CALAGEM APP: AUTOMAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES DE CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO BASEADA NA LITERATURA BRASILEIRA

Amanda Gomes Silva; Danilo Andrade Santos

Universidade Federal do Espírito Santo, Alto universitário, 29500-000 - Alegre-ES, Brasil,
gomesamanda211@gmail.com, danilo_as@live.com,

Resumo
O presente trabalho descreve o desenvolvimento e a validação de um aplicativo móvel, denominado "Calagem App", projetado para automatizar e otimizar as recomendações de calagem, gessagem e adubação para culturas agrícolas. A aplicação foi desenvolvida em etapas, compreendendo primeiramente o desenvolvimento lógico-matemático embasado nos principais manuais de recomendação de diferentes estados brasileiros. Em seguida, procedeu-se à criação do software utilizando a linguagem Dart e o framework Flutter para garantir uma interface responsiva e operação off-line. Posteriormente, foram realizados testes de usabilidade e precisão dos cálculos computacionais em comparação aos métodos manuais tradicionais. Os resultados demonstraram que o aplicativo processa os dados químicos do solo de forma exata, sendo consolidado mediante seu registro de propriedade intelectual no INPI. Conclui-se que o software se mostrou eficaz, tornando-se uma importante ferramenta tecnológica para auxiliar produtores rurais e profissionais das Ciências Agrárias nas atividades de campo.

Palavras-chave: Agricultura digital. Aplicativo móvel. Calagem. Fertilidade do solo.

Área do Conhecimento: Agronomia. Fertilidade do Solo

Introdução

A agricultura é marcada pela contínua remoção de nutrientes dos sistemas de produção, seja pela exportação via colheita ou por processos de perdas (erosão, lixiviação e volatilização) e indisponibilização (fenômeno comum para o fósforo em solos com predominância de argilominerais e óxidos de ferro e alumínio). Nesse contexto, a constante reposição nutricional por meio da adubação e a correção da acidez do solo são práticas fundamentais para garantir o alto rendimento das culturas agrícolas. Para fins de eficiência técnica e econômica, estas práticas são orientadas pela aplicação de tabelas de interpretação de dados de solo e uso de equações e tabelas de recomendação de doses de corretivos de acidez e nutrientes disponibilizados via publicações técnicas (Cantarutti *et al*., 2007).

No entanto, o conjunto de publicações técnicas para a recomendação de corretivos, condicionadores e adubação no Brasil é marcado por uma forte heterogeneidade. Cada manual, boletim ou artigo técnico é elaborado considerando limites geográficos, características edafoclimáticas específicas, apresentando, inclusive, variações nos valores numéricos das informações (Silva *et al*., 2025). Essa fragmentação de informações, somada à diversidade de métodos analíticos empregados nos variados documentos, gera dúvidas e grande complexidade na interpretação dos laudos, comprometendo o trabalho executado nas etapas anteriores (amostragem e análise laboratorial) (Silva *et al*., 2025). Consequentemente, o cálculo manual torna-se um processo moroso e suscetível a erros humanos e os recursos computacionais geralmente são limitados a poucas culturas ou à uma determinada região.

Diante da necessidade de conferir maior precisão técnica e agilidade às atividades de fertilização do solo, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento e a consolidação do aplicativo "Calagem App". Trata-se de uma solução tecnológica móvel estruturada para automatizar e unificar os cálculos de recomendação de calagem, gessagem e adubação com base nos diferentes manuais estaduais e no recebimento de feedback dos usuários, visando auxiliar profissionais de ciências agrárias e agricultores de forma rápida, padronizada e eficiente.

Metodologia

A construção do aplicativo foi estruturada em três etapas sequenciais e iterativas, aplicadas ao desenvolvimento de cada nova funcionalidade.

Para cada funcionalidade, realizou-se o levantamento e a tabulação das equações matemáticas, tabelas de referência e lógicas de decisão presentes nas principais publicações técnicas oficiais adotadas no Brasil. O escopo abrangeu as diretrizes para as seguintes regiões ou estados: Cerrado (Sousa; Lobato, 2004), Pará (Brasil; Cravo; Viegas, 2020), Bahia (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 1989), Sergipe (Sobral *et al*., 2007), Rio Grande do Norte (Holanda *et al*., 2017), Pernambuco (Cavalcanti *et al*., 2008), São Paulo (Cantarella *et al*., 2022), Minas Gerais (Ribeiro; Guimarães; Alvarez V., 1999), Rio de Janeiro (Freire, 2013), Espírito Santo (Prezotti *et al*., 2007), Paraná (Pauletti; Motta, 2019) e Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). Foram também incluídas metodologias complementares (Moreira *et al*., 2026; Teixeira *et al*., 2020) e adaptações regionais, como para o Cerrado de Roraima (Ferreira *et al*., 2007). A partir desse extenso referencial, a estrutura e a lógica de cálculo e recomendação foram traduzidas para o código-fonte.

