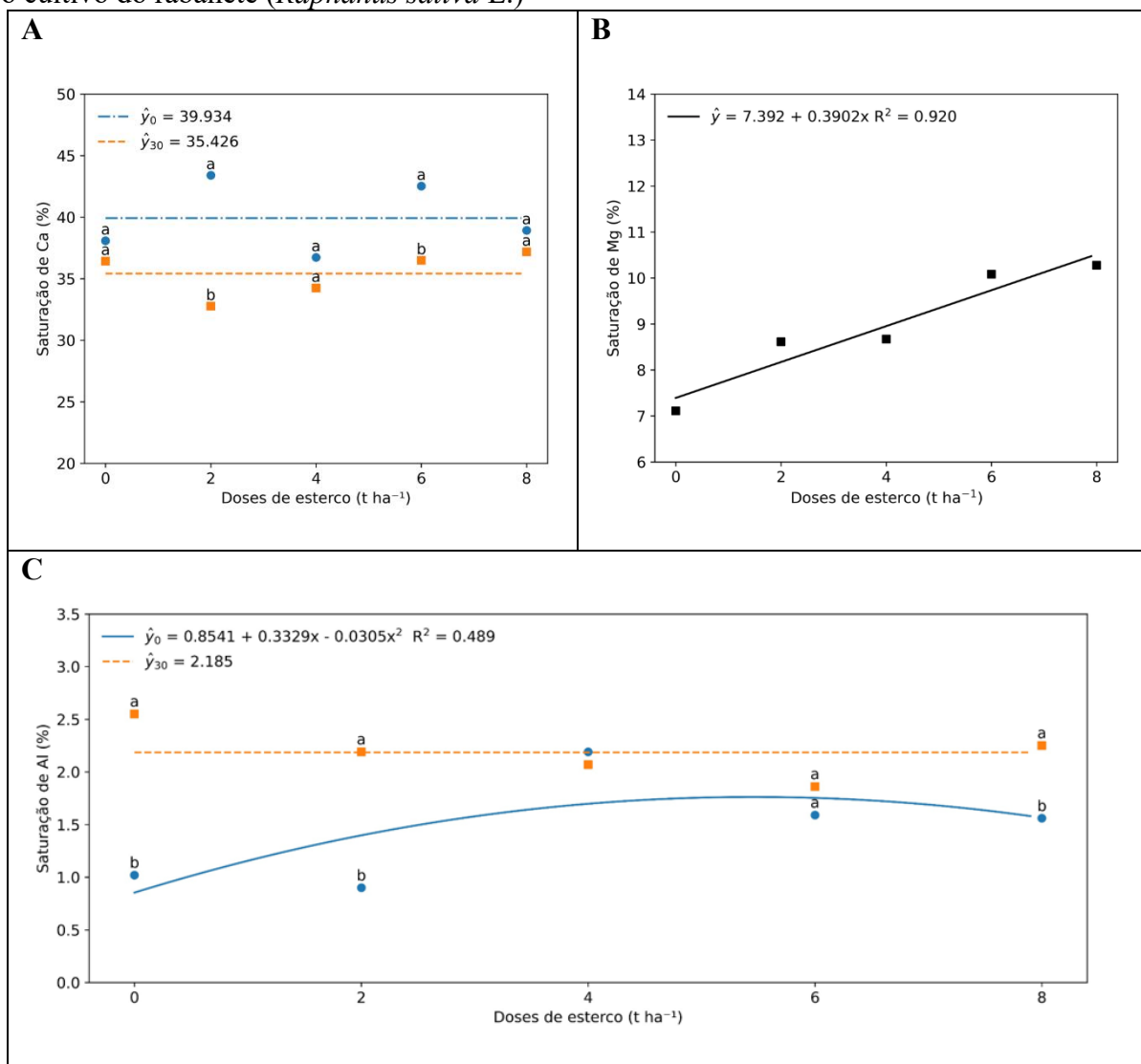
Pontos observados seguidos de letras minúsculas diferentes, dentro de cada dose, diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Em suma, os resultados demonstram que as alterações químicas promovidas pela interação da conchagem, incubação e adubação orgânica, o ambiente químico residual permaneceu, de maneira limiar, dentro das faixas consideradas ideais. Indicando a necessidade de incubação para correção do solo, mas quando não for possível a correção prévia do solo, a conchagem pode ser feita de maneira simultânea com a adubação orgânica.

