

Campinas, SP / Novembro, 2024

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Mapas prospectivos de ocorrência potencial de agrominerais silicáticos no Brasil

Lucíola Alves Magalhães⁽¹⁾, Éder de Souza Martins⁽²⁾, Magda Bergmann⁽³⁾, Alessandra Elisa Blaskowski⁽⁴⁾, Andrea Sander⁽³⁾ e Thais Nasato Fioravanti⁽⁵⁾

⁽¹⁾Analista, Embrapa Territorial, Campinas, SP. ⁽²⁾Pesquisador, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. ⁽³⁾Pesquisadoras, Serviço Geológico do Brasil, Porto Alegre, RS. ⁽⁴⁾Serviço Geológico do Brasil, Curitiba, PR. ⁽⁵⁾Bolsista, Embrapa Territorial, Campinas, SP.

Introdução

No ano de 2022, o governo federal publicou o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF) (Brasil, 2022). Esse documento é resultado do trabalho de uma equipe interministerial (Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021) e contém um diagnóstico nacional, bem como uma visão de futuro da cadeia de fertilizantes e de nutrição de plantas no Brasil. Faz parte das linhas de ação citadas no referido documento a linha “cadeias emergentes”, na qual os agrominerais¹ silicáticos (ASi), que dão origem aos remineralizadores² (REM) e aos fertilizantes silicáticos (FSi), são apresentados como opções para diminuir a dependência nacional da importação de fertilizantes solúveis. Dentre as vantagens elencadas no documento para a cadeia dos REM estão: disponibilidade de matérias-primas regionais como fonte de nutrientes, como potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e outros; facilidade de produção, uma vez que os REM são apenas materiais cominuídos por processos mecânicos, segundo as normativas do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (Brasil, 2016); além da demanda e do interesse crescente na adoção desses novos

insumos. Segundo o anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos (Brasil, 2023), em 2021, foram produzidos 1,21 milhão de toneladas de REM e FSi pelos estados das regiões Sul, Sudeste (São Paulo e Minas Gerais), Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul e Goiás), Nordeste (Maranhão, Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia) e Norte (Tocantins). Ainda no ano de 2021, o consumo total foi de 1,79 milhão de toneladas, com aumento de 115% em relação a 2020. Em 2022, o levantamento do setor mostrou que a produção alcançou 3 milhões de toneladas (Martins et al., 2023a). Segundo Martins et al. (2023a), para que as metas do PNF (75 milhões de toneladas anuais até 2050) sejam alcançadas, será necessário que a produção de REM e FSi tenha crescimento anual constante de 150% ao ano. No entanto, apesar dessa procura crescente, das novas pesquisas científicas sobre a eficiência desses produtos e dos processos envolvidos na liberação dos nutrientes, a cadeia dos REM apresenta fragilidades, que se configuram como oportunidades para as instituições de pesquisa e também para o setor mineral. A principal delas refere-se à necessidade de pesquisas de longo prazo (mínimo de dez anos)

¹ O termo “agromineral” é definido como as matérias-primas derivadas de rochas que podem ser usadas em processos de produção de insumos destinados ao manejo da fertilidade do solo agrícola. Os agrominerais silicáticos podem ser matérias-primas de remineralizadores e/ou de fertilizantes silicáticos.

² Insumo que atende aos critérios da Lei nº 12.890/2013 e da Instrução Normativa nº 05/2016 do Mapa.

para o manejo agrícola regional de forma integrada a outros insumos.

Nesse sentido, um desafio de pesquisa e desenvolvimento estratégico definido pela Embrapa para os próximos anos é “identificar locais fontes de nutrientes de resíduos agroindustriais e remineralizadores de interesse para adoção na agricultura e recuperação de áreas degradadas”. Para que esse desafio possa ser concretizado, a Empresa financiou um projeto de pesquisa que tem entre os seus objetivos o aprofundamento dos conhecimentos sobre as possíveis fontes nacionais de ASi, com foco principal na identificação de unidades geológicas com ocorrência de rochas silicáticas que possam fornecer nutrientes para a agricultura. O mapa prospectivo é a primeira etapa para a produção de um zoneamento agrogeológico, que visa identificar não só as áreas potenciais de produção de agrominerais, mas também as zonas de consumo e a logística associada. Esta publicação apresenta os mapas prospectivos obtidos durante o desenvolvimento do projeto intitulado - Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária Brasileira³ -, relacionados ao potencial nacional da oferta de agrominerais silicáticos de forma a apoiar o processo de decisão quanto à seleção de áreas potenciais para a intensificação de pesquisas científicas e tecnológicas no Brasil.

Desenvolvimento

Mapa nacional da ocorrência de rochas com potencial para agromineral

A primeira etapa desenvolvida na geração do mapa prospectivo de produção nacional de ASi foi a formação de um banco de dados espacial das unidades de mapeamento geológico do Brasil com litotipos (tipos de rochas) categorizados de acordo com o seu potencial emprego como um ASi. Para tanto, foi utilizado o mapa geológico do Brasil ao milionésimo, obtido junto ao Serviço Geológico do Brasil (2004), e foram tratadas especificamente as informações contidas no campo “litotipos”. Esse campo traz os nomes de todas as rochas descritas em cada unidade geológica mapeada. O nome indica o processo de formação das rochas (sedimentar, ígneo ou metamórfico) e fornece uma indicação dos minerais presentes em cada uma delas. Essas

indicações mineralógicas possibilitaram o trabalho conjunto entre a Embrapa e o Serviço Geológico do Brasil (SGB) com o objetivo de classificar as rochas de acordo com o potencial ou as restrições ao seu uso, seguindo as orientações previstas na Instrução Normativa nº 5, de 2016, do Mapa (IN 5/2016) (Brasil, 2016).

As designações discriminadas no campo “litotipos” resultaram em 520 tipos distintos de rocha. Cada litotipo foi classificado nas seguintes categorias: indicada, não indicada, condicional e inconclusiva. As rochas classificadas na categoria “indicada” são aquelas com potencial de uso como agromineral silicático; as rochas classificadas na categoria “não indicada” são aquelas sem potencial para uso, como os sedimentos arenosos inconsolidados recentes, que não apresentam teores apreciáveis de minerais reativos em solos. Dentre as rochas classificadas na categoria “condicional” estão aquelas com potencial de uso como agromineral silicático, desde que observadas a mineralogia, composição química e reatividade dos minerais, mas, especialmente, em função da presença de elementos potencialmente tóxicos ou da quantidade de materiais inertes. Por fim, as rochas classificadas na categoria “inconclusiva” são aquelas para as quais a descrição disponível utilizou termos genéricos que não foram suficientes para caracterizar a composição dos materiais, dificultando, portanto, a sua classificação.

