



Cadeias Emergentes: Plano Nacional de Fertilizantes

Eder de Souza Martins

Pesquisador da Embrapa Cerrados

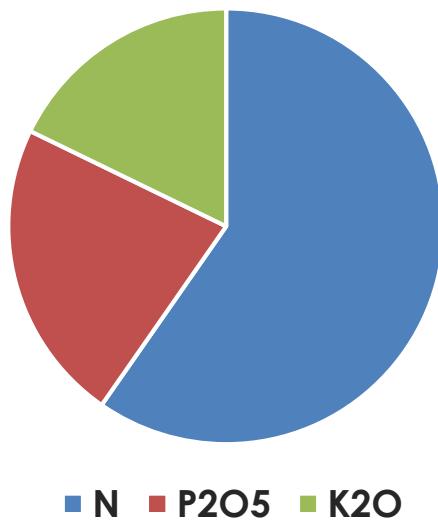
eder.martins@embrapa.br

+55 61 99209-8726

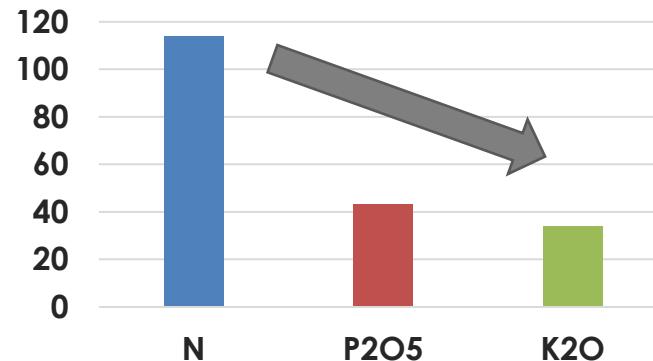
Commodities fertilizantes (NPK)

Brasil

2017 (Mundo)

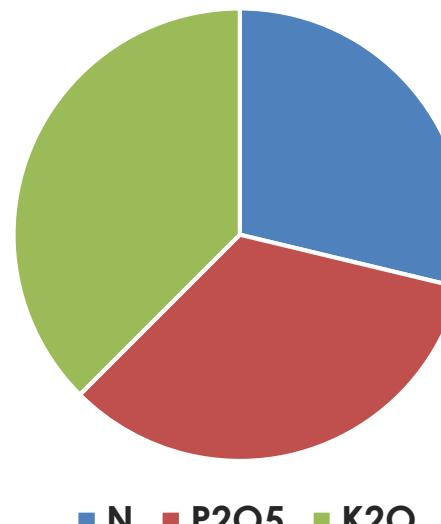


2017 – Mundo (10^6 ton)

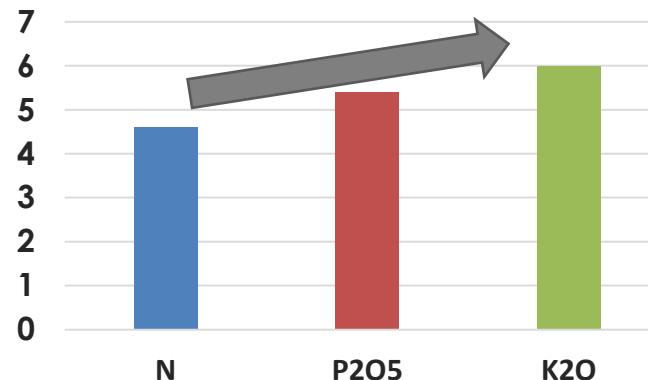


Fonte: <http://www.fao.org/3/a-i6895e.pdf>

2017 (Brasil)



2017 – Brasil (10^6 ton)