Os valores de pH permaneceram em faixas moderadamente ácidas, enquanto os teores de alumínio e saturação por alumínio (Figura 12C), permaneceram fora no nível crítico (Pauletti, 2020), indicando baixas limitações expressivas associadas a fitotoxides por al trocável. Os tores de Ca e sat por cálcio permaneceram em níveis satisfatório após o cultivo (Pauletti, 2020). Para o magnésio, embora os valores de saturação não estejam nas faixas desejáveis (Figura 12B), o teor do elemento permanece dentro de níveis consideradas agronomicamente adequadas (Embrapa, 2015; Pauletti, 2020).

Figura 12 – Efeito da interação entre período de incubação do pó de concha de sururu (PCS) e doses de cama de frango, sobre saturação por cálcio (A) e saturação por alumínio (C), bem como efeitos isolados das doses de cama frango, sobre saturação por magnésio (B) do solo após o cultivo do rabanete (*Raphanus sativa* L.)



Pontos observados seguidos de letras minúsculas diferentes, dentro de cada dose, diferem entre si nos períodos de incubação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor (2026)

Os resultados refletem tanto a persistência da ação corretiva do PCS, quanto a dinâmica de absorção, exportação e redistribuição dos elementos provocado pela interação entre conchagem, adubação orgânica e o cultivo do rabanete.

5 CONCLUSÕES

- a) O pó de conchas de sururu mostrou-se eficiente na correção da acidez do solo, apresentando desempenho semelhante ao calcário agrícola na elevação do pH e na neutralização da acidez.
- b) A conchagem apresenta potencial para substituir a calagem convencional no cultivo do tomateiro e do rabanete, desde que seja adotado um período de incubação de aproximadamente 30 dias.
- c) A incubação prévia do pó de conchas de sururu potencializou a eficiência da adubação orgânica com cama de frango, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento do rabanete.
- d) A resposta agronômica dos corretivos depende das condições químicas iniciais do solo, sendo observada maior eficiência em ambientes com melhores condições de fertilidade e disponibilidade de matéria orgânica.
- e) Os resultados obtidos reforçam o potencial do pó de conchas de sururu como corretivo alternativo da acidez do solo, indicando a necessidade de estudos de longa duração para avaliação de seu efeito residual, comportamento em diferentes classes de solo e viabilidade agronômica e econômica em condições de campo.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, Jerônimo Luiz *et al.* Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*, v. 39, p. 684–690, 2009.
- ARAÚJO, Vanderlei Ferreira *et al.* Utilização do resíduo de cama de frango em diferentes dosagens na produção de cebolinha. *Revista Campo Digital*, v. 12, n. 1, 2017.
- BARROSO, D. G. *et al.* Efeitos da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agroindustriais. *Revista Árvore*, v. 22, p. 433–441, 1998.
- BONI, T. S. *et al.* Can golden mussel shell be an alternative to limestone in soil correction? *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 53, e76123, 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA nº 35, de 4 de julho de 2006. Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, corretivos de alcalinidade, corretivos de sodicidade e condicionadores de solo destinados à agricultura. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 jul. 2006.
- CAMARGO, Flávio Anastácio de Oliveira; SANTOS, Gabriel de Araújo; ZONTA, Everaldo. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *Ciência Rural*, v. 29, p. 171–180, 1999.
- CARDOSO, A. D. *Avaliação do comportamento físico e mecânico de compósitos cimentícios produzidos de conchas de sururu*. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- CASAGRANDE, J. C. *et al.* Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas elétricas variáveis. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 51–59, 2003.
- CENTURIÃO, N. C. *et al.* Evaluation of the biochar quality using germination index. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 19, n. 2, p. 70–80, 2021.
- CORBETT, D. *et al.* The response of finely textured and organic soils to lime and phosphorus application: results from an incubation experiment. *Soil Use and Management*, p. 368–384, 2022.
- DAI PRA, Antonio Marcos *et al.* Uso de cal virgem para o controle de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em camas de aviário. *Ciência Rural*, 2009.
- EMBRAPA. *O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. (Documentos, 130).
- EMRICH, E. B. *et al.* Cultivo do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 56–61, 2011.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. *Applied Mathematics*, v. 5, n. 19, p. 2952–2958, 2014. DOI: 10.4236/am.2014.519280.