Após a categorização dessa lista individual, foram criados campos em uma tabela de atributos do banco de dados espacial contendo a frequência relativa de cada tipo de indicação para cada unidade de mapeamento geológico. Por exemplo: a) Formação Apoteri: andesito, andesito basáltico e basalto, 100% na categoria “indicada”; b) Suíte Intrusiva Serra da Prata: charnockito, charnoenderbitto, mangerito, 100% na categoria “condicional”; c) Suíte Intrusiva Apiaú: monzonito, sienito, traquito, entre 50 e 75% na categoria “indicada”.

Um arquivo de simbologia com seis classes foi criado para a representação espacial das unidades geológicas de acordo com a frequência relativa observada de indicações, da seguinte forma: até 25% de rochas agrupadas na categoria “indicada”; entre 25 e 75% de rochas na categoria “indicada”; acima de 75% de rochas na categoria “indicada”; 100% de rochas na categoria “condicional” e 100% de rochas na categoria “inconclusiva” (agrupadas na mesma classe); 100% de rochas na categoria “não indicada” e “outra classificação”

³ Código no Sistema Embrapa de Gestão (SEG): 20.18.03.065.00.00.

(que reúne unidades geológicas com rochas classificadas como “inconclusivas”, “condicionais” e “não indicadas” em diferentes proporções) (Figura 1).

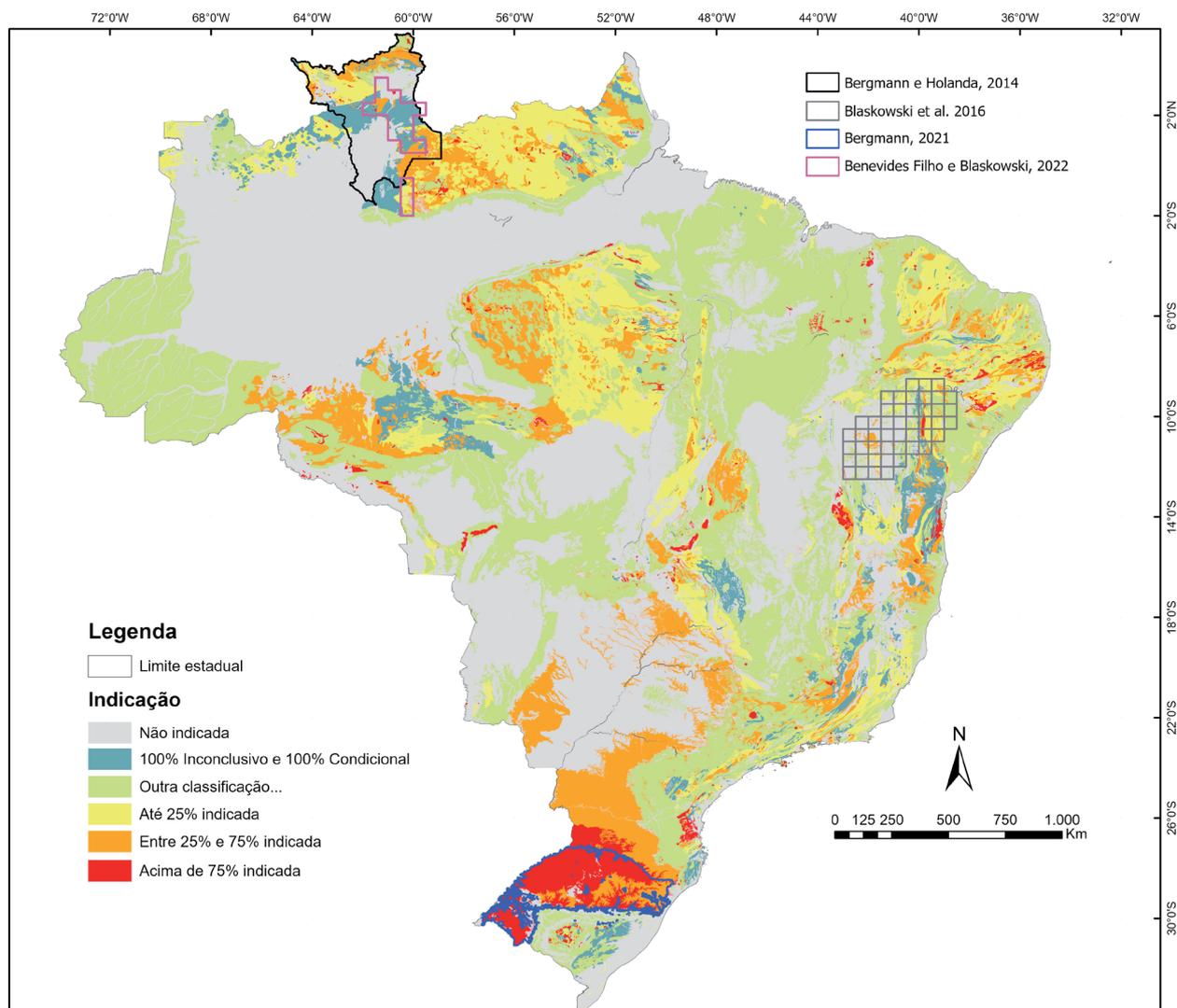


Figura 1. Mapa de ocorrência de rochas silicáticas presentes em cada unidade geológica em relação ao seu potencial de uso como agromineral silicático.

A leitura deste mapa indica que, exceto pelas áreas de sedimentação cenozoica, todo o território nacional apresenta locais com fontes potenciais de ASi, o que reforça as possibilidades nacionais de diminuir a dependência brasileira da importação de fertilizantes solúveis. No entanto, o mapa não traz qualquer informação sobre volume de produção ou garantia de que serão encontradas rochas que atendam em 100% os requisitos previstos na IN 5/2016; é, portanto, um mapa guia de frequência de ocorrência de rochas com potencial para uso agrícola encontradas em cada unidade geológica

descrita no mapa original ao milionésimo em função, única e exclusivamente, do número de litotipos em cada unidade geológica. Vale a ressalva de que o mapa original representa o conhecimento geológico em grandes traços e sem detalhe, dada a sua escala ao milionésimo.