Fonte: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>

Consumo NPK (2021)
42 milhões de toneladas

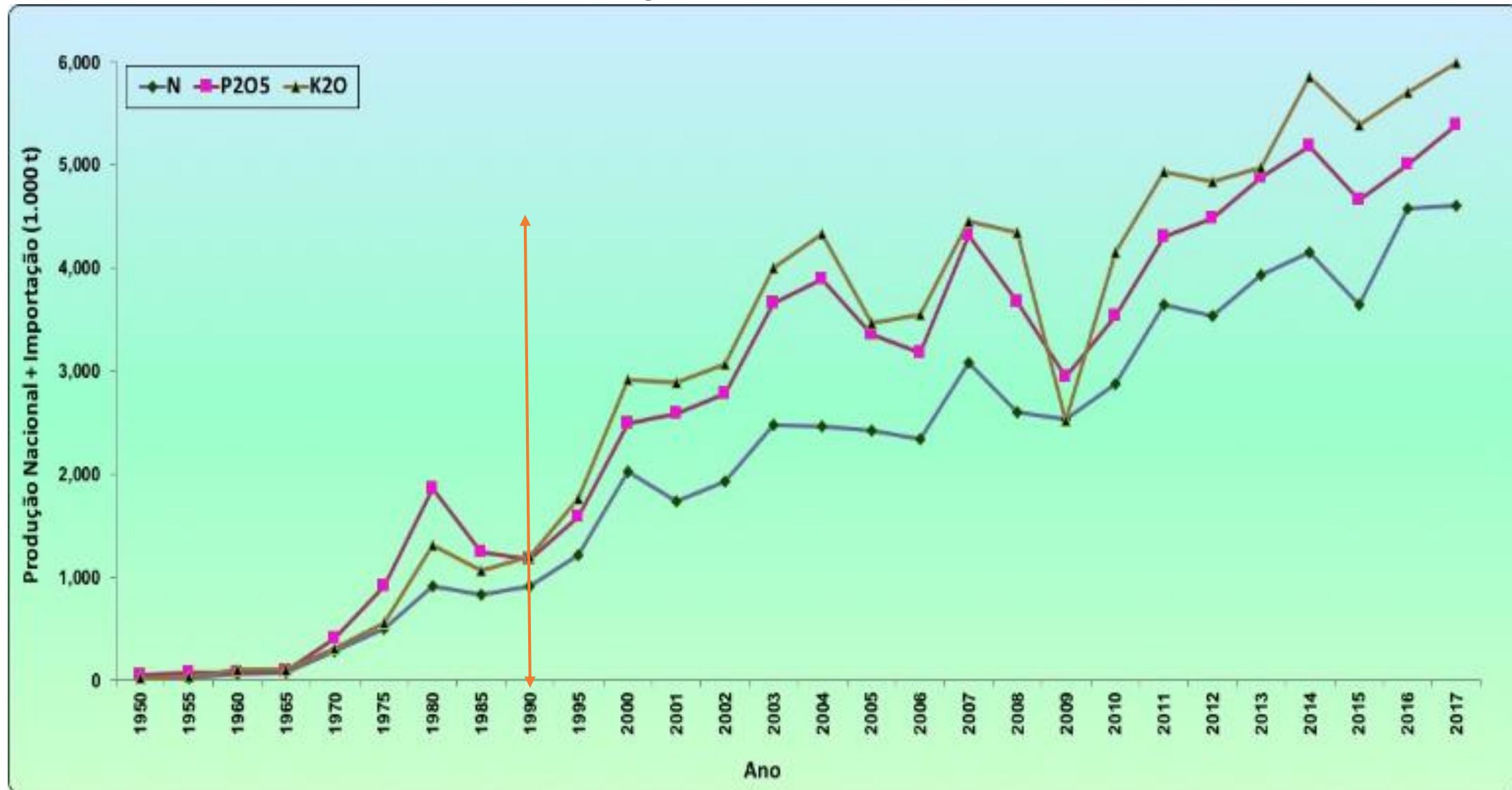
Depende de
85% de insumos importados

Crescimento de consumo
14% ao ano

Fonte:
http://anda.org.br/pesquisa_setorial/



Dependência Externa



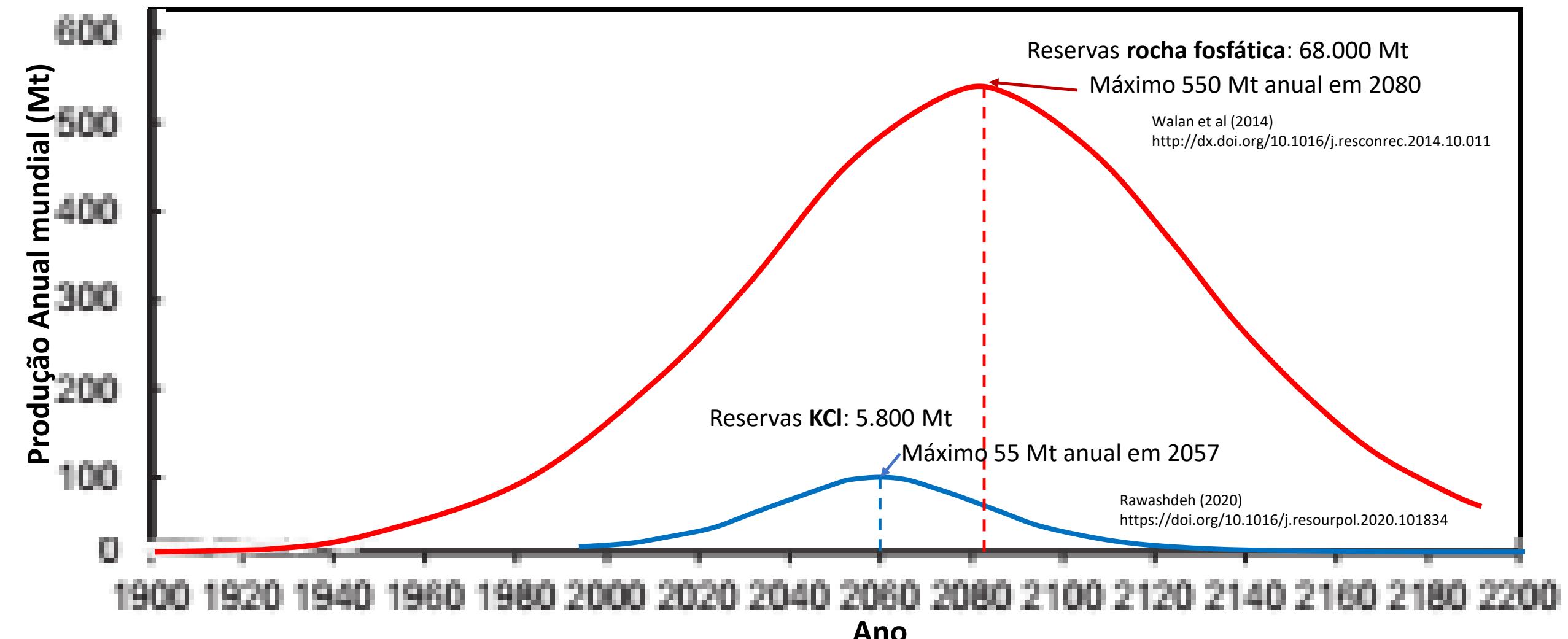
Fonte: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>

K₂O: 96%

P₂O₅: 55%

N: 76%

Limitações das commodities fertilizantes para a segunda metade do século XXI



Tipos de agrominerais

Classe de ânion		Tipo de rochas*	Cations principais	Cobertura da crosta (% área) ¹⁰	Solubilidade em água
Cloreto	Cl^{-1}	Depósitos evaporíticos (sedimentar)	K^+	0,0	Muito alta
Sulfato	SO_4^{2-}	Depósitos evaporíticos (sedimentar) ⁴	$\text{Ca}^{2+} (\text{Mg}^{2+}, \text{K}^+)$	0,0	Muito alta
Carbonato	CO_3^{2-}	Calcário (sedimentar) ¹ Carbonatito (ígneo) ² Mármore (metamórfico) ³	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$	10,0	Baixa
Fosfato	PO_4^{3-}	Fosforito (sedimentar) ⁵ Foscorito (ígneo) ⁶	Ca^{2+}	0,0	Baixa
Silicato	SiO_4^{4-}	Sedimentar ⁷ Ígneo ⁸ Metamórfico ⁹	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{K}^+$	90,0	Muito baixa

*Exemplos de pesquisa com agrominerais *in natura*: ¹Sousa et al. (1989); ²Andrade et al. (2002); ³Raymundo et al. (2013); ⁴Freire et al. (2014); ⁵Chaves et al. (2013); ⁶Resende et al. (2006); ⁷Lopes (1971); ⁸Mancuso et al. (2014); ⁹Duarte et al. (2012).

¹⁰Scoffin (1987).



Agrominerais regionais para a agricultura

Calcários

- Corretivo de acidez e do alumínio tóxico
- Cálcio e magnésio

Fosfato natural reativo

- Fósforo e cálcio

Sulfatos naturais

- Corretivo de alumínio tóxico
- Enxofre e cálcio; potássio, magnésio

Agrominerais silicáticos (fertilizantes e remineralizadores)

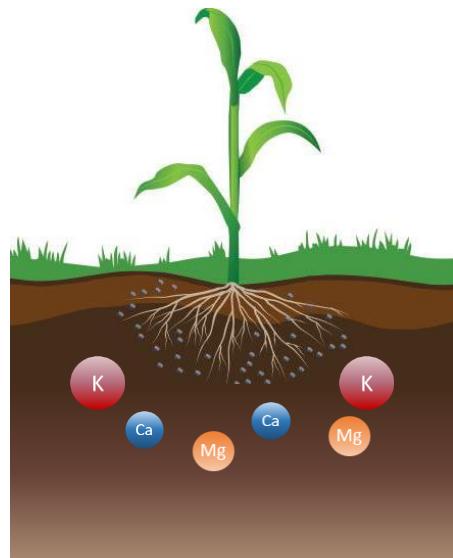
- Superfície específica e CTC, corrige o Al tóxico reação com o Si
- Multinutriente



Agrominerais silicáticos

Matérias-primas derivadas de rochas silicáticas para produção de insumos minerais destinados ao manejo da fertilidade do solo (Martins et al., 2014).

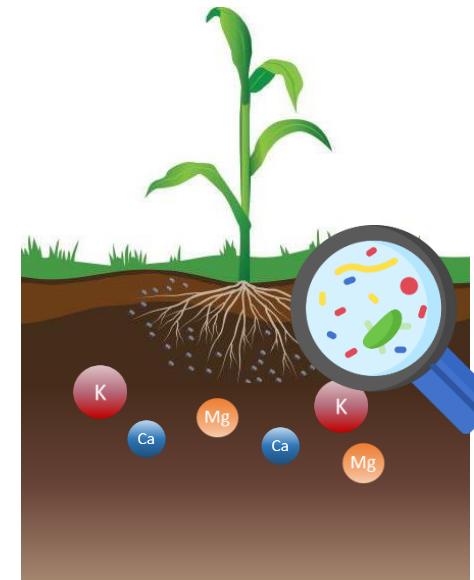
Fertilizantes naturais ou industriais



K, Ca, Mg, Si, Fe, Mn,
B, Zn, Cu, Mo...

Krahl (2020)

Remineralizadores de solos



- Aumenta a CTC
- Aumenta o pH do solo
- Diminui a perda de nutrientes
- Estimula a atividade biológica do solo e das raízes
- Forma novas fases minerais no solo