FERREIRA, Eric Batista; CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves. *ExpDes.pt: pacote para análise de delineamentos experimentais*. Versão 1.2.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 31 maio 2026.

GARCIA, W. C. *et al.* Adubação orgânica e defensivos naturais. In: *Crescimento e desenvolvimento numa perspectiva interdisciplinar: ensaios sobre o crescimento econômico brasileiro*. 2019.

GEHRING, Vandreice Salamoni. *Controle do Alphitobius diaperinus e estudo dos parâmetros físicos e químicos em camas de aviário reaproveitadas, utilizando cal e lona na superfície*. 2018.

HUBNER, Vitória. *Alterações em atributos químicos de solos após aplicação de cama de aviário*. 2023.

KIEHL, E. J. *Novos fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Degaspari, 2010. 248 p.

LEPSCH, Igo F. *19 lições de pedologia*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

LIMA, M. C. A importância socioeconômica, cultural e ambiental do sururu (*Mytella charruana*) na terra de Alagoas: como valorar esse recurso à luz de princípios de economia ecológica? *Revista Incelências*, v. 4, n. 1, p. 1–10, 2015.

LOPES, Alfredo Scheid; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. *Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos*. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p. (Boletim Técnico, n. 4).

MACHADO, R. V. *et al.* Utilização de corretivos alternativos na correção da acidez do solo. In: *Encontro Latino Americano de Iniciação Científica*, 12.; *Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*, 8.

MARTINS, D. D. *Pó de concha de sururu como alternativa de correção da acidez do solo e fonte de cálcio e magnésio para cultura do rabanete*. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

MEDEIROS, João Carlos *et al.* Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 29, n. 4, p. 799, 2008.

MEINHARDT, J. C. *Efeito da calagem no crescimento vegetativo de três cultivares de feijão-caupi*. 2015. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

MELEM JUNIOR, N. J. *Efeito da aplicação de fertilizantes nitrogenados na acidificação do solo*. 2022.

MEURER, Egon José (ed.). *Fundamentos de química do solo*. 6. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2017. 266 p.

MKHONZA, N. P.; BUTHELEZI-DUBE, N. N.; MUCHAONYERWA, P. Effects of lime application on nitrogen and phosphorus availability in humic soils. *Scientific Reports*, v. 10, article 8634, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-65501-3.

MONACO, L. M. *et al.* Socioeconomia e saúde dos pescadores de *Mytella falcata* da Lagoa Mundaú, Maceió-AL. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, Belém, v. 10, n. 3, p. 699–710, 2015.

OLIVEIRA, Igor Madruga de *et al.* Meta-análise comparativa de utilização de calcário e óxido de cálcio na correção de solo. 2025.

OLIVEIRA, Vanessa Caroline de; COSTA, Nataly de Almeida; GONÇALVES, Daniele Juliana Rodrigues; PAIVA, Maria José do Amaral e; VIEIRA, Érica Nascif Rufino. Determinação do estágio de maturação de frutos. In: *Inovações em Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Guarujá, SP: Científica Digital, 2022. Cap. 70. DOI: 10.53934/9786585062046-70.

PAULETTI, V. Equilíbrio entre bases do solo e produtividade das culturas. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 7, 2020.

PEIXOTO FILHO, J. U. *et al.* Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 4, p. 419–424, 2013.

PEIXOTO FILHO, J. U. *et al.* Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 4, p. 419–424, 2013.

PEIXOTO, Ana Patricia Bastos; FARIA, Gláucia Amorim; MORAIS, Augusto Ramalho de. Modelos de regressão com platô na estimativa do tamanho de parcelas em experimento de conservação *in vitro* de maracujazeiro. *Ciência Rural*, v. 41, p. 1907–1913, 2011.

