

AGROMINERAIS PARA O BRASIL

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL
RIO DE JANEIRO, 2010

AGROMINERAIS PARA O BRASIL

EDITORES

Francisco Rego Chaves Fernandes
Adão Benvindo da Luz
Zuleica Carmen Castilhos

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade
exclusiva do(s) autor(es)

VERA LÚCIA DO ESPÍRITO SANTO SOUZA
Projeto Gráfico/Editoração Eletrônica

GISELE ROSE DA SILVA
Assistente de Pesquisa

Foto Agrominerais: Verdete, Silanito, Fonolito, Amazonita, Verdete britado
(da esquerda para a direita) – Sílvia Cristina Alves França e Gisele Rose da Silva.
Agrícolas: milho, soja, feijão, arroz e cana-de-açúcar.

Centro de Tecnologia Mineral

Agrominerais para o Brasil/Eds. Francisco R. C. Fernandes, Adão B. da Luz,
Zuleica C. Castilhos. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

380 p.: il.

1. Fertilizantes. 2. Agrominerais. 3. Agroindústria. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Fernandes, Francisco R.C. (Ed.). III. Luz, Adão B. (Ed.). III. Castilhos, Zuleica C. (Ed.).

ISBN 978-85-61121-61-7

CDD 668.62

APRESENTAÇÃO

Com a edição deste livro conclui-se o Projeto AGROMINERAIS, coordenado pelo CETEM com financiamentos do CT-Mineral e FINEP.

No decorrer dos últimos 18 meses foi realizada intensa atividade de interação entre pesquisadores e professores das mais importantes instituições brasileiras. Foram realizadas Oficinas Temáticas muito concorridas, envolvendo a comunidade acadêmica, tecnológica, empresarial e organizações sociais. Ainda foram produzidos estudos prospectivos por especialistas renomados, nacionais e também internacionais das diferentes áreas do conhecimento envolvidas no tema. Destes últimos, foram elaborados quinze distintos capítulos para o atual livro sobre Agrominerais.

Acreditamos que com a edição deste livro e a sua divulgação simultânea na internet e no site do CETEM, estamos dando uma positiva contribuição à importante questão dos Agrominerais no Brasil.

Rio de Janeiro, Julho de 2010.

José Farias de Oliveira
Diretor do CETEM

SUMÁRIO

PREFÁCIO	<i>Francisco Rego Chaves Fernandes, Adão Benvindo da Luz e Zuleica Carmen Castilhos</i>	
CAPÍTULO 1	PANORAMA DOS AGROMINERAIS NO BRASIL: ATUALIDADE E PERSPECTIVAS <i>Yara Kulaif e Francisco Rego Chaves Fernandes</i>	01
CAPÍTULO 2	AGROMINERAIS: RECURSOS E RESERVAS <i>Antonio Fernando da Silva Rodrigues, David Siqueira Fonseca, Mathias Hider Ricardo Eudes Parahyba e Vanessa M. M. Cavalcante</i>	23
CAPÍTULO 3	ROTAS TECNOLÓGICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES <i>Arthur Pinto Chaves</i>	45
CAPÍTULO 4	ROCHAS, MINERAIS E ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES ALTERNATIVOS <i>Adão Benvindo da Luz, Francisco E. Lapido-Loureiro, João Alves Sampaio, Zuleica Carmen Castilhos e Marcelo Soares Bezerra</i>	61
CAPÍTULO 5	MATERIAIS SILICÁTICOS COMO FONTES REGIONAIS DE NUTRIENTES E CONDICIONADORES DE SOLOS <i>Éder de Souza Martins, Álvaro Vilela de Resende, Claudinei Gouveia de Oliveira e Antonio Eduardo Furtini Neto</i>	89
CAPÍTULO 6	O MEIO AMBIENTE NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NO BRASIL <i>Elvira Gabriela Dias e Roberto D. Lajolo</i>	105
CAPÍTULO 7	FOSFOGESSO: GERAÇÃO, DESTINO E DESAFIOS <i>Roberto Mattioli Silva e Marco Giuliatti</i>	125
CAPÍTULO 8	A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE FERTILIZANTES (CADEIA NPK, ENXOFRE, ROCHA FOSFÁTICA E POTÁSSIO) - PROJEÇÕES DE 2010 A 2030 <i>Eduardo Soares Ogasawara, Yara Kulaif e Francisco Rego Chaves Fernandes</i>	145
CAPÍTULO 9	UM ESTUDO DAS PRINCIPAIS LAVOURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS <i>Maria Helena M. Rocha Lima e Nilo da Silva Teixeira</i>	169
CAPÍTULO 10	O USO DA BIOMASSA COMO NOVA FONTE ENERGÉTICA MUNDIAL <i>Ângelo Bressan Filho</i>	189
CAPÍTULO 11	POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS <i>Ricardo Borges Gomide</i>	203

CAPÍTULO 12	INVENTÁRIO E CARTOGRAFIA DE RECURSOS AGROMINERAIS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVOS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO	
	<i>Gerson Manoel Muniz de Matos e Ivan Sérgio de Cavalcante Mello</i>	227
CAPÍTULO 13	ROCHAS E MINERAIS COMO FERTILIZANTES ALTERNATIVOS NA AGRICULTURA: UMA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	
	<i>Peter Van Straaten</i>	235
CAPÍTULO 14	BIOCOMBUSTÍVEIS NOS ESTADOS UNIDOS EM CONTEXTO DE MUDANÇA	
	<i>Joaquim Ramos Silva</i>	265
CAPÍTULO 15	A SITUAÇÃO ENERGÉTICA DA UNIÃO EUROPEIA E O CASO PARTICULAR DOS BIOCOMBUSTÍVEIS: DIAGNÓSTICO ACTUAL E PERSPECTIVAS	
	<i>Carla Guapo Costa</i>	277