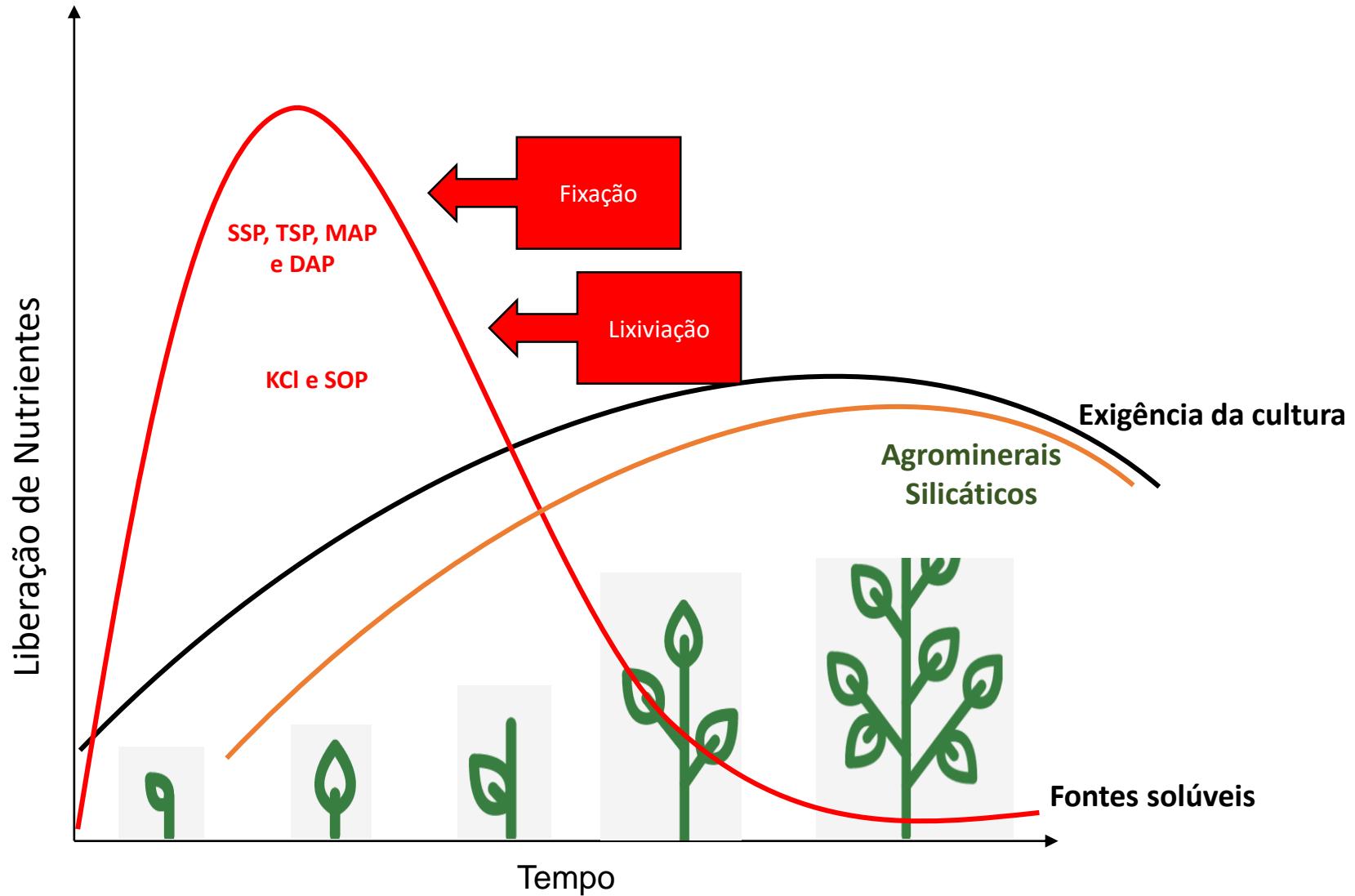
Regulamentação

Lei Nº 12.890/2013 e IN 5/2016 MAPA

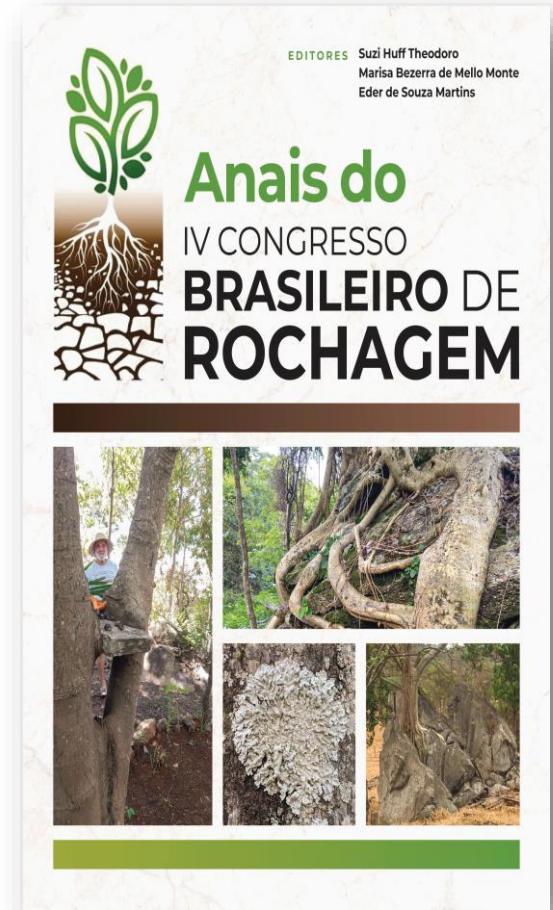
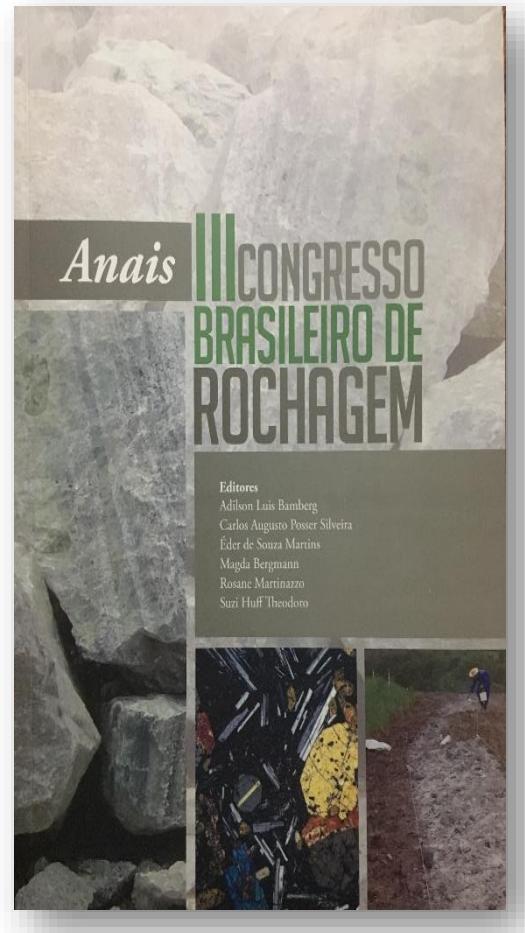
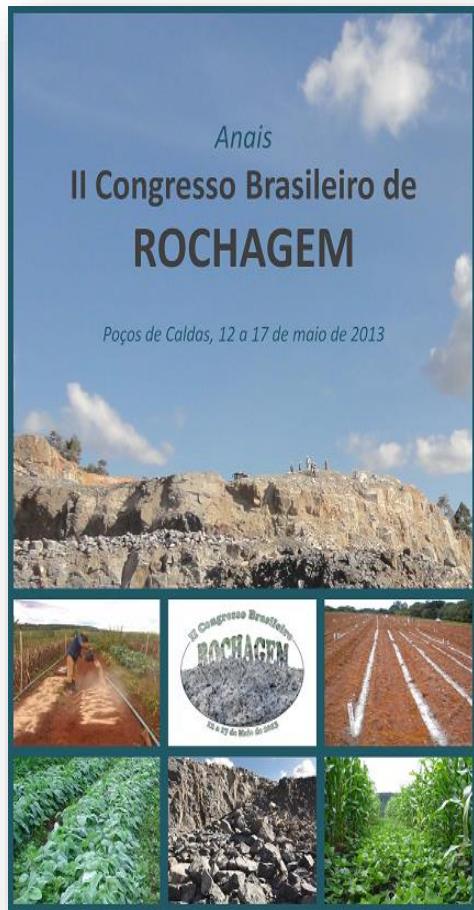
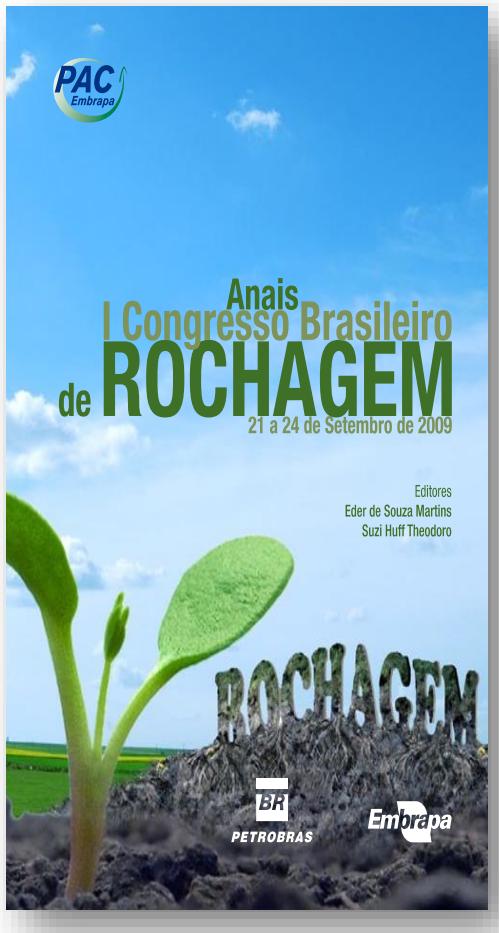
- Lei e normas que regulamentam os remineralizadores adotam:
 - Soma de bases ($K_2O + CaO + MgO$) – mínimo de 9%
 - K_2O – mínimo de 1%
 - Limites máximos (ppm) de (As<15; Cd<10; Hg<0,1; Pb<200)
 - Sílica livre (quartzo) < 25%
 - Comprovação de eficiência agronômica
 - Granulometria farelado, pó ou filler
- Em desenvolvimento normas para pesquisa e quantificação de minério na ANM



Manejo da Fertilidade do Solo



Agrogeologia no Brasil



Potencial de rochas silicáticas

Magnesiano

- Rochas ultramáficas (dunito, piroxenito, serpentinito) - Si, Mg, Fe, Ni...

Cálcico

- Rochas calcissilicáticas (calcixisto) - Si, Ca, Zn, (P)...

Potássico

- Rochas metamórficas, sedimentares, alcalinas (biotita xisto, siltito glauconítico, fonolito, sienito) - Si, K, Zn, Mn...