PELÁ, A.; SILVA JÚNIOR, G. S.; SILVA, R. C. D.; SILVA, C. S.; PELÁ, G. M. Produção e teor de nitrato em rúcula sob adubação orgânica com cama de frango e esterco bovino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 12, n. 1, p. 48–54, 2017.

PRADO, R. M. *Mineral nutrition of tropical plants*. Berna: Springer Nature, 2021. 349 p.

PRIMO, A. A. *et al.* Teores ótimos de clorofila e índice SPAD em folhas de mudas de gliricídia em função da aplicação de diferentes doses de composto orgânico oriundo de pequenos ruminantes. In: *CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL*, 9., 2014.

RAHMAN, S. Ur *et al.* Aluminum phytotoxicity in acidic environments: a comprehensive review of plant tolerance and adaptation strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 269, p. 115791, 2024.

RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RAIJ, B. van *et al.* *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. p. 8–18.

RIBEIRO, R. M. *et al.* Utilização de cinzas vegetais na agricultura. *Agrarian Academy*, Goiânia, v. 2, n. 3, p. 537–554, 2015.

ROCHA, S. R.; GOMES, P. C.; BARBOZA, A. D.; LIMA, F. B.; BARROS, A. R. Estudo da viabilidade de utilização de conchas de sururu em materiais à base de cimento Portland. In: *ANAIS DE CONGRESSO*, 2004.

ROSA, Anderson; CAPONI, Luiz Henrique; ZANÃO JÚNIOR, Luiz Antônio. Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo. *Acta Iguazu*, Cascavel, v. 5, edição especial “I Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura”, p. 108–115, 2016.

SANTIAGO, Edgo Jackson Pinto *et al.* Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. *Agrometeoros*, v. 26, n. 1, 2018.

SANTOS, Cleide Cristina dos; BELLINGIERI, Paulo Affonso; FREITAS, José Carlos de. Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Científica*, v. 32, n. 2, p. 134–140, 2004.

SANTOS, Loana Bergamo dos *et al.* Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. *Bioscience Journal*, v. 30, p. 272–281, 2014.

SHIMIZU, Gabriel Danilo; MARUBAYASHI, Rodrigo Yudi Palhaci; GONÇALVES, Leandro Simões Azeredo. *AgroR: experimental statistics and graphics for agricultural sciences*. Versão 1.3.7. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=AgroR>. Acesso em: 31 maio 2026.

SILVA, Chayanny Lemos da. *Acidez e manejo da fertilidade em solos amazônicos: estudo em áreas da planície do Rio Madeira*, AM. 2026.

SILVA, D.; DEBACHER, N. A.; BORTOLUZZI JUNIOR, A.; ROHERS, F. Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivos da região litorânea da Ilha de Santa Catarina. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 1053–1058, 2010. DOI: 10.1590/S0100-40422010000500009.

SILVA, José Cícero Rodrigues da *et al.* Pó de conchas de sururu (*Mytella falcata*) como corretivo de acidez do solo. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 15, n. 7, p. e3854, 2024.

SILVA, João Bosco Carvalho da; GIORDANO, Leonardo de Britto; FURUMOTO, Ossami *et al.* *Cultivo de tomate para industrialização*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006.

(Sistemas de Produção, 1). Disponível em:

https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/.

Acesso em: 31 maio 2026.

SILVA, Leandro Souza da; RANNO, Sidnei Küster. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. *Ciência Rural*, v. 35, p. 1054–1061, 2005.

SILVA, Luciana Maria da; BERTI, Mariana Pina da Silva. Manganês no solo e nas plantas: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 3, 2022.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, A. M.; SANTOS, J. E. Impactos ambientais causados pela extração de calcário em comunidade rural do semiárido potiguar. *Interações*, Campo Grande, v. 24, n. 3, p. 893–909, 2023. DOI: 10.20435/inter.v24i3.3563.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, J. L. *Agroecologia e agricultura orgânica: princípios, métodos e práticas*. 2. ed. atual. Vitória: Incaper, 2015. 34 p. (Documentos, 200).

TEBALDI, Fernando Luiz Henriques *et al.* Composição mineral das pastagens das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro: III. Matéria orgânica, alumínio e pH dos solos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, p. 382–386, 2000.