Os grandes vazios de ocorrência de ASi geralmente estão relacionados com rochas sedimentares das bacias geológicas cenozoicas, nas quais ocorre maior intensidade de uso agrícola na região Centro-Sul e as quais são cobertas pela Floresta Amazônica na região Norte.

Destacadas no mapa estão as áreas detalhadas em quatro estudos anteriores de Bergmann e Holanda (2014), Blaskowski et al. (2016), Bergmann (2021) e Benevides Filho e Blaskowski (2022). Os trabalhos de Bergmann e Holanda (2014) e Benevides Filho e Blaskowski (2022) retratam afloramentos visitados em Roraima e norte do Amazonas. Destacam-se: os basaltos e diabásios da Formação Apoteri; dacitos do Grupo Surumu; gabros da Suíte Avanavero (norte) e do Caracaraí; rochas graníticas da Suíte Intrusiva Serra da Prata e Suíte Água Branca como produtos da mineração de agregados para a construção civil – incluídos na categoria “condicional” –; ortognaisses de Mucajaí pertencentes à Suíte Rio Urubu, classificados na categoria “inconclusiva”; e, por fim, os fonolitos de Campos Novos (Complexo Alcalino Apiaú), classificados na categoria “indicada”. Além destes, os autores descrevem como potenciais as rochas máficas e ultramáficas do Grupo Cauarane e da Suíte Máfico-Ultramáfica Uraricaá.

Na Bahia, Blaskowski et al. (2016) desenvolveram o projeto Agrominerais da Região de Irecê-Jaguarari. Nesse trabalho, foram detalhados os potenciais de rochas e subprodutos da mineração: do Complexo Máfico-Ultramáfico de Campo Formoso, da Formação Salitre, do Corpo Granitoide de Nordestina, todos os três, no presente trabalho, incluídos na categoria “outra classificação”; do Complexo Máfico-Ultramáfico do Vale do Jucurici, incluído na categoria “entre 25% e 75% indicada”; e do Corpo Máfico-Ultramáfico do Vale do Curaçá, incluído na categoria “acima de 75% indicada”.

Nas regiões Sul, Sudeste e, em menor grau, na região Centro-Oeste, destaca-se um extenso território de ocorrência do Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná, com rochas vulcânicas básicas (basaltos, andesitos basálticos e andesitos) e vulcânicas ácidas (dacitos e riolitos). As reservas de rocha atingem grande magnitude em volume, uma vez que a continuidade lateral dos derrames é da ordem de várias dezenas de quilômetros, enquanto a espessura aflorante das pilhas de derrames vulcânicos, a depender da topografia e da dissecação do relevo, pode atingir muitas centenas de metros. As rochas com frequência estão disponíveis como descartes de mineração de agregados para a construção civil e, em menor grau, da mineração de gemas (ametista e ágata), como no Distrito Mineiro de Ametista do Sul, RS, ou na Província Gemológica da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul.

Dentre os litotipos do Grupo Serra Geral predominam basaltos e andesitos, rochas que são

fontes de Ca, Mg e silício (Si) e dos micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e cromo (Cr), além de fontes eventuais de cobre (Cu) e zinco (Zn). Alguns derrames de composição andesito-basáltica e andesítica podem ser também fontes de K, com teores que se aproximam de produtos do tipo remineralizador consagrados da região Centro-Oeste, como biotita xistos e kamafigito. Adicionalmente, os basaltos apresentam potencial moderado como corretivos de solos. Os dacitos têm ocorrência mais restrita e representam 5% em área, afloram majoritariamente no Rio Grande do Sul, mas também são expressivos nos planaltos catarinense e paranaense. São fontes de K, Ca e Si e, apesar de não cumprirem a IN 5/2016 do Mapa dos remineralizadores (apresentam soma de bases na forma de óxidos < 9%), podem constituir outras formas de FSi, como fertilizantes minerais simples.

Bergmann (2021), em trabalho que abrangeu a metade norte do Rio Grande do Sul, levantou blocos representativos da área de ocorrência do Grupo Serra Geral nas regiões Litoral Norte, Central, Fronteira Oeste, Região Metropolitana de Porto Alegre e região Norte. A caracterização litoquímica e petrográfica apontou as rochas com maior potencial para produtos ASi, e a pesquisa incluiu o levantamento de lavras de agregados com capacidade instalada para sua produção. Dentre as fontes multinutrientes que incluem um percentual significativo de potássio, destacam-se, na região central do Rio Grande do Sul, as rochas andesíticas de corpos subvulcânicos de Santa Cruz do Sul (domo andesítico de Linha Pinheiral, *sill* da lavra Ouro Preto e o derrame da pedreira Fátima, com teores de óxido de potássio – K_2O – entre 2,54 e 2,80%). Foram identificados derrames de composição andesito-basáltica da Formação Vale do Sol, comuns aos blocos central e litoral norte do Rio Grande do Sul, que portam K_2O entre 2,46 e 3,35%, enquanto, na Formação Alegrete, fronteira sudoeste do estado, andesitos basálticos e andesitos, em parte mineralizados a gemas em geodos, podem portar entre 2,5 e 2,87% de K_2O . O trabalho incluiu o levantamento de pacotes de basaltos amigdaloides mineralizados a zeólitas, com percentuais que podem atingir 30%, e indicou o potencial de diversas das fontes convencionais de zeólitas para jazidas de material condicionador de solos, pelo aproveitamento conjunto da matriz de basalto da rocha amigdaloides. Igualmente, brechas de topo de derrame ricas em calcita são indicadas como fontes de corretivos de solo.