O desenvolvimento computacional utilizou a linguagem de programação Dart e o framework Flutter, tecnologias que permitiram a compilação nativa e responsiva multiplataforma. A Interface de Usuário (UI) foi projetada para ser limpa e intuitiva, com foco na rápida inserção dos atributos químicos e físicos do solo. Para garantir o funcionamento estritamente off-line (premissa essencial para a operação em áreas rurais), o armazenamento local dos dados das amostras foi arquitetado utilizando a biblioteca de persistência de dados SharedPreferences.

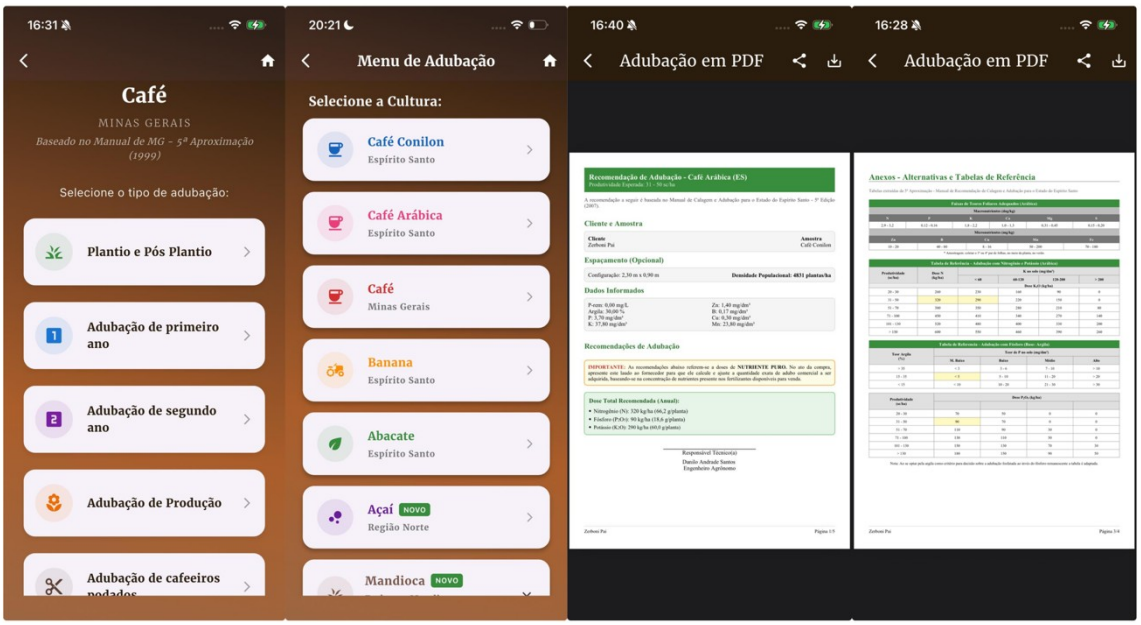
A validação computacional ocorreu de maneira modular e contínua. Para cada nova funcionalidade implementada, realizaram-se testes internos de verificação confrontando as saídas geradas pelo aplicativo diretamente com os resultados manuais previstos nas tabelas e fórmulas da literatura.e

Por fim, a consolidação da tecnologia e a garantia de sua autoria intelectual foram asseguradas por meio do registro oficial de programa de computador concedido pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sob o processo de número BR512026006140-7 (Santos; Silva, 2026).

Resultados

No que tange à modelagem agronômica, o aplicativo parametrizou e validou com sucesso metodologias estaduais distintas. O módulo de adubação (ainda limitado e em expansão dada a diversidade de culturas e manuais) organiza as recomendações por estado e cultura, permitindo a seleção da finalidade da aplicação, como plantio ou produção (Figura 1). O sistema compila essas escolhas em um relatório em formato PDF, que detalha as doses recomendadas de nutrientes e dispo-

Figura 1 – Telas do módulo de adubação e relatório em PDF com a indicação de doses e o anexo das tabelas de referência.