Cálcio-magnesiano

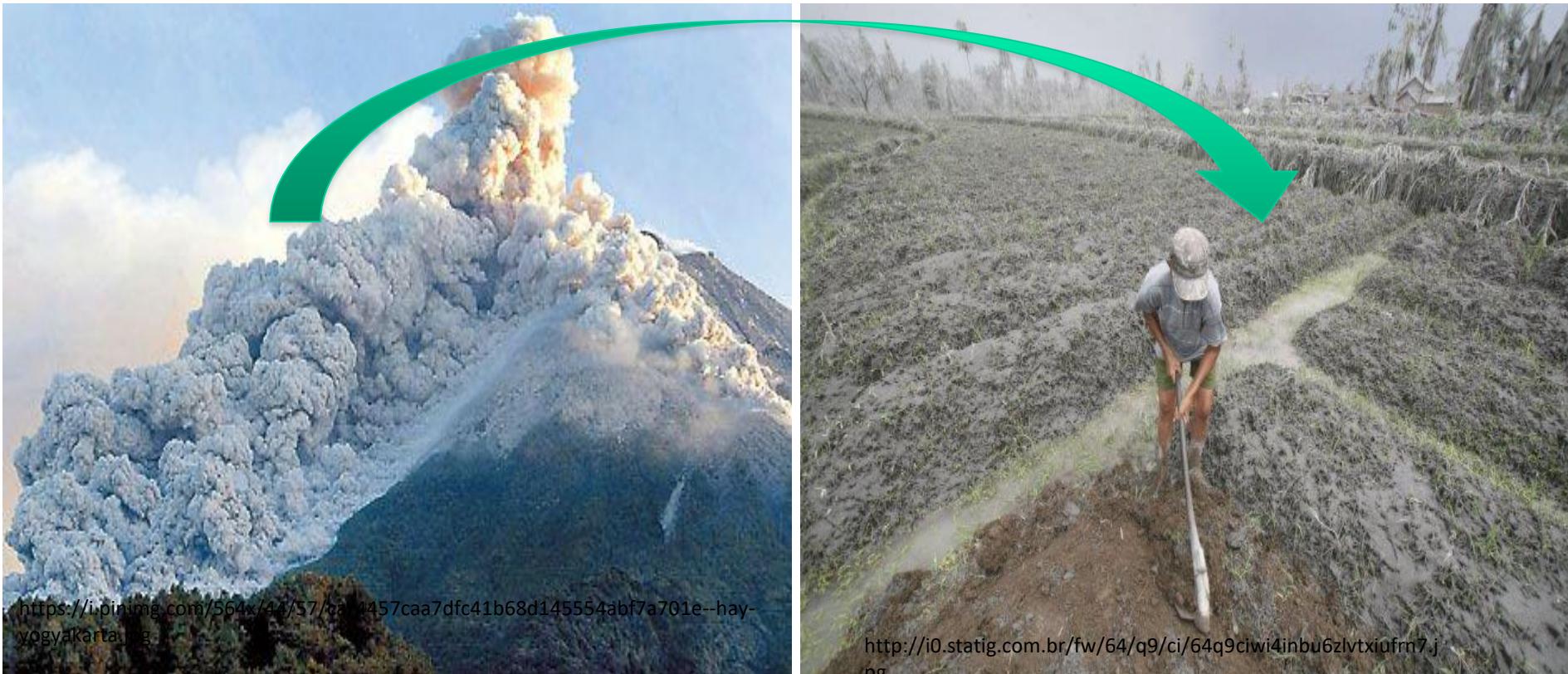
- Rochas básicas (basalto, diabasio, anfibolito, granulito) - Si, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, (P)...

Cálcio-magnésio-potássico

- Rochas ultramáficas alcalinas (kamafugitos) - Si, Ca, Mg, K, P, Fe, Zn, Ni, Cu, Mn...



Deposição de cinza vulcânica Monte Merapi, Indonésia (2010)



Moagem natural



Transporte natural



Deposição natural

**Erupção vulcânica,
movimento de glaciares,
erosão de rochas**

Glacial, eólica, fluvial

**Sedimentação glacial,
eólica, fluvial**



Processo de remineralização de solos



Moagem antrópica



Explosão e britagem

Transporte antrópico



Rodoviário e ferroviário

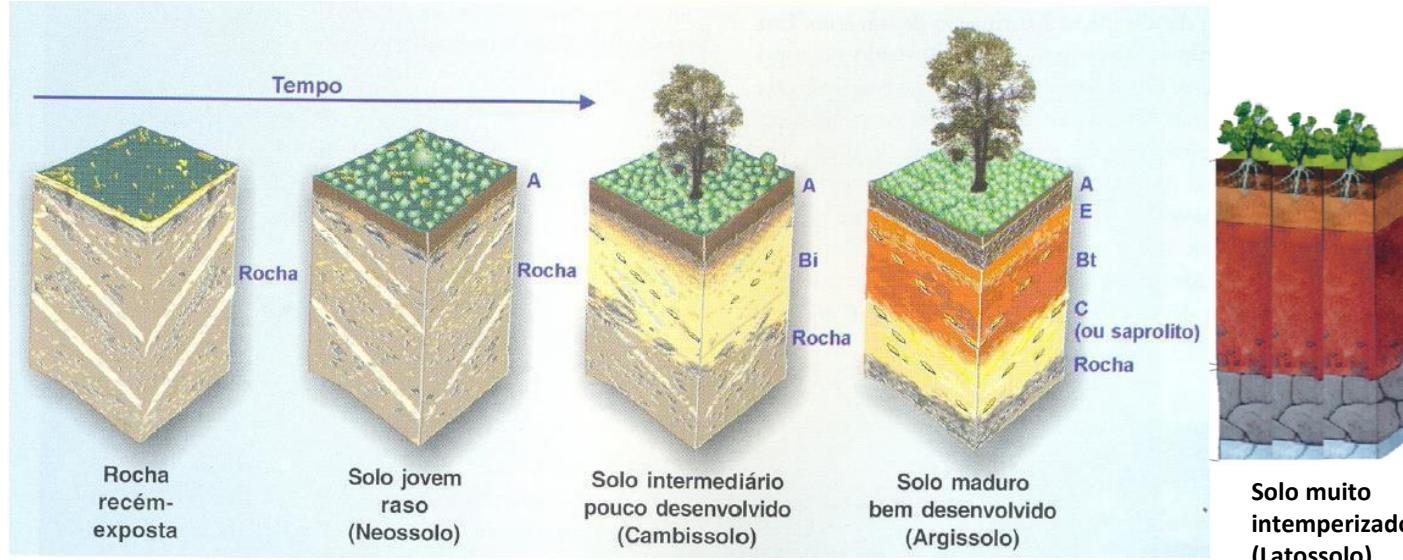
Deposição antrópica

A lanço mecanizada



Intemperismo

Formação de solos



Minerais primários
Origem Si, Ca, Mg, K

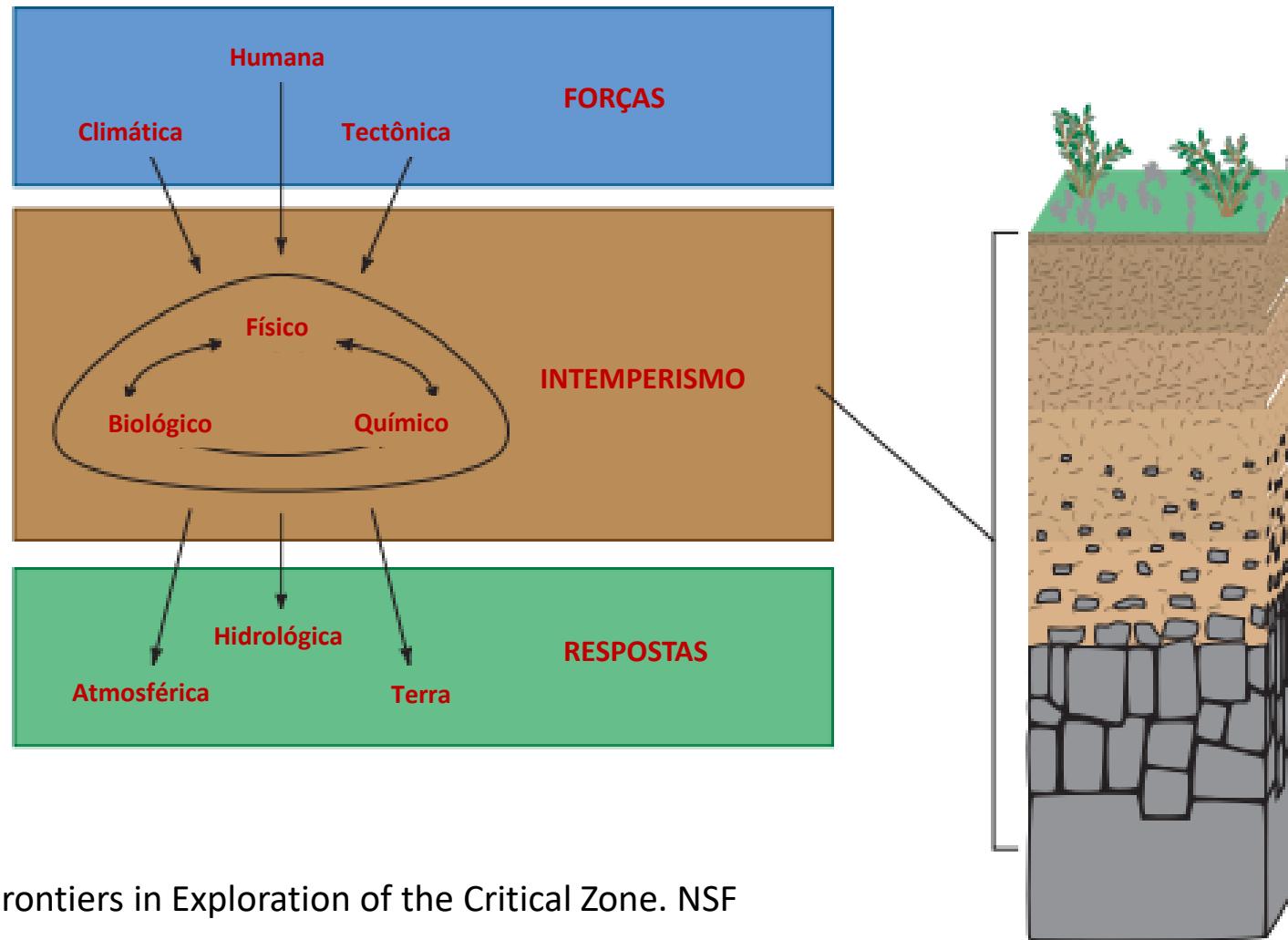


Argilominerais 2:1
Manutenção parcial do Si, Ca, Mg, K
Minerais expansivos, retenção de água,
Retenção de cátions