Mapa nacional da ocorrência de rochas com potencial para agromineral silicático separadas por grupos minerais

As rochas classificadas na categoria “indicada” (Figura 1) passaram por um novo processo de rotulação considerando a composição mineralógica de referência. A composição mineralógica de referência para cada tipo de rocha é um indicador dos potenciais nutrientes que serão disponibilizados ao sistema solo/planta a partir do intemperismo do REM após a sua aplicação no solo. Dessa forma, as rochas na categoria “indicada” foram classificadas em grupos de ASi cujas bases principais são: cálcio e magnésio – ASiCaMg – (Figura 2), potássio – ASiK – (Figura 3), magnésio – ASiMg – (Figura 4),

cálcio – ASiCa – (Figura 5), e cálcio, magnésio e potássio – ASiCaMgK – (Figura 6), e cada uma dessas classes corresponde, respectivamente, a áreas de 154.358.702,06 ha (59,9%), 91.899.567,86 ha (35,7%), 8.286.768,03 ha (3,2%), 3.006.933,10 ha (1,2%), e 145.586,95 ha (0,1%) (Sistema de Projeção Cônica de Albers). Assim como o mapa da Figura 1, estes mapas de grupos minerais não consideram volume, percentual de elementos liberados ou garantia de registro de produtos junto ao Mapa, mas servem como guia prospectivo de locais do território nacional que podem ter suas pesquisas intensificadas na busca por produtos que contenham um ou mais nutrientes. Os mapas das Figuras 2 a 6 representam a frequência de rochas de cada grupo mineral no total de rochas descritas em cada unidade geológica.

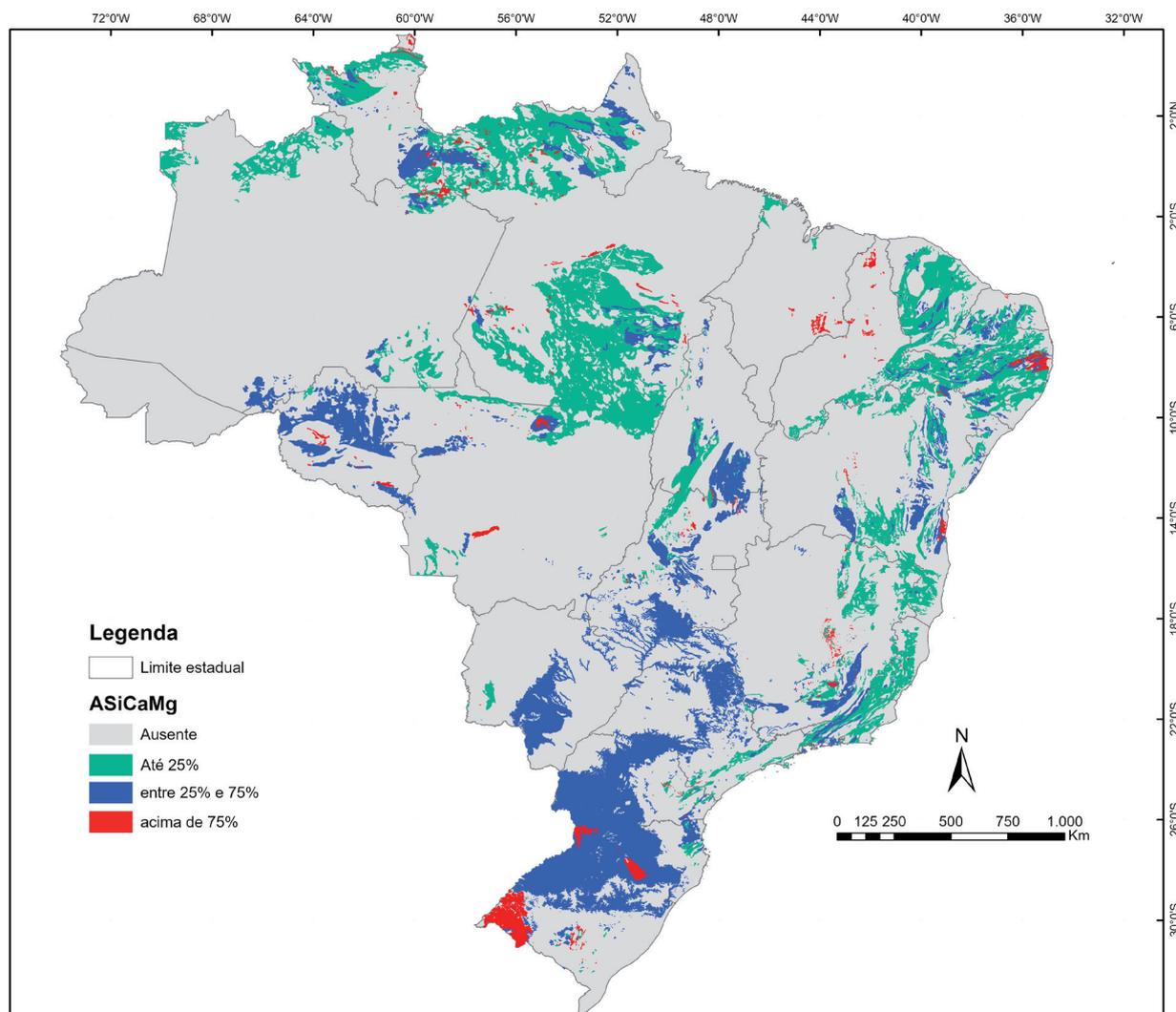


Figura 2. Potencial de ocorrência de agrominerais silicáticos ricos em cálcio e magnésio (ASiCaMg) na categoria indicada. As classes da legenda representam a frequência de rochas do grupo ASiCaMg no total de rochas descritas em cada unidade geológica.

O grupo ASiCaMg (Figura 2), com potencial de ocorrência em 59,9% do total das áreas indicadas para os ASi, está distribuído em todas as regiões do País. Essa distribuição territorial é uma vantagem logística, uma vez que essas áreas estão próximas a grandes regiões agrícolas. Por exemplo, nos estados do Maranhão e Piauí, há ocorrência de corpos destacados na cor vermelha que são representados pela Formação Sardinha, cujo mapeamento na escala ao milionésimo indica a presença de rochas como basalto e diabásio. Já no Mato Grosso, em sua porção centro-sul, também destacada em vermelho, ocorrem diabásios da Formação Tapirapuã, que apresenta potencial de exploração para fontes de Ca e Mg. Os ASiCaMg contribuem para a correção do pH do solo e fornecimento de Si, Ca e Mg, além de vários micronutrientes (Martins et al., 2023a).

Os ASiCaMg também estão sendo testados para uso no processo de sequestro de carbono inorgânico no solo, pelo processo de intemperismo aprimorado (Guo et al., 2023; Beerling et al., 2024).