TEIXEIRA, Flávia Maria Vieira. Adubação e nutrição. In: *Tomate*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/tomate/producao/manejo-do-solo/adubacao-e-nutricao>. Acesso em: 31 maio 2026.

TEIXEIRA, Paulo César *et al.* *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

THESING, N. J. *et al.* Agroecologia: uma proposta de sustentabilidade para a agricultura familiar. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, e47211125283, 2022.

TOLEDO, M. V. *et al.* Transição para sistemas orgânicos de produção. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 2, p. 73–84, 2013.

TORALES, Elissandra Pacito *et al.* Doses de cama de frango e densidade de plantio na produção de mandioquinha-salsa “Amarela de Carandaí”. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 4, supl. 1, p. 1165–1176, 2010.

VASQUES, Natalia Caetano *et al.* Resposta da biomassa microbiana a diferentes corretivos de solo. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 7, p. 161–169, 2020.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Correção da acidez do solo. In: *Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará*. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 121–131.

VIANA, João H. M. *et al.* Nonlinear modeling of liming reaction and extractable base curves. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, p. 820–827, 2023.

VIDIGAL, Sanzio Mollica. *Brócolos cabeça única*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2021.

APENDICE A – TABELAS DE ANALISE DE REGRESSÃO

Tabela 9 - Análise de variância para pH em água e condutividade elétrica (CE) do solo incubado por 42 dias com diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário, no Ensaio I.

FV	GL	Valores quadrados médios	
		pH (H ₂ O)	CE
			(uS/cm)
Produto	1	0.2679*	5699.9165**
Dose	4	7.5733**	81167.3072**
Interação	4	0.2402**	1207.6127*
Resíduo	40	0.0497	385.4709
CV (%)		3.74	11.23
Média		5.96	174.86

*, ** e ^{ns} indicam, respectivamente, significância a 5%, 1% e não significativo pelo teste F (P<0,05)

Fonte: o autor (2026)

Tabela 10 - Análise de variância para os valores de pH e condutividade elétrica (CE) do solo, avaliados ao longo do período de incubação, corrigido com pó de conchas de sururu (PCS) e calcário, no Ensaio I.

FV	GL	Valores de quadrados médios			
		pH_PCS	pH_CAL	CE_PCS	CE_CAL
				(uS/cm)	
Incubação	5	1.0733**	2.6632**	21594.75**	20216.59**
Doses	4	19.2312**	15.8311**	173249.80**	133870.20**
Interação	20	0.0577**	0.2966**	1533.02**	2794.21**
Resíduo	120	0.0175	0.0348	369.32	647.11
Média Geral		5.8047	5.8236	140.77	132.16
CV (%)		2.28	3.2	13.65	19.25

** indica significância a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

Fonte: o autor (2026)

Tabela 11 - Análise de variância para as variáveis vegetativas e produtivas do tomateiro cultivado em solo corrigido com diferentes doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), número de frutos (NFRU), número de folhas (NF), massa média de frutos (MMFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e volume radicular (VR).

FV	GL	Valores de quadrados médios				
		Altura	DC	AF	NFRU	NF
		(cm)	(mm)	(m ²)		
Produto	1	39.6750 ^{ns}	55.9514**	176.7510 ^{ns}	34.1333*	0.8333 ^{ns}
Dose	4	2345.6250**	52.8302**	2855.7314**	27.6167**	3400.6167**
Interação	4	301.8000 ^{ns}	12.4420 ^{ns}	188.6178 ^{ns}	10.2167 ^{ns}	208.0833 ^{ns}
Resíduo	20	483.275	5.3931	265.8161	4.7	425.9667
CV (%)		18.83	16.72	41.06	39.66	43.94
Média		116.75	13.89	39.7	5.47	46.97

FV	GL	Valores de quadrados médios			
		MMFRU	MSPA	MSR	VR
		(g).....			cm ³
Produto	1	326.9642 ^{ns}	8.1414 ^{ns}	1.2363 ^{ns}	28.0333 ^{ns}
Dose	4	324.5349*	1437.8860**	9.3027 ^{ns}	501.3000 ^{ns}
Interação	4	319.5247*	122.7436 ^{ns}	3.4220 ^{ns}	516.0333 ^{ns}
Resíduo	20	87.0293	133.9345	12.8427	357.7
CV (%)		23.98	24.49	44.66	36.77
Média		38.9	47.26	8.02	51.43

Fonte: o autor (2026)

Tabela 12 - Análise de variância das variáveis vegetativas do rabanete cultivado em solo submetido à incubação com pó de conchas de sururu (PCS) e diferentes doses de cama de frango: massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), área foliar (AF), altura de plantas (AP), índice relativo de clorofila (SPAD) e número de folhas (NF).