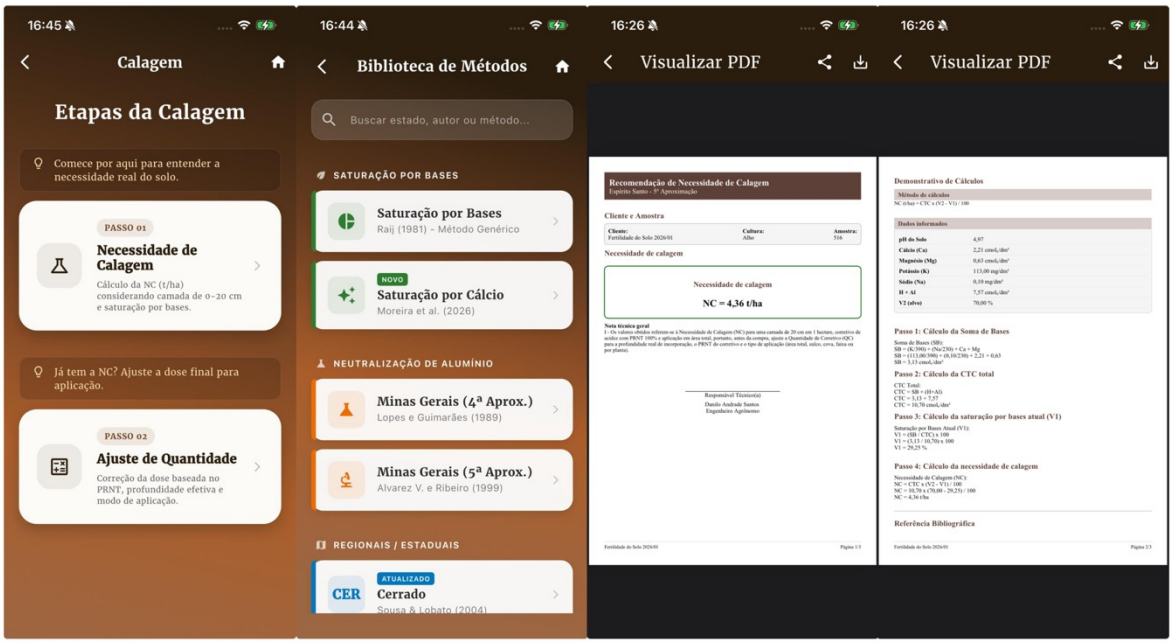


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

nibiliza como anexo as tabelas de referência literária originais para conferência (Figura 1). em um relatório em formato PDF, que detalha as doses recomendadas de nutrientes e disponibiliza como anexo as tabelas de referência literária originais para conferência (Figura 1).

O módulo de calagem comprovou sua exatidão lógica ao incorporar uma vasta biblioteca contendo os métodos tradicionais, as opções regionais específicas indicadas pelos manuais (Figura 2) e opções publicadas em artigos técnico-científicos. O fluxo de uso foi estruturado em etapas sequenciais, começando pela determinação da Necessidade de Calagem (NC), suportada por relatórios em PDF que apresentam o demonstrativo matemático detalhado de todo o cálculo (Figura 2), conferindo total transparência à recomendação.

Figura 2 – Telas do módulo de calagem evidenciando o cálculo de necessidade, o ajuste de quantidade, a biblioteca de métodos estaduais e o relatório em PDF com demonstrativo de cálculos.