O grupo ASiK (Figura 3) representa mais de um terço das áreas de ocorrência potencial de ASi, com 35,7%, e com distribuição próxima às regiões agrícolas do País. A eficiência dessas fontes para fornecimento de K depende da mineralogia e granulometria dos produtos e da atividade biológica do sistema agrícola (Martins et al., 2023a). Este grupo de ASi representa uma diversidade de rochas potenciais, especialmente de origem ígnea (por exemplo, riolitos, monzonitos, fonolitos e nefelina sienitos) e metamórficas (por exemplo, biotita xistos) e sedimentares (por exemplo, siltitos glauconíticos) (Martins et al., 2023a, 2023b).

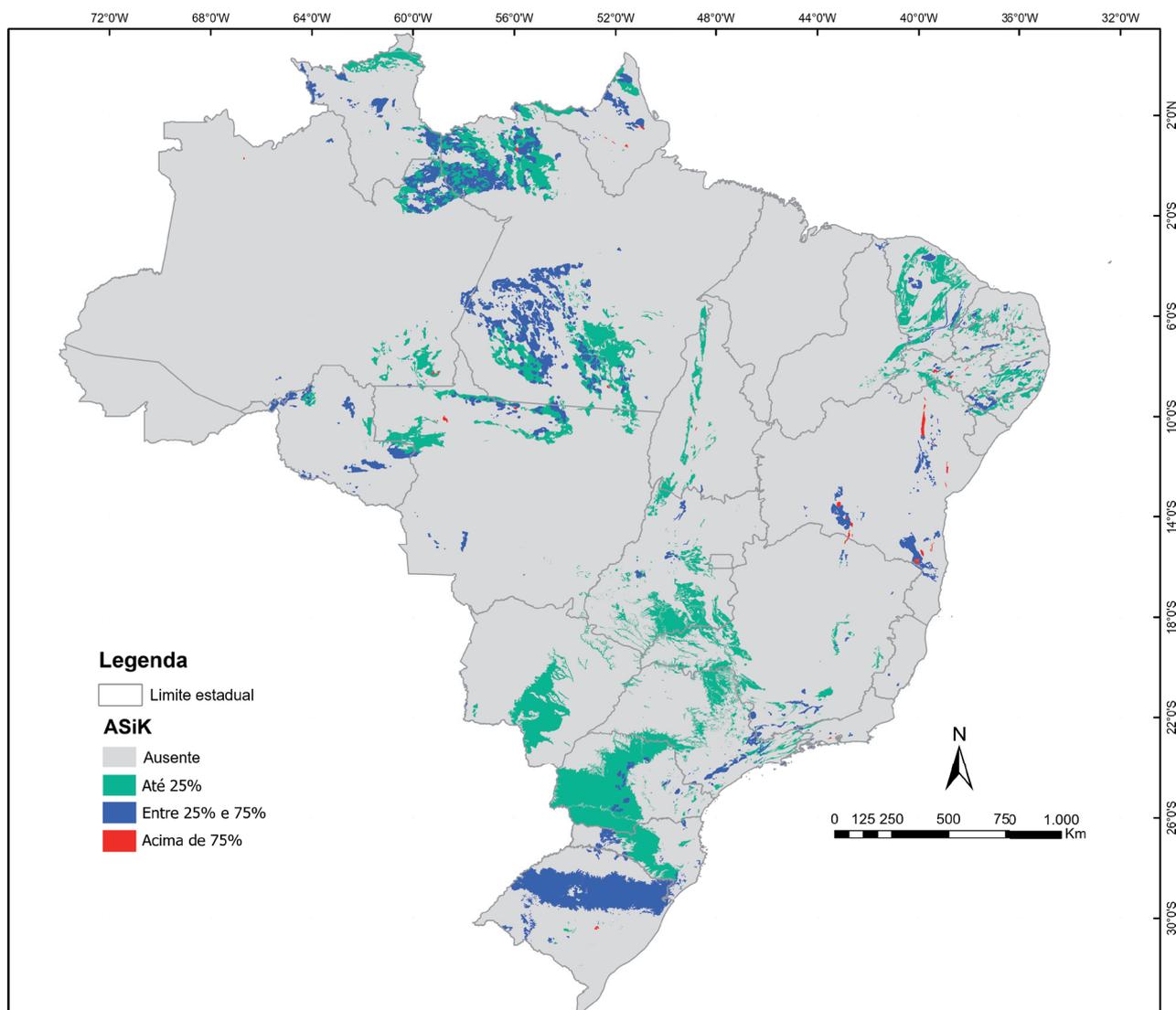


Figura 3. Potencial de ocorrência de agrominerais silicáticos ricos em potássio (ASiK) na categoria indicada. As classes da legenda representam a frequência de rochas do grupo ASiK no total de rochas descritas em cada unidade geológica.

Vale destacar os extensos derrames do Grupo Serra Geral que estão presentes desde o Rio Grande do Sul até Goiás, passando por Santa Catarina, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. No Tocantins, destacam-se, na sua extensão Norte-Sul, os biotita xistos da Formação Xambioá, enquanto, em Goiás, os biotita xistos do Grupo Araxá constituem vários remineralizadores certificados.

Os potenciais de ocorrência dos outros grupos – ASiMg (3,2%) (Figura 4), ASiCa (1,2%) (Figura 5) e ASiCaMgK (0,1%) (Figura 6) – são bem menores que dos grupos ASiCaMg (Figura 2) e ASiK (Figura 3), os quais, somados, equivalem a 95,6% da área total potencial. Mesmo assim, o uso dessas fontes

com menor potencial de ocorrência é importante em função de suas características específicas. Os grupos ASiMg e ASiCa apresentam elevado potencial corretivo, e fornecem, respectivamente, Si, Mg, Ni e Si, Ca e Zn de forma mais expressiva (Martins et al., 2023a, 2023b). O fato de esses grupos serem menos representativos do ponto de vista espacial não quer dizer que a oferta seja pequena, uma vez que o grupo ASiCaMg, que representa fonte conjunta dos dois nutrientes, apresenta a maior expressão cartográfica nesta escala exploratória (Figura 2). No estado do Pará (Figura 4), como fonte de Mg destacam-se dois corpos (representados na cor vermelha):