Óxidos de ferro e de alumínio
Perda total do Si, Ca, Mg, K
Minerais não expansivos,
Baixa retenção de água e cátions
Retenção de ânions



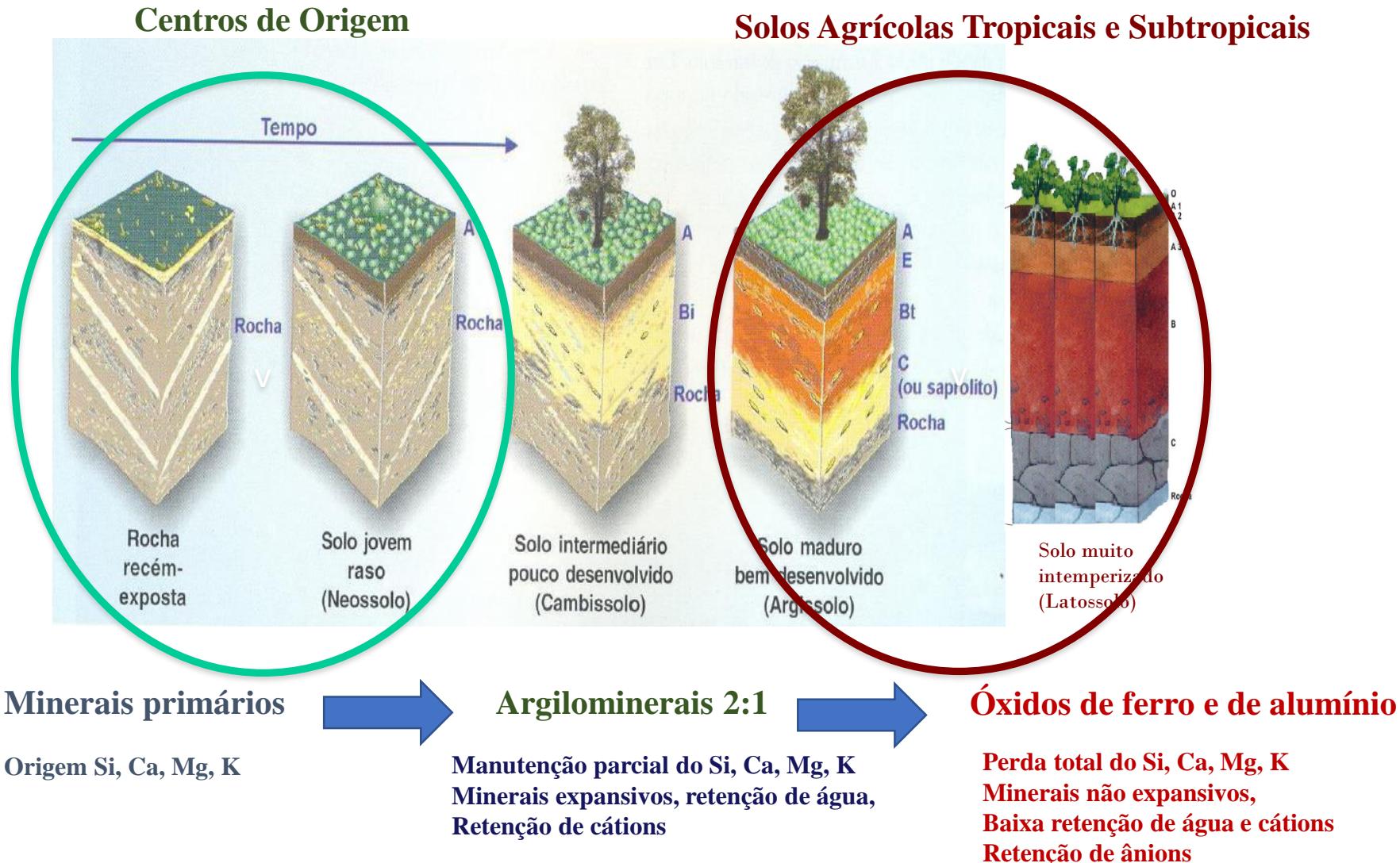
Zona Crítica



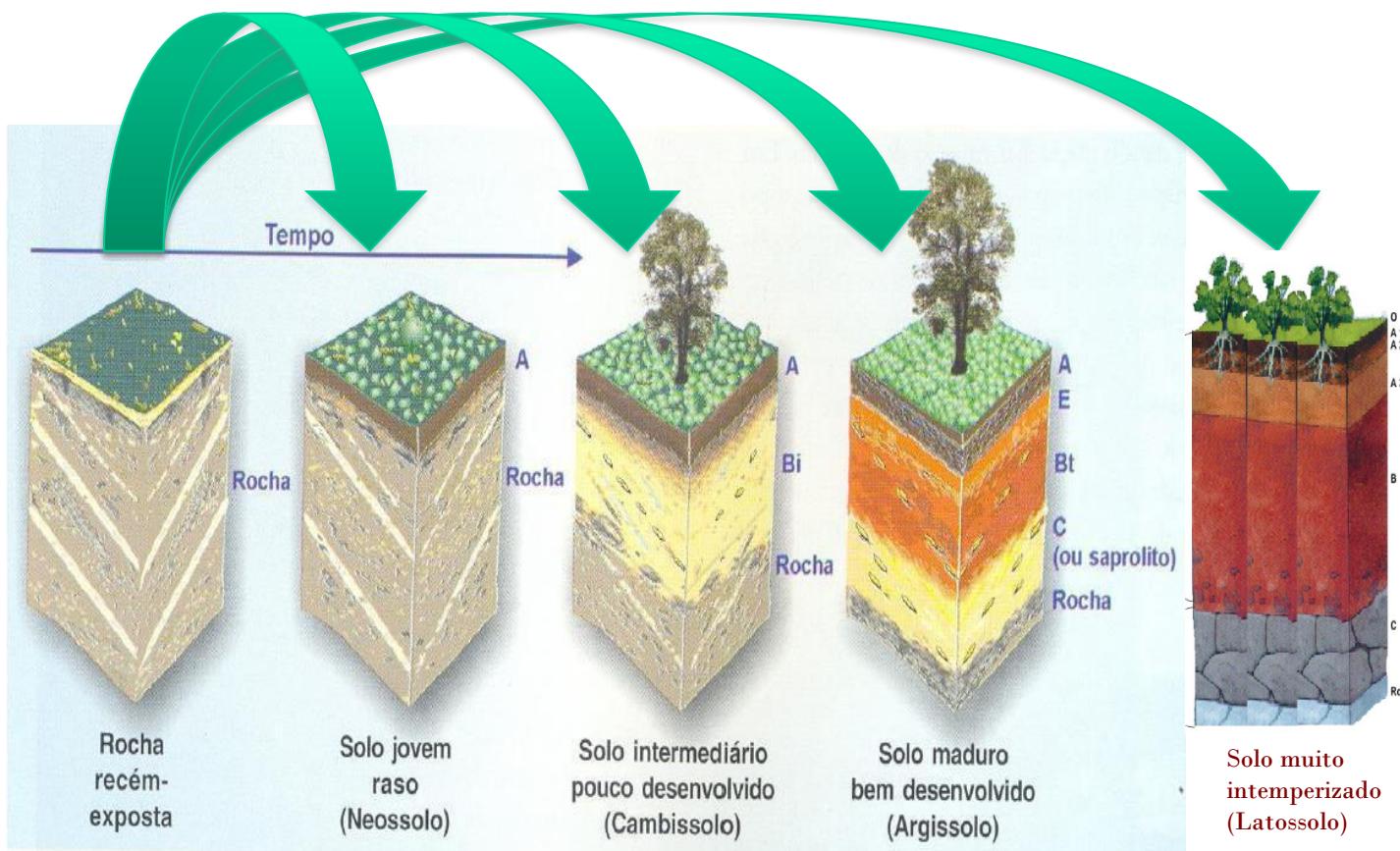
Brantley et al. (2006) Frontiers in Exploration of the Critical Zone. NSF