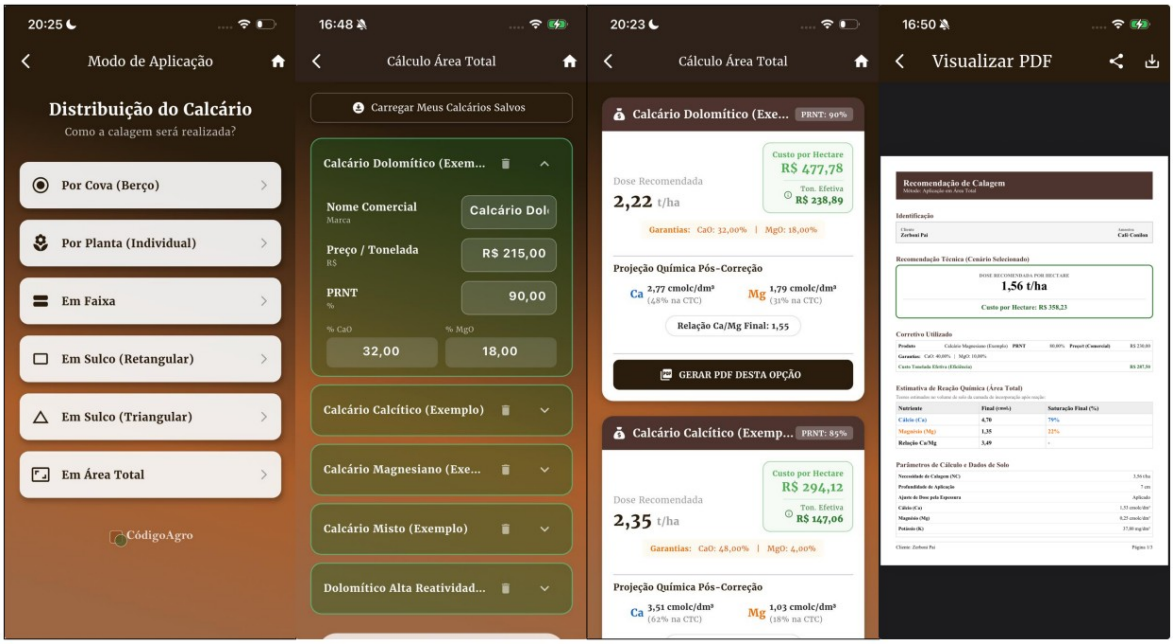
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para refinar a aplicação de campo e auxiliar na tomada de decisão, o sistema conta com as opções de ajuste de quantidade de corretivos (Figura 3) em um modo simplificado e em um modo avançado. No modo avançado, o sistema, além de permitir ao usuário definir o modo de distribuição espacial do calcário, pode também carregar dados reais de corretivos de acidez comerciais salvos. Como entrega, o algoritmo fornece um diagnóstico técnico-econômico calculando o custo por hectare e a tonelada efetiva, além de estimar as mudanças químicas (teores de Ca e Mg no solo e relação Ca/Mg) que ocorrerão no solo com base no corretivo escolhido e nos dados químicos do solo (Figura 3).

A arquitetura lógica do módulo de gessagem segue um rigor semelhante, permitindo a escolha entre diferentes métodos de cálculo e, na etapa de cálculos de quantidade de gesso, a utilização de croquis esquemáticos para o cálculo de ocupação da área (Figura 4). Um resultado crucial do processo de verificação contínua deste módulo foi a implementação de travas de segurança agronômicas. Como ilustrado na Figura 4, o aplicativo é capaz de barrar aplicações desnecessárias ao identificar automaticamente que o solo já atingiu os critérios de saturação por cálcio em profundidade, emitindo um diagnóstico de "Sem Necessidade".

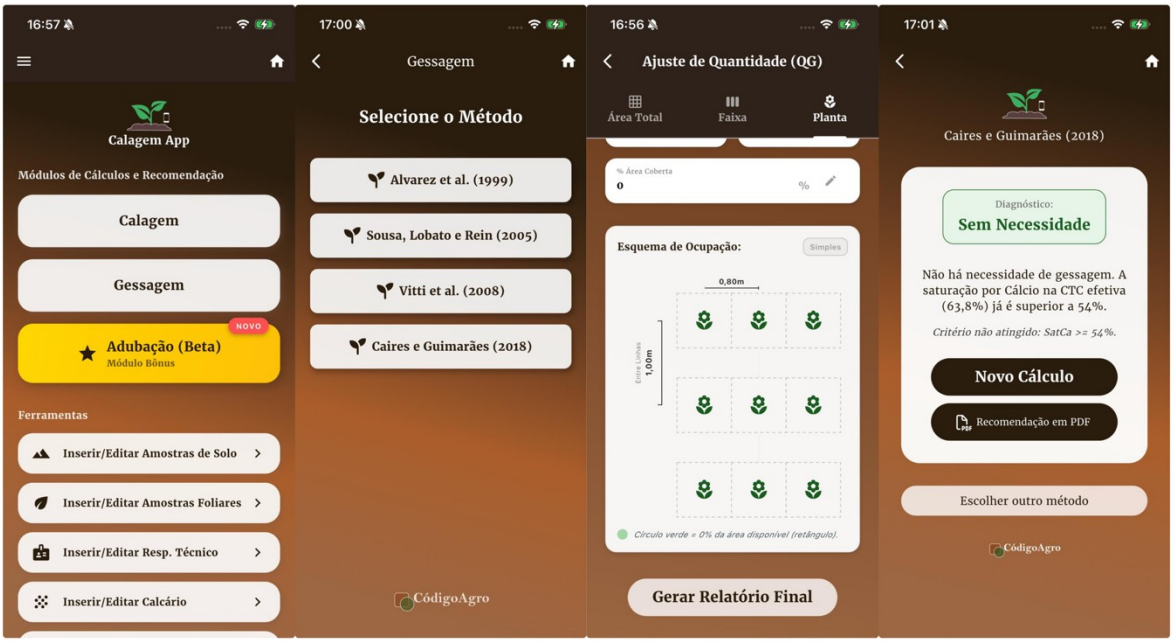
O software desenvolvido atendeu com êxito ao requisito de funcionamento totalmente off-line e demonstrou estabilidade operacional, processando variáveis químicas e tabelas de recomendação com tempo de resposta na ordem de milissegundos. Entre as inovações tecnológicas de interface visando o uso em campo, destaca-se a implementação do registro de amostras de solo por comando de voz e a opção de personalização da assinatura do responsável técnico para os laudos gerados (Figura 5).