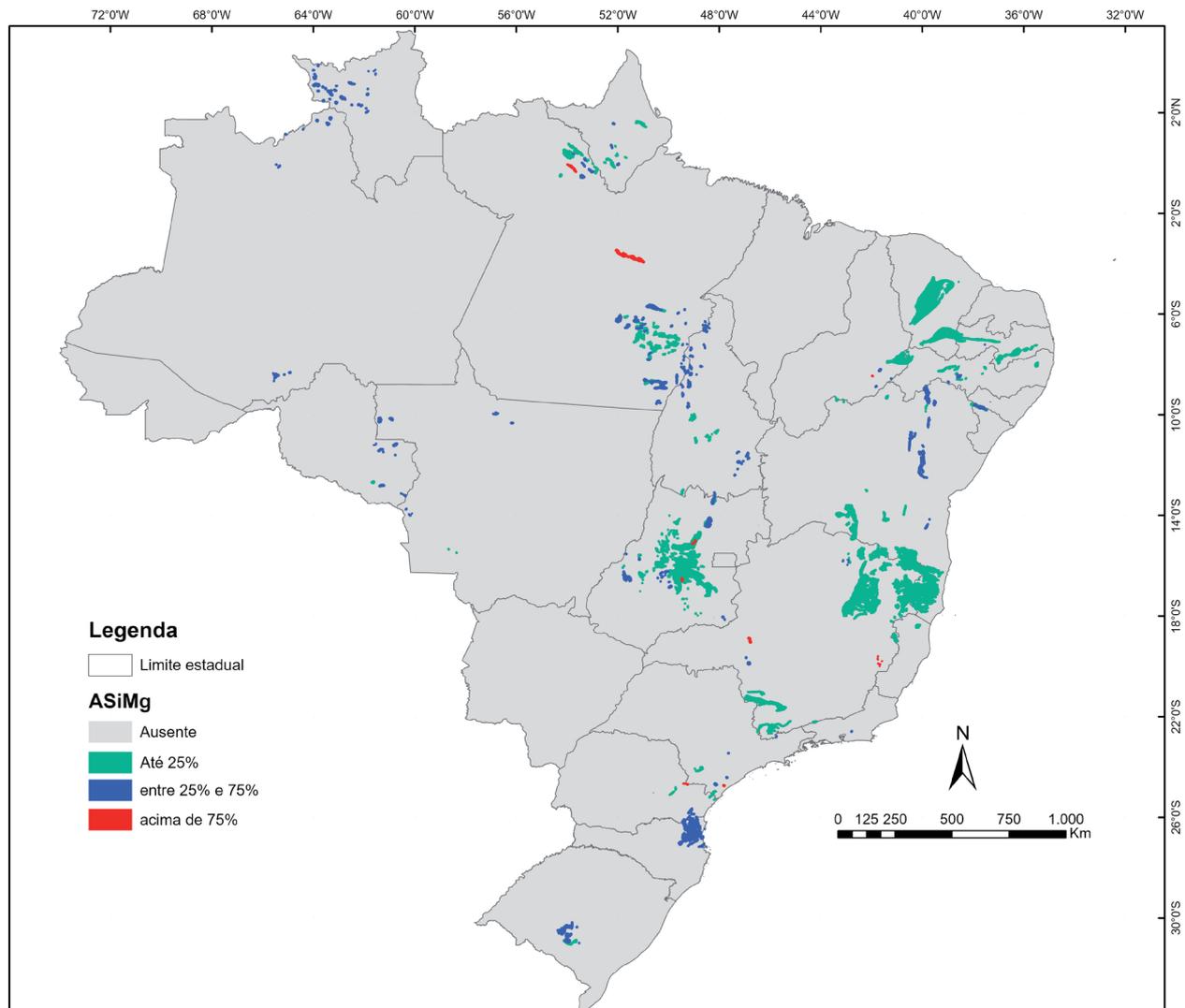


Figura 4. Potencial de ocorrência de agrominerais silicáticos ricos em magnésio (ASiMg) na categoria indicada. As bordas das unidades geológicas foram ampliadas para facilitar a visualização na escala apresentada. As classes da legenda representam a frequência de rochas do grupo ASiMg no total de rochas descritas em cada unidade geológica.

na porção central, estão os actinolita xistos da Formação Itatá e, na porção mais ao norte, os actinolita xistos e metaultramafitos da Serra Cuiapocu.

O grupo ASiCa (Figura 5) não é mais raro apenas do ponto de vista cartográfico, mas também na proporção (até 50%) em que rochas classificadas na categoria “indicada” e com essa fonte mineral (Ca) ocorrem dentro das unidades geológicas descritas no mapa ao milionésimo (gnaisses calcissilicáticos,

anortositos, calcissilito, epidosito, por exemplo). Isso reforça a importância de pesquisas locais e em maior escala, para ampliar o conhecimento do potencial desses materiais. Em Roraima, por exemplo, destacam-se os anortositos de Repartimento e Jutaí; na Bahia, destacam-se os calcissilitos da Unidade Jussara; enquanto, em Minas Gerais, destacam-se os calcissilitos do Grupo Nova Lima e da Formação Sete Lagoas.



Figura 5. Potencial de ocorrência de agrominerais silicáticos ricos em cálcio (ASiCa) na categoria indicada. As bordas das unidades geológicas foram ampliadas para facilitar a visualização na escala apresentada. As classes da legenda representam a frequência de rochas do grupo ASiCa no total de rochas descritas em cada unidade geológica.

Em Rondônia e no norte de Mato Grosso, destacam-se gnaisses calcissilicáticos; e, em Goiás, metanortositos da Serra da Malacacheta e da Suíte Anincuns – Santa Bárbara.