Centros de Origem



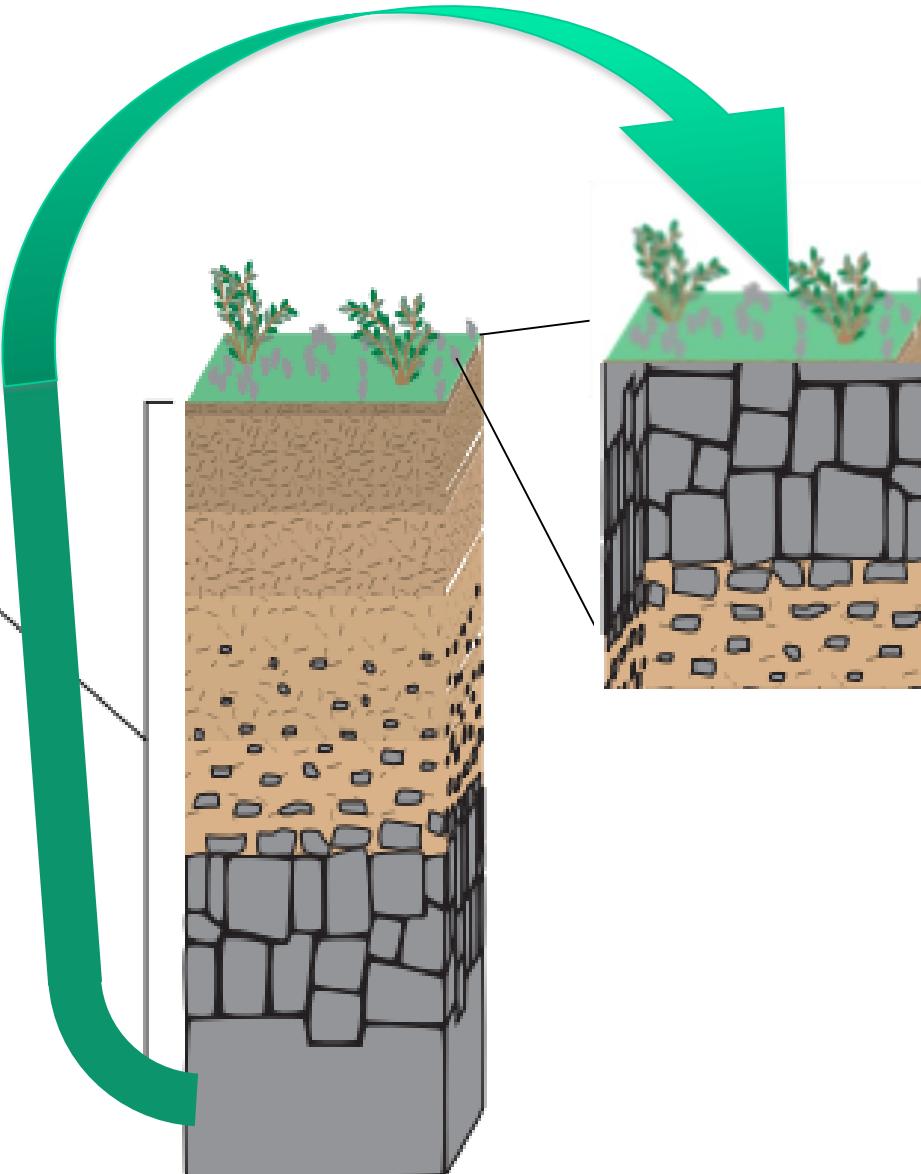
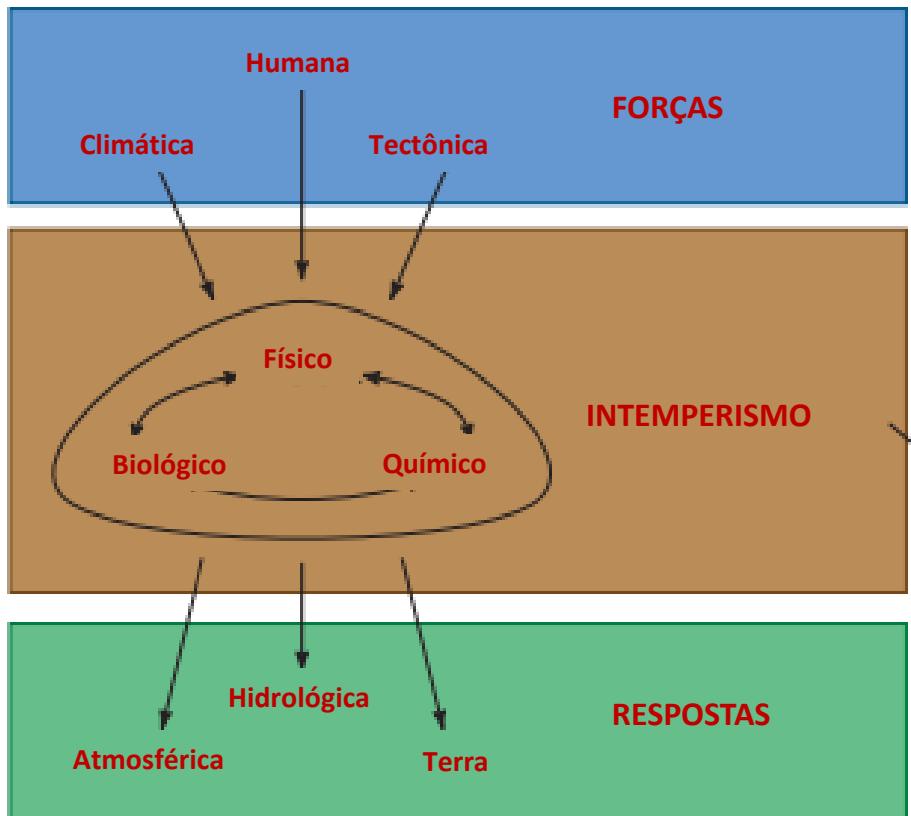
RE-MINERALIZAÇÃO de Solo



Aplicação de minerais jovens e ricos em nutrientes e de elevada superfície específica em solos intemperizados



Zona Crítica com Agrominerais



Brantley et al. (2006) Frontiers in Exploration of the Critical Zone. NSF

Produção de Agrominerais Silicáticos por Estado

ANUÁRIO ESTATÍSTICO 2021

**SETOR DE TRANSFORMAÇÃO
DE NÃO METÁLICOS**
BRAZILIAN NON-METALLIC
PROCESSING SECTOR STATISTICAL
YEARBOOK

CIMENTO

CEMENT

CERÂMICA VERMELHA

RED CERAMICS

CERÂMICA DE REVESTIMENTO

COATING CERAMIC

LOUÇAS SANITÁRIAS E DE MESA

SANITARY AND TABLE WARE

VIDRO

GLASS

CAL

LIME

GESSO

PLASTER

FERTILIZANTES

FERTILIZERS

AGROMINERAIS

AGROMINERALS

ROCHAS ORNAMENTAIS

ORNAMENTAL ROCKS

GEMAS, JOIAS E AFINS

GEMS, JEWELS AND RELATED

REFRATÁRIOS

REFRACTORIES

DESPERDÍCIOS, RESÍDUOS E CINZAS DE METAIS DA
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

WASTE, RESIDUES AND ASHES OF METALS FROM
MINERAL TRANSFORMATION

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Produção de Agrominerais Silicáticos por Estado

MAPEAMENTO DAS EMPRESAS BRASILEIRAS PRODUTORAS DE REMINERALIZADORES DE SOLOS - 2021



Estados	Principais Rocha Utilizada na Produção
Bahia	Gnaisse e Piroxênio
Goiás	Basalto, Calcixisto e Micaxisto
Maranhão	Basalto
Minas Gerais	Saprólito de Kamafugito, Anfibolito, Serpentinito, Silito Glauconítico, Filito, Calcário, Fonolito e Sienito
Mato Grosso Do Sul	Basalto
Santa Catarina	Varvito
Paraná	Basalto, Serpentinito, Filito, Microgabro e Dacito
São Paulo	Dacito, Diabásio e Basalto