Figura 3 – Telas de ajuste de quantidade de corretivos apresentando os modos de distribuição, o carregamento de dados comerciais com diagnóstico técnico-econômico e o relatório em PDF com estimativas de mudanças químicas no solo.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 4 – Telas do módulo de gessagem com a seleção de métodos, ajuste de quantidade com croqui de ocupação de área e laudo demonstrando a atuação da trava de segurança (sem necessidade de aplicação).

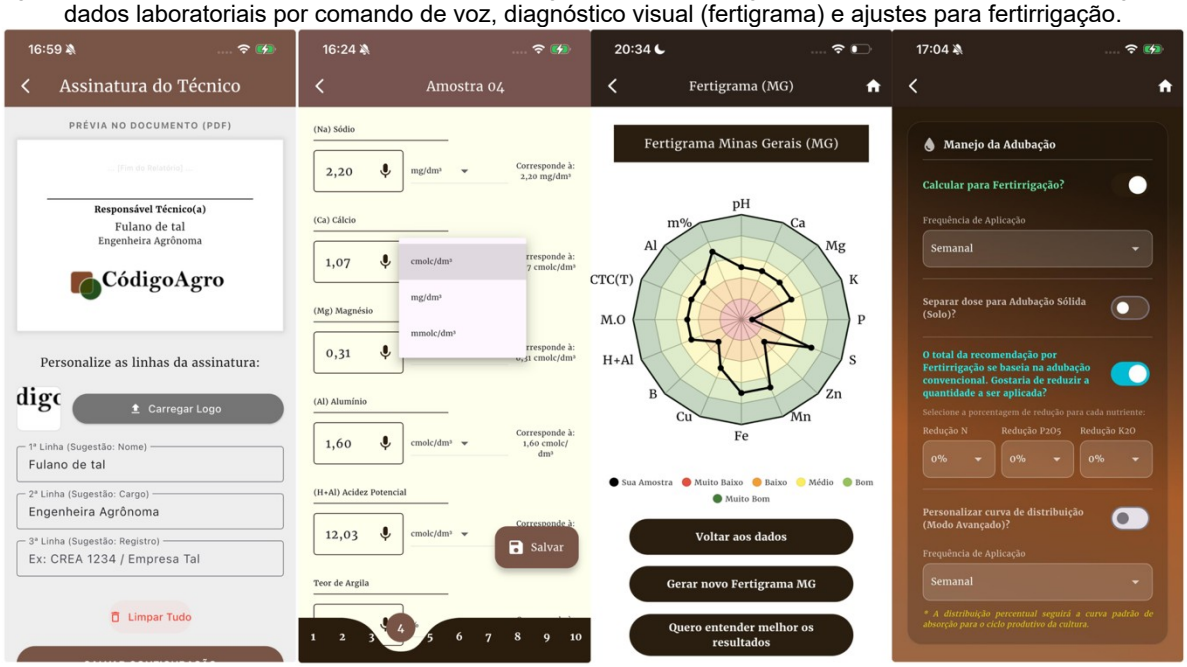


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como produto do cruzamento de dados, o "Calagem App" disponibiliza módulos complementares avançados, incluindo a geração de diagnósticos visuais por meio de fertigramas e configurações específicas para o fracionamento e manejo via fertirrigação (Figura 5). Toda a rotina computacional, cujos cálculos foram testados modularmente em relação à literatura, garante que extensas rotinas

manuais sejam convertidas em laudos técnicos seguros, precisos e de fácil exportação em formato PDF.