FV	GL	VALORES DE QUADRADOS MÉDIOS		
		MF	MS	AF
		(g)	(g)	(cm ³)
Incubação	1	13,2902*	0,1318**	8.9430**
Dose	4	31,8391**	0,0856**	2.0166**
Interação	4	9,6366*	0,0392 ^{ns}	0,4193**
Resíduo	30	2,9761	0,0149	0,0701
CV (%)		21,25	13,56	4,44
Média		8,02	0,84	436,05

FV	GL	VALORES DE QUADRADOS MÉDIOS		
		Altura	SPAD	NF
		(cm)		
Incubação	1	82,4647**	209,484**	4,2250*
Dose	4	28,5787**	11,5930 ^{ns}	2,0870 ^{ns}
Interação	4	2,7488 ^{ns}	31,6404 ^{ns}	0,5375 ^{ns}
Resíduo	30	2,9179	12,3401	0,8083
CV (%)		9,37	9,00	14,44
Média		18,23	39,05	6,22

*, ** e ^{ns} indicam, respectivamente, significância a 5%, 1% e não significativo pelo teste F (P<0,05)

Fonte: o autor (2026)

Tabela 13 - Quadrados médios, significância dos fatores pelo teste F, coeficiente de variação (CV) e valor médio do pH, °Brix, Acidez titulável (AT), Índice de Maturação (IM), Diâmetro (Diâm.), Comprimento (Comp.) e Matéria Fresca (MF) das raízes de rabanete.

FV	GL	Valores de Quadrados Médios						
		pH	°Brix	AT	IM	Diâm.	Comp.	MF
				(% ac. málico)		(mm)	(cm)	(g)
Incubação	1	0.056**	0.243 ^{ns}	0.008**	656.255**	19.943 ^{ns}	53.200**	183.868**
Dose	4	0.042**	1.654**	0.002*	111.799 ^{ns}	75.398*	20.800**	231.771**
Interação	4	0.020**	2.007**	0.003**	166.453*	37.355 ^{ns}	3.828 ^{ns}	18.032 ^{ns}
Resíduo	20	0.005	0.123	0.001	40.537	24.589	2.009	9.2316

FV	GL	Valores de Quadrados Médios						
		pH	°Brix	AT	IM	Diâm.	Comp.	MF
CV (%)		1.22	8.28	17.66	19.96	21.81	10.03	16.55
Média		5.55	4.24	0.14	31.9	22.73	14.1300	18.36

*, ** e ^{ns} indicam, respectivamente, significância a 5%, 1% e não significativo pelo teste F (P<0,05)

Fonte: o autor (2026)

Tabela 14 – Valores de quadrado médio, significância dos fatores (Incubação, Dose e Interação) pelo teste F, Coeficiente de Variação (CV) e média geral das variáveis de solo estudadas

FV	GL	VALORES DE QUADRADOS MÉDIOS			
		pH (H ₂ O)	Al	Ca	Mg
				Cmol _c dm ⁻³	
Incubação	1	0.7840**	0.0372**	1.4100**	0.0600**
Doses	4	0.0444*	0.0026*	0.1198 ^{ns}	0.0918**
Interação	4	0.0171 ^{ns}	0.0066**	0.2069*	0.0120 ^{ns}
Resíduo	30	0.0148	0.0007	0.0744	0.0055
CV (%)		2.25	17.44	8.69	9.98
Média Geral		5.42	0.15	3.14	0.75