Produção de Agrominerais Silicáticos por Estado

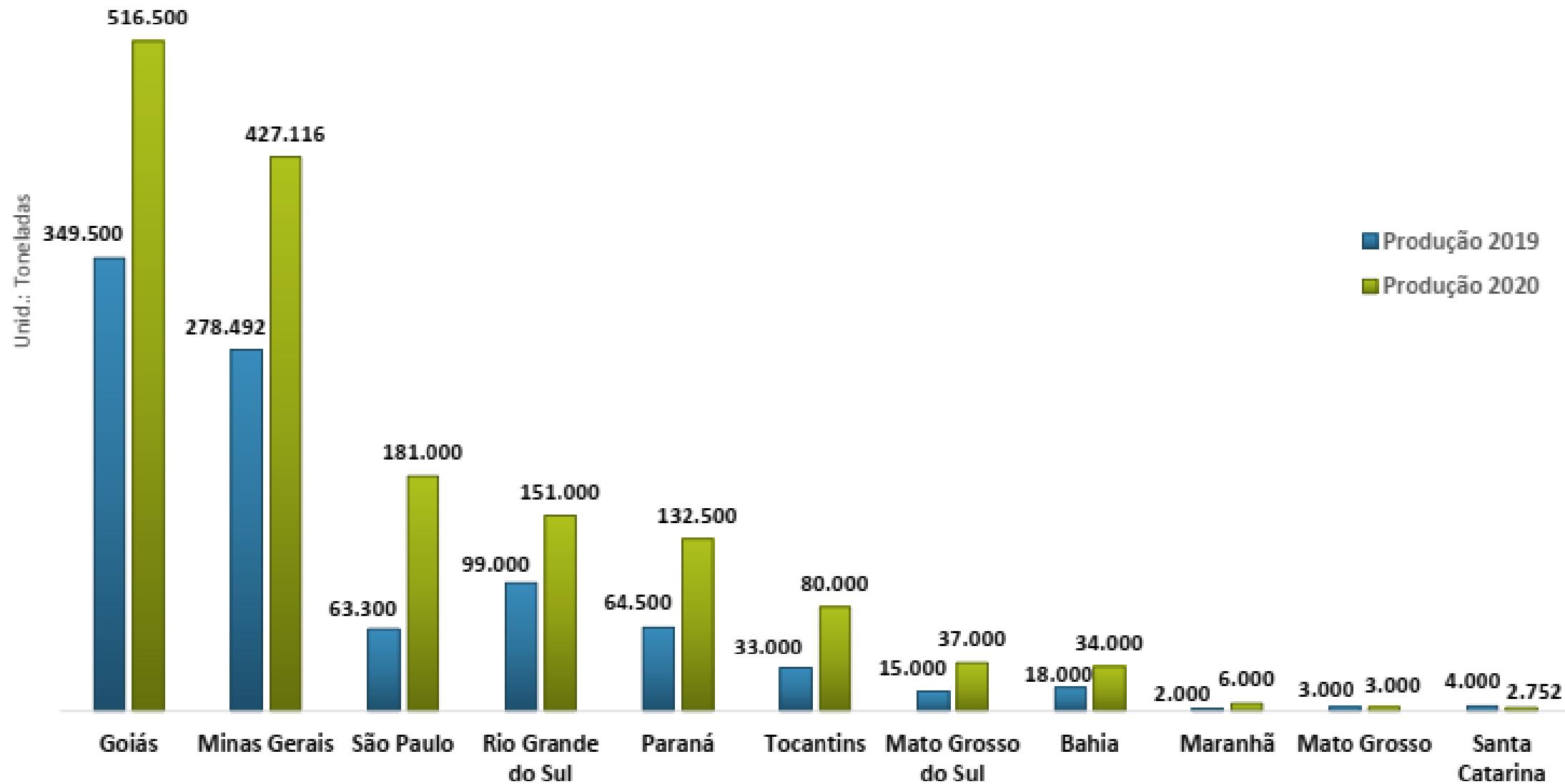
1.1 PRODUÇÃO DE AGROMINERAIS SILICÁTICOS POR ESTADO

Estados	2019	2020	2019/2020
Goiás	349.500	516.500	48%
Minas Gerais	278.492	427.116	53%
São Paulo	63.300	181.000	186%
Rio Grande do Sul	99.000	151.000	53%
Paraná	64.500	132.500	105%
Tocantins	33.000	80.000	142%
Mato Grosso do Sul	15.000	37.000	147%
Bahia	18.000	34.000	89%
Maranhã	2.000	6.000	200%
Mato Grosso	3.000	3.000	0%
Santa Catarina	4.000	2.752	-31%
TOTAL	929.792	1.570.868	69%

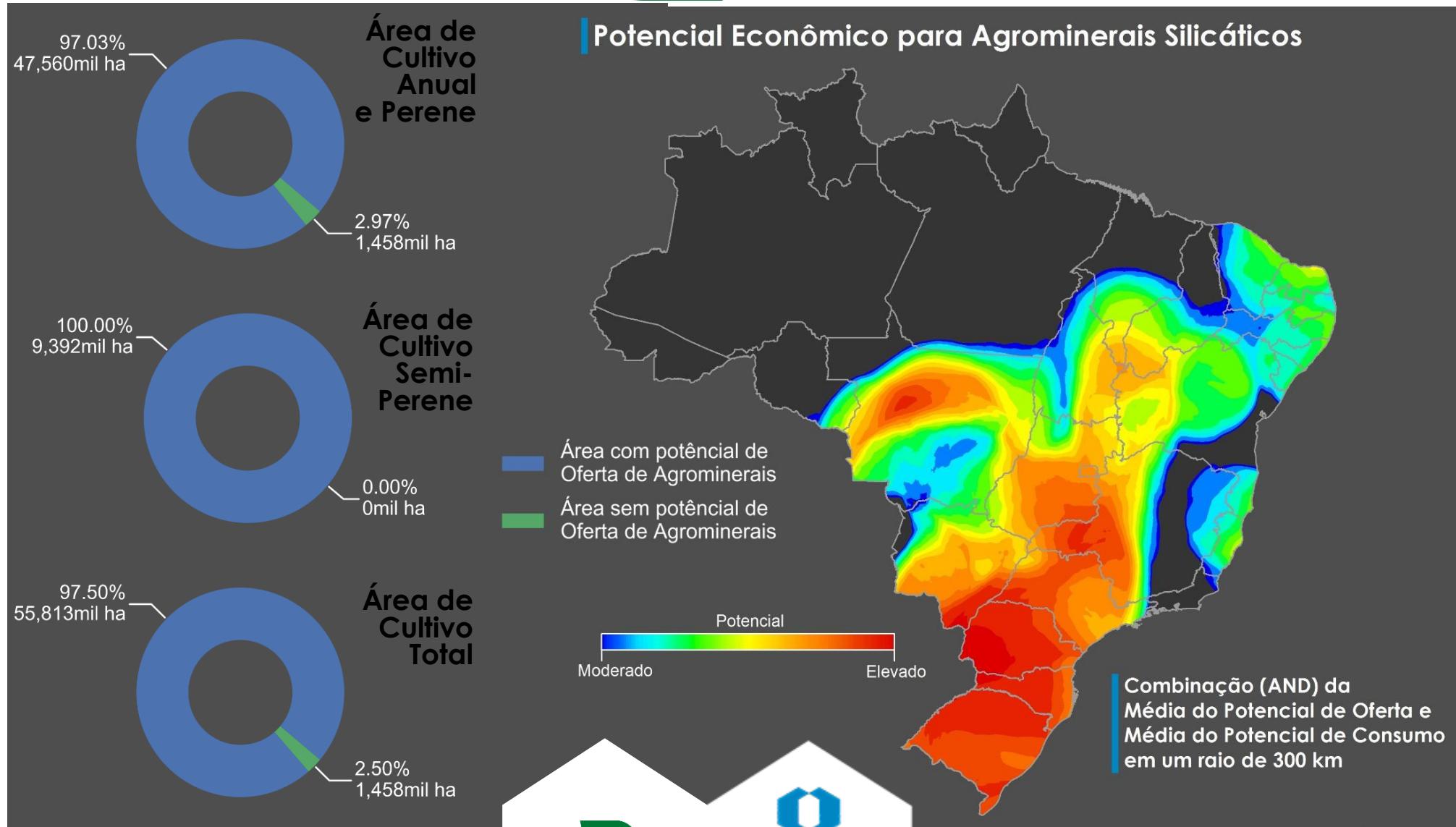
Fonte: Embrapa (2021); SGM-DTTM.