O grupo ASiCaMgK (Figura 6) é o que apresenta maior diversidade e proporção de nutrientes entre os ASi. As fontes que não foram intemperizadas constituem bons corretivos, com potencial de fornecimento de Si, Ca, Mg, K, fósforo (P), Zn,

Cu, Ni e Mn, principalmente (Almeida et al., 2022). Este grupo apresenta ocorrências pontuais e representa rochas associadas aos complexos alcalino-carbonatíficos de Goiás, Tapira e Poços de Caldas, em Minas Gerais, e Anitápolis, em Santa Catarina. Ainda em Santa Catarina, destaca-se o Complexo Alcalino de Lages e, em São Paulo, a

Suíte Intrusiva Jacupiranga e o Complexo Alcalino-Carbonatífico de Juquiá. O grupo representa, ainda, o hornblenda-biotita-escapolita hidrotermalito (descrito no Corpo Diorito Cristalino – sudeste do Pará), lamprófiros (descritos na Suíte Alcalina de Iporá e no Corpo Iporá–Santa Fé, GO, no Complexo Alcalino Mendanha e Corpo Soarinho e Tanguá,

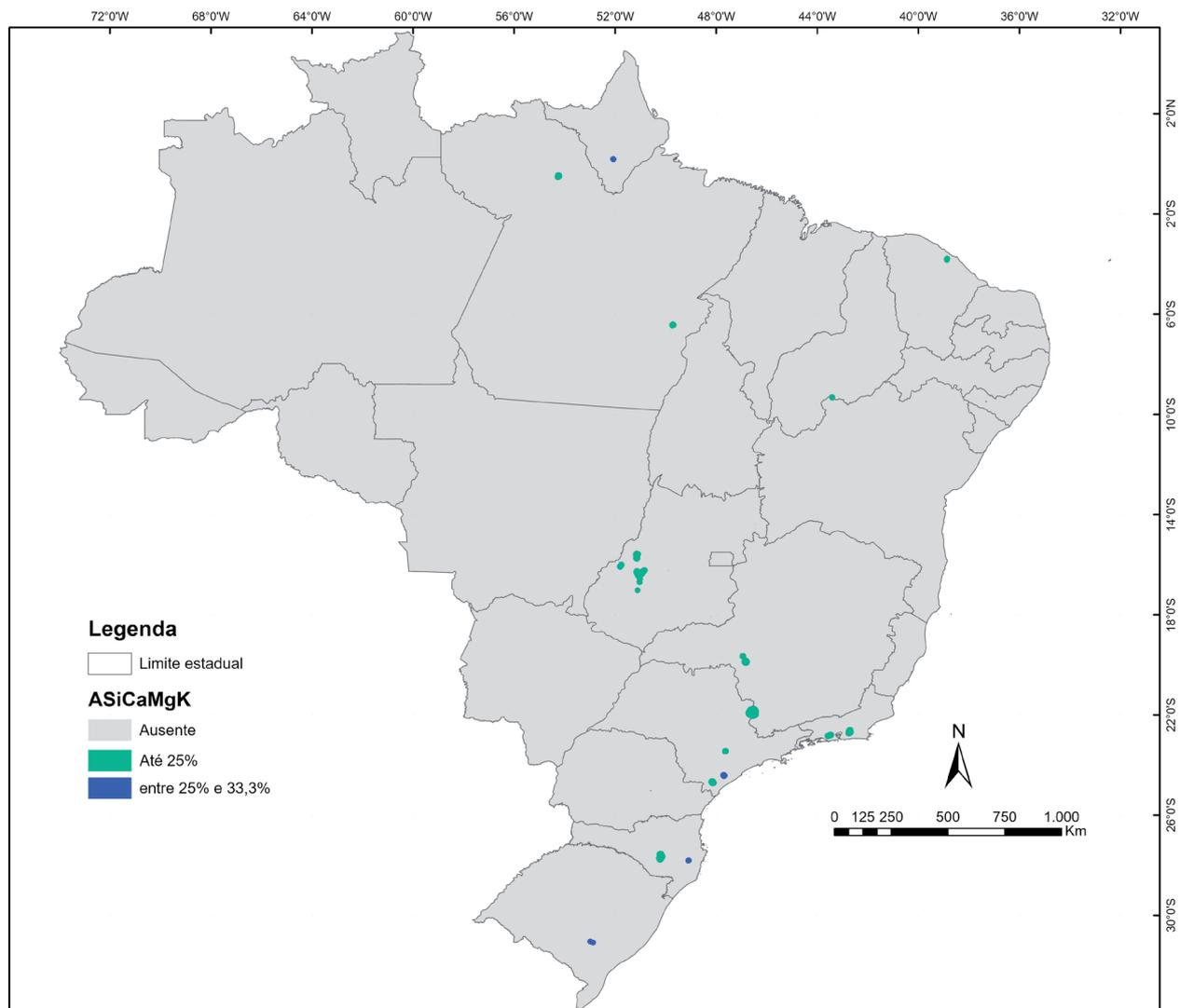


Figura 6. Potencial de ocorrência de agrominerais silicáticos ricos em cálcio, magnésio e potássio (ASiCaMgK) na categoria indicada. As bordas das unidades geológicas foram ampliadas para facilitar a visualização na escala apresentada. As classes da legenda representam a frequência de rochas do grupo ASiCaMgK no total de rochas descritas em cada unidade geológica.

RJ, no Complexo Alcalino de Poços de Caldas, MG), melilitito (descrito no Complexo Lages, SC), melteigito (descrito no Complexo Alcalino Anitápolis, SC, e na Suíte Juquiá, SP), nefelina monzogabro (descrito no Corpo Alcalinas Camaipi, AP).

Considerações finais

O banco de dados criado no escopo do projeto tem a finalidade de apoiar o processo de decisão, racionalizando a seleção de áreas potenciais para intensificar as pesquisas científicas e tecnológicas,