FV	GL	VALORES DE QUADRADOS MÉDIOS			
		Ca/Mg	Sat Ca	Sat Mg	Sat Al
				(%).....	
Incubação	1	0.1099 ^{ns}	203.2000**	8.6559**	5.3625**
Doses	4	3.4753**	17.2659 ^{ns}	13.2348**	0.3787*
Interação	4	1.4937**	29.8115*	1.7330 ^{ns}	0.9454**
Resíduo	30	0.3294	10.7163	0.7978	0.1006
CV (%)		13.27	8.69	9.98	17.44
Média Geral		4.33	37.68	8.95	1.82

*, ** e ^{ns} indicam, respectivamente, significância a 5%, 1% e não significativo pelo teste F (P<0,05)

Fonte: o autor (2026)

APÊNDICE A – EQUAÇÕES DOS MODELOS AJUSTADOS PARA pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO SOB DIFERENTES DOSES DE PÓ DE CONCHAS DE SURURU E CALCÁRIO

Tabela 13 - Modelos ajustados para efeito de diferentes períodos de incubação em função de doses de pó de conchas de sururu (PCS) e calcário em sobre a condutividade elétrica (CE) do solo de subsuperfície

Produto: PCS		Variável: pH (H ₂ O)			
Período (dias)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (t ha ⁻¹)	R ²
7	Quadrático	$\hat{y} = 4,7451 + 0,0719x + 0,0094x^2$	—	—	0,970
14	Linear	$\hat{y} = 4,5960 + 0,2104x$	—	—	0,982
21	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,890 + 0,2160x (x \leq xc)$	6,920	9,40	0,987
28	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,966 + 0,1904x (x \leq xc)$	6,860	9,95	0,967
35	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,881 + 0,2245x (x \leq xc)$	7,000	9,44	0,964
42	Lin-Plateau	$\hat{y} = 4,715 + 0,2391x (x \leq xc)$	6,982	9,48	0,965
Produto: Calcário		Variável: pH (H ₂ O)			
Período (dias)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (t ha ⁻¹)	R ²
7	Mitscherlich	$\hat{y} = 0,768(1 - e^{-0,2971x}) + 4,766$	5,534	—	0,735
14	Linear	$\hat{y} = 4,5960 + 0,2064x$	—	—	0,970
21	Linear	$\hat{y} = 4,9040 + 0,2064x$	—	—	0,944
28	Linear	$\hat{y} = 5,0560 + 0,1880x$	—	—	0,942
35	Lin-Plateau	$\hat{y} = 5,050 + 0,2126x (x \leq xc)$	7,120	9,74	0,887
42	Mitscherlich	$\hat{y} = 2,574(1 - e^{-0,1597x}) + 4,809$	7,383	—	0,832
Produto: PCS		Variável: CE (μS cm ⁻¹)			
Período (dias)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (t ha ⁻¹)	R ²
7	Linear	$\hat{y} = 35,28 + 14,57x$	—	—	0,828
14	Quadrático	$\hat{y} = 53,61 + 9,033x + 0,988x^2$	—	—	0,949
21	Linear	$\hat{y} = 38,20 + 14,73x$	—	—	0,857
28	Quadrático	$\hat{y} = 52,69 + 11,75x + 0,839x^2$	—	—	0,956
35	Linear	$\hat{y} = 61,42 + 19,79x$	—	—	0,868
42	Linear	$\hat{y} = 59,06 + 25,30x$	—	—	0,941
Produto: Calcário		Variável: CE (μS cm ⁻¹)			
Período (dias)	Modelo	Equação ajustada	Platô / Assíntota	xc (t ha ⁻¹)	R ²
7	Linear	$\hat{y} = 46,75 + 8,569x$	—	—	0,764
14	Linear	$\hat{y} = 27,91 + 21,18x$	—	—	0,816
21	Linear	$\hat{y} = 31,60 + 15,28x$	—	—	0,857
28	Quadrático	$\hat{y} = 54,18 + 10,42x + 0,971x^2$	—	—	0,942
35	Linear	$\hat{y} = 81,44 + 14,64x$	—	—	0,597
42	Lin-Plateau	$\hat{y} = 63,28 + 20,47x (x \leq xc)$	260,8	9,65	0,935

Fonte: o autor (2026)