Produção de Agrominerais Silicáticos por Estado



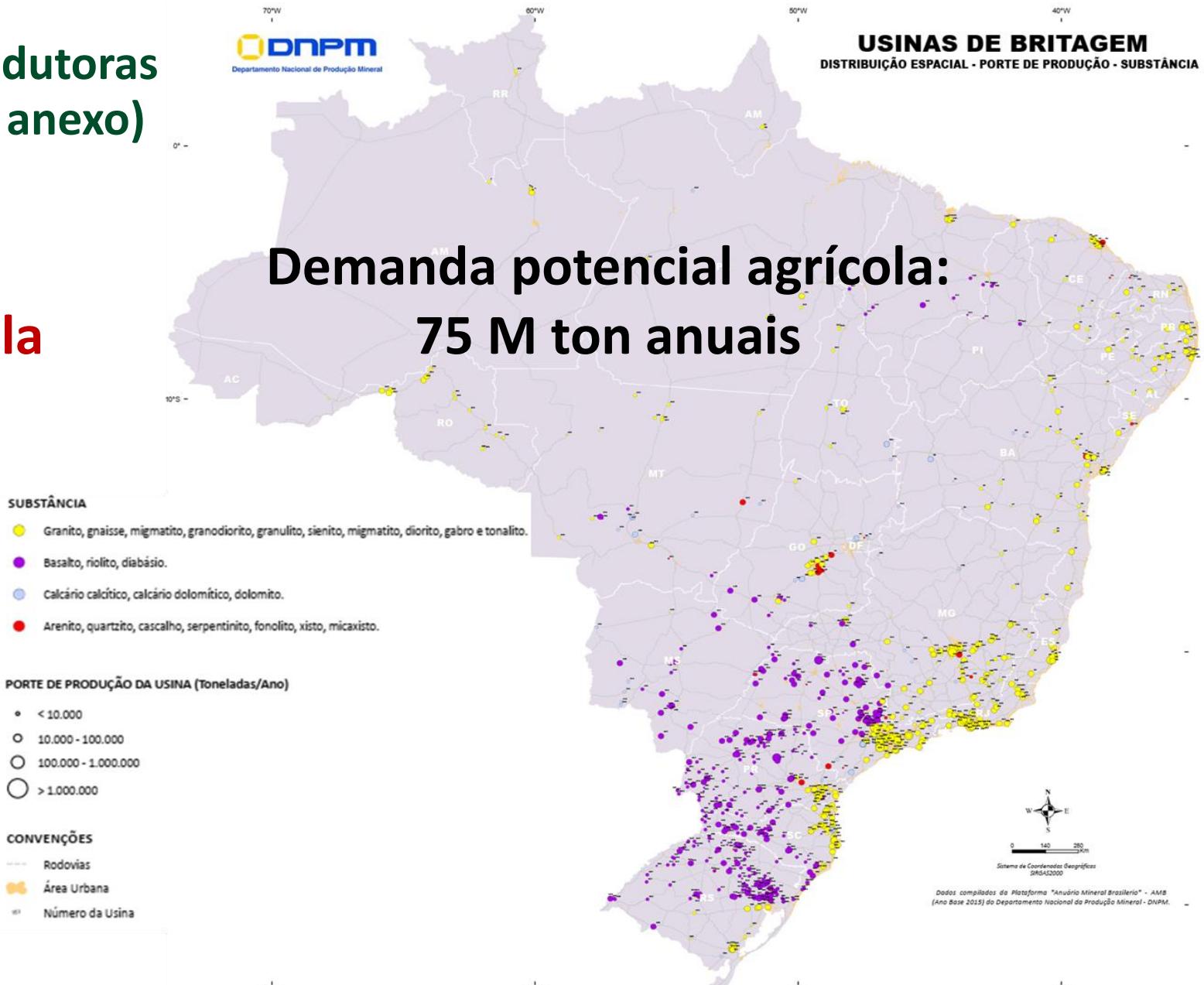
Fonte: Embrapa (2021); SGM-DTTM.



Distribuição das pedreiras produtoras de brita no país (Brasil, 2018, anexo)

600 empresas ativas
500 com potencial agrícola

Produção de brita:
250 M ton anuais



Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

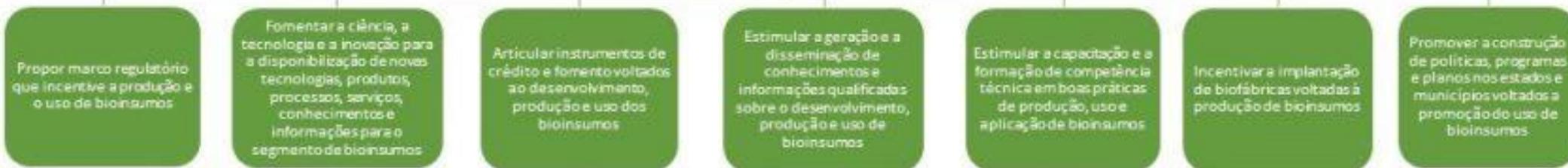




Programa Nacional de Bioinsumos

Ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos para a promoção do desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira

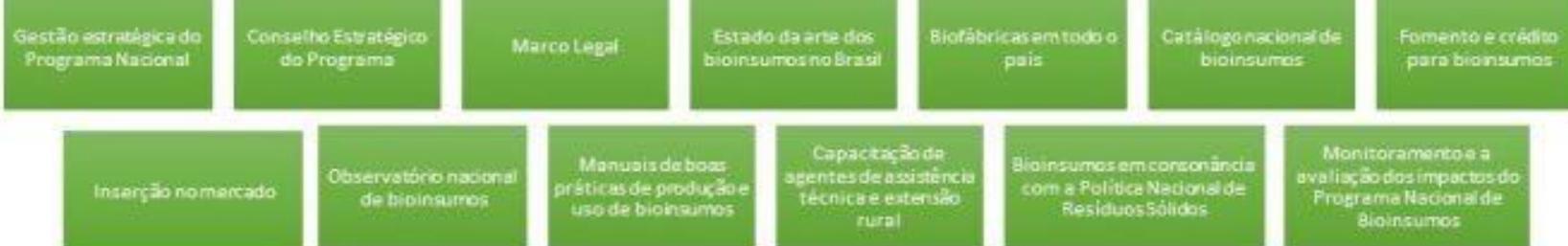
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS



Eixos Temáticos



Ações Estruturantes



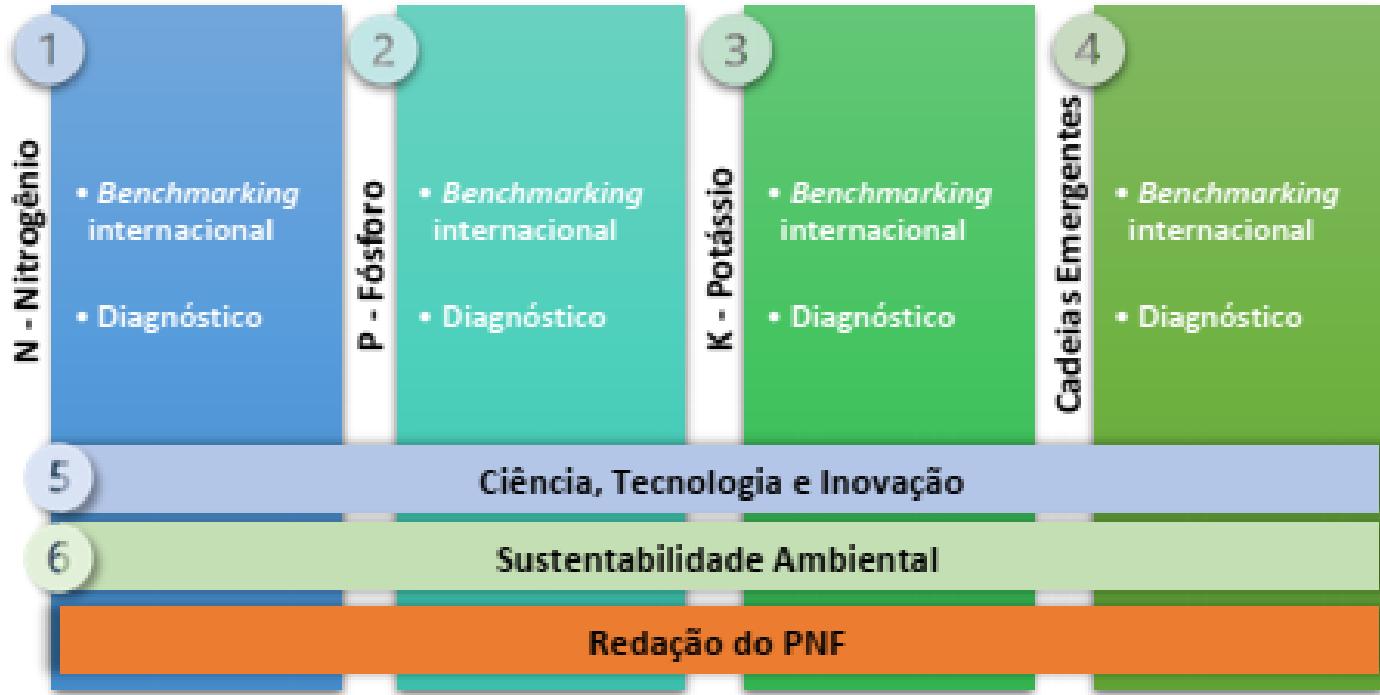
Ministério de Minas e Energia



<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/programa-mineracao-e-desenvolvimento/programa-mineracao-e-desenvolvimento-pmd-2020-2023.pdf/view>



PNF: Cadeias NPK e Emergentes (REM, Nano, Bio)



“...o País precisa investir em um Programa de Desenvolvimento de Remineralizadores, que envolve a pesquisa mineral, a pesquisa agronômica e o financiamento de processos de beneficiamento. As instituições de pesquisa agropecuária e mineral, capitaneadas pela Embrapa e SGB/CPRM, devem liderar os estudos básicos regionais para o desenvolvimento dos REM...”

SECRETARIA ESPECIAL DE
ASSUNTOS ESTRATÉGICOS



Grato

eder.martins@embrapa.br