de maneira a fortalecer o desenvolvimento de remineralizadores de solo e fertilizantes silicáticos derivados de agrominerais silicáticos para uso na agropecuária brasileira. Cabe reforçar que o mapa gerado a partir das classificações pela equipe de especialistas, cujo insumo é o mapa ao milionésimo, é um guia prospectivo, e são necessários estudos regionais e locais para refinar a indicação, bem como orientar os ensaios agronômicos em torno das fontes de rochas encontradas em todo o território nacional. Os mapas gerados refletem única e exclusivamente o número de litotipos, em termos percentuais, de rochas em cada categoria dentro de cada unidade geológica. Esse banco de dados deverá ser atualizado constantemente, em função do avanço do conhecimento científico sobre o potencial de cada fonte mineral, bem como da evolução e do refinamento dos mapeamentos geológicos produzidos pelo SGB ou de novas atualizações do próprio mapa geológico ao milionésimo. O SGB conduz o projeto Avaliação do Potencial Mineral do Brasil, com ênfase em materiais disponíveis em pilhas de descartes de mineração, no qual estudos de detalhes já foram desenvolvidos em regiões de Roraima e Amazonas, na região de Irecê-Jaguari Salvador/BA, no Grupo Serra Geral na Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, como destacados neste documento, além de outros em estágio de finalização (por exemplo, Tocantins e Goiás). O próximo passo desta pesquisa é a geração de um zoneamento agrogeológico que agregue informações relacionadas aos processos minerários localizados nessas áreas potenciais, bem como a identificação de zonas de consumo (e suas características), além da logística necessária para escoamento da produção, objetivo final deste produto. O presente trabalho fornece informações estratégicas sobre pontos de interesse para órgãos regulatórios e pessoas envolvidas em processos de decisão sobre iniciativas público-privadas do setor mineral. A consulta ao banco de dados contendo as categorias e os grupos de agrominerais silicáticos estará disponível na plataforma digital do Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Agropecuária Brasileira⁴ e no Geoinfo⁵.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo financiamento do projeto SEG 20.18.03.065.00.00 - Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária Brasileira -. Ao Serviço Geológico do Brasil (SGB), pela cessão de suas pesquisadoras para atuar nesta parceria institucional; e à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), pelo apoio ao pesquisador Éder de Souza Martins no projeto - Rede de PD&I sobre remineralizadores e agrominerais (REMAg, - Ref. 1541/22. Ao colega da Embrapa Hilton Luís Ferraz da Silveira e ao ex-bolsista do projeto Thiago Rivaben Lopes, pelo apoio na reconstrução do banco de dados.

Referências

- ALMEIDA, J. A. D.; CUNHA, G. O. D. M.; HEBERLE, D. A.; MAFRA, Á. L. Potential of olivine melilitite as a soil remineralizer according to particle size and rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, e01445, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.01445.
- BEERLING, D. J.; EPIHOV, D. Z.; KANTOLA, I. B.; MASTERS, M. D.; REERSHEMIUS, T.; PLANAVSKY, N. J.; REINHARD, C. T.; JORDAN, J. S.; THORNE, S. J.; MARTIN, M. V.; FRECLETON, R. P.; HARTLEY, S. E.; JAMES, R. H.; PEARCE, C. R.; DELUCIA, E. H.; BANWART, S. A. Enhanced weathering in the US Corn Belt delivers carbon removal with agronomic benefits. **PNAS**, v. 121, n. 9, e2319436121, 2024. DOI: 10.1073/pnas.2319436121.
- BENEVIDES FILHO, P. R. R.; BLASKOWSKI, A. E. **Avaliação do potencial agromineral do Brasil: eixo Manaus – Boa Vista**. Manaus: CPRM, 2022. (Insumos Minerários para Agricultura, 28). Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22907>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- BERGMANN, M. **Avaliação do potencial agromineral do Brasil, Grupo Serra Geral da bacia do Paraná no Rio Grande do Sul**: estado do Rio Grande do Sul. Manaus: CPRM, 2021. (Insumos Minerários para Agricultura, 26). Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22373>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- BERGMANN, M.; HOLANDA, J. L. R. Rochagem. In: HOLANDA, J. L. R.; MARMOS, J. L.; MAIA, M. A. M. (org.). **Geodiversidade do estado de Roraima**. Manaus: CPRM, 2014. 252 p.
- BLASKOWSKI, A. E.; BERGMANN, M.; CAVALCANTE, A. **Agrominerais da região Irecê-Jaguari**: estado da

⁴ Disponível em: www.embrapa.br/macrologistica.

⁵ Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/#/>.

Bahia. Manaus: CPRM, 2016. (Insumos Minerais para Agricultura, 19).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-para-plantas.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2024.

BRASIL. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**. 2022. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em: 20 fev. 2024.

BRASIL. **Anuário Estatístico – Setor de Transformação de Não Metálicos**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/setor-de-transformacao-de-nao-metalicos>. Acesso em: 5 fev. 2024.

GUO, F.; WANG, Y.; ZHU, H.; ZHANG, C.; SUN, H.; FANG, Z.; YANG, J.; ZHANG, L.; MU, Y.; MAN, Y. B.; WU, F. Crop productivity and soil inorganic carbon change

mediated by enhanced rock weathering in farmland: a comparative field analysis of multi-agroclimatic regions in central China. **Agricultural Systems**, v. 210, 103691, 2023. DOI: 10.1016/j.agsy.2023.103691.

MARTINS, É. S.; MARTINS, E. S.; HARDOIM, P. R. Princípios geoquímicos, mineralógicos e biológicos do manejo de remineralizadores de solos. **Informe Agropecuário**, v. 44, n. 321, p. 26-39, 2023a.

MARTINS, E. S.; THEODORO, S. H.; BERNARDEZ, F. F. G.; SIQUEIRA, D. S.; CAIXETA, A. P.; CURTIS, J. C. D.; LUCHESE, A. V. Produção brasileira de remineralizadores e fertilizantes naturais: 2019 a 2022. **Revista Novo Solo**, v. 1, n. 3, p. 10-19, 2023b. Disponível em <https://abrefen.org.br/2023/06/29/producao-brasileirade-remineralizadorese-fertilizantes-naturais-2019-a-2022/>. Acesso em: 5 fev. 2024.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do Brasil ao milionésimo**. 2004. Disponível em: https://geoportal.sgb.gov.br/server/rest/services/geologia/litoestratigrafia_1000000/MapServer. Acesso em: 20 fev. 2024.

Embrapa Territorial

Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão
13070-115 - Campinas, SP
www.embrapa.br/territorial
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Luciola Alves Magalhães*

Secretária-executiva: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Membros: *André Luiz dos Santos Furtado, Celina Maki Takemura, Janice Freitas Leivas, Rafael Mingoti, Suzilei Francisca de Almeida Gomes Carneiro, Vera Viana dos Santos Brandão, Jaudete Daltio, Cristina Criscuolo, Rogério Resende Martins Ferreira e Daniela Tatiane de Souza*

Comunicado Técnico 038

ISSN 1415-2118 / e-ISSN 0000-0000
Novembro, 2024

Edição executiva: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Revisão de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos Brandão (CRB-8/7283)*

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Suzilei Carneiro*

Publicação digital: PDF



Ministério da
Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.