Figura 5 – Funcionalidades complementares e avançadas: personalização de assinatura do técnico, inserção de dados laboratoriais por comando de voz, diagnóstico visual (fertigrama) e ajustes para fertirrigação.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Discussão

A fragmentação das recomendações oficiais de adubação e calagem no Brasil, evidenciada por Silva *et al*. (2025), impõe um desafio direto à precisão do manejo nutricional, exigindo que técnicos interpretem lógicas matemáticas e conceituais distintas. Os resultados obtidos com a construção do "Calagem App" demonstram que a parametrização computacional é uma via eficaz para harmonizar essa complexidade. Em vez de tentar impor um método único que desconsidere as particularidades edafoclimáticas, a arquitetura modular do aplicativo provou ser capaz de respeitar as diretrizes específicas de cada região, seguindo as recomendações publicadas sob a forma de literatura técnica.

Além disso, a transposição dos métodos manuais para o ambiente algorítmico permitiu a implementação de travas de segurança agronômica, como o bloqueio automático de recomendações de gessagem e calagem desnecessárias (Figura 4), mas ainda permitindo ao usuário remover ou manter a trava. Essa característica expande a função de uma simples calculadora, elevando o software à categoria de sistema de suporte à decisão. Sob a ótica da usabilidade no cenário agrícola brasileiro, o funcionamento estritamente off-line e o uso de comandos de voz não são apenas facilidades estéticas, mas respostas técnicas a limitações reais de infraestrutura de conectividade e ergonomia no campo. Por fim, ao permitir a incorporação de custos operacionais e a rápida atualização metodológica para absorver novos modelos científicos (a exemplo do método de cálculo de calagem de Teixeira *et al*., 2020 e Moreira *et al*., 2026), a ferramenta supera a obsolescência natural dos manuais impressos, alinhando a extensão rural às atuais demandas por eficiência e sustentabilidade econômica.

Conclusão

O "Calagem App" atende com êxito à necessidade de unificar e automatizar as recomendações de fertilidade do solo no Brasil. A validação algorítmica confirmou a viabilidade de traduzir a complexidade de múltiplos manuais estaduais em uma ferramenta móvel, segura e de operação totalmente off-line. Dessa forma, o aplicativo não apenas otimiza o tempo de diagnóstico e mitiga erros humanos em cálculos agronômicos, mas também impulsiona a digitalização da extensão rural, entregando uma solução tecnológica acessível e confiável para apoiar a tomada de decisão técnica no campo.

Referências

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

CANTARELLA, H.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; VAN RAIJ, B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2022. (Boletim 100).

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

CAVALCANTI, F. J. de A. (coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 3. ed. rev. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (RS; SC). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (BA). **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2. ed. rev. aum. Salvador: CEPLAC, 1989.

FERREIRA, G. B.; MATTIONI, J. A. M.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F. **Recomendação de calagem pelo método do pH SMP para o Cerrado de Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2007. (Comunicado Técnico, 07).

FREIRE, L. R. **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013.

HOLANDA, J. S.; DANTAS, J. Á.; MEDEIROS, A. A.; FERREIRA NETO, M. F.; MEDEIROS, J. F.; GUEDES, F. X. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte**. Parnamirim: Emparn, 2017. (Documentos, 46).

MOREIRA, S. G.; GAUDENCIO, J. R. F.; MORAES, F. A. de; MORAIS, E. G. de; PEIXOTO, D. S.; RESENDE, H. C. de; SILVA, J. C. R.; CAMPOS, O. L. V. A practical method for estimating liming requirements based on soil chemical attributes and limestone composition. **Soil & Tillage Research**, v. 255, 106816, 2026.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Estadual Paraná, 2019.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo**. 5. Aproximação. Vitória: Seea/Incaper/Cedagro, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais, 1999.

SANTOS, D. A.; SILVA, A. G. **Calagem App**. Versão 1.0. Programa de computador. Registro: BR 51 2026 006140-7. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Data de concessão: *11 ago. 2026*.

SILVA, L. S.; WADT, P. G. S.; SOUZA, H. A.; PAVINATO, P. S.; MORAES, M. F. Cenário atual e a harmonização do sistema de recomendação de corretivos e de fertilizantes mais utilizado no Brasil. In: BRUNETTO, G.; RAZONE, D. E.; LOSS, A.; SOUZA, H. A. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 13, 2025.

SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETTO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007.

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

TEIXEIRA, W. G.; ALVAREZ V., V. H.; NEVES, J. C. L. New methods for estimating lime requirement to attain desirable pH values in Brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0200008, 2020.