PREFÁCIO

Francisco Rego Chaves Fernandes
Adão Benvindo da Luz
Zuleica Carmen Castilhos

Este livro "Agrominerais para o Brasil" é um livro editado pelo Projeto Agrominerais coordenado pelo CETEM - Centro de Tecnologia Mineral do MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, para atender a dois objetivos principais:

- abordar aprofundadamente o vasto conjunto de temas pertinentes aos Agrominerais com um enfoque centrado no Brasil;
- apresentar sugestões de linhas de ação, uma Agenda de Prioridades, para o desenvolvimento científico-tecnológico brasileiro sustentável.

Apresenta os principais resultados do Projeto "Estudo Prospectivo Relativo aos Agrominerais e Seus Usos na Produção de Biocombustíveis Líquidos com Visão de Longo Prazo (2035)", resultante de Oficinas temáticas que foram realizadas envolvendo algumas centenas de participantes. O projeto foi apoiado pelo CT-Mineral/Fundo Setorial Mineral e pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, tem como coordenador o CETEM e como instituições co-executoras, a UFSCar/Rede Inter-universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), a Embrapa Cerrados/Rede de Pesquisa de Rochas Silicatadas de Fonte de Potássio, a CPRM-Serviço Geológico do Brasil (SGB) e o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM/MME).

Agrominerais (tais como enxofre, minerais de potássio, rocha fosfática, calcário e turfa) é matéria-prima de origem mineral sendo insumo absolutamente indispensável para viabilizar a agricultura e a pecuária brasileiras, ou seja, é parte integrante da alimentação dos cidadãos brasileiros, da viabilização do agronegócio externo, e ainda, alavancando o nascente e pujante setor dos biocombustíveis.

O tema do livro foi desdobrado pelos editores, em quinze capítulos, cada um deles a cargo de um especialista de renomado conhecimento.

Inicia-se o livro "Agrominerais para o Brasil" com dois capítulos dedicados às Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN). O primeiro, "*Panorama dos agrominerais no Brasil: atualidade e perspectivas*" traça um atualizado perfil dos fertilizantes convencionais (NPK): - uma complexa cadeia de múltiplos produtos e mercados; - uma caracterização geral desta indústria no Brasil e no mundo e um histórico deste setor industrial no Brasil, desde a sua fundação, destacando-se as consequências da sua privatização há dez anos. Finalmente, a atualidade, a qual apresenta grandes desafios, em que a oferta tem elevadíssima dependência das importações, atinge cerca de 80% do total dos nutrientes consumidos pelo Brasil e a especulação financeira se faz fortemente presente.

Logo em seguida: "*Agrominerais: recursos e reservas*" aprofunda o tema dos Agrominerais (minerais de potássio, fosfato, enxofre e calcário) no Brasil no segmento da pesquisa e lavra de recursos minerais, incluindo uma minuciosa apresentação da disponibilidade primária (ocorrências e jazidas minerais) em todo o território nacional. É também analisado para cada um dos recursos agrominerais, os aspectos de mercado e as relações de dependência e sustentabilidade entre o agronegócio e o mineralnegócio.

Um capítulo crítico: "*Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes*", apresenta os diferentes produtos oferecidos no mercado brasileiro, tanto oriundos das Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN) - os de alta solubilidade e concentração - como das Fontes Alternativas de Nutrientes (FAN) - rocha, termofosfatos e outros -, questionando-se aprofundadamente as vantagens e desvantagens de sua utilização no clima e solos tropicais brasileiros. Em conclusão, defende o autor, ser

altamente desejável o fortalecimento da pesquisa e desenvolvimento tecnológico das diferentes fontes alternativas de fertilizantes fosfatados, para atender às demandas crescentes, com o aproveitamento de quantidades enormes de minérios marginais inacessíveis pela tecnologia atual, mas que são: de interesse industrial, de conservação de recursos minerais e de minimização do impacto ambiental.

Dois capítulos são dedicados às Fontes Alternativas de Nutrientes (FAN). O primeiro "*Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos*" aprofunda a rochagem, ou seja, as técnicas de aplicação direta na agricultura de rochas moídas ou contendo finos naturais, como material fertilizante. Os autores realizaram uma detalhada busca, em todo o extenso território brasileiro, identificando e localizando as rochas e materiais fertilizantes alternativos, nos colocando ainda a par do estado da arte dos estudos tecnológicos visando o seu aproveitamento. No final sugerem uma agenda de prioridades para futuras pesquisas de desenvolvimento científico e tecnológico. Na continuação do tema, um novo capítulo, "*Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos*", destacando um novo paradigma, com a mudança de uso de matérias primas convencionais globalizadas para matérias primas alternativas regionais. Localiza também estes materiais (primários e secundários) abundantes no Brasil, justapõe as suas ocorrências com a localização das produções de cana-de-açúcar e soja, que são as duas principais fontes dos biocombustíveis, mostrando a ampla viabilidade do seu aproveitamento regional e finaliza elencando ainda um conjunto de vantagens decorrentes da sua utilização.

Dois capítulos são totalmente dedicados ao meio ambiente, que apresentam, no seu final, um elenco de sugestões, uma agenda de prioridades para implementação. O primeiro "*O meio ambiente na produção de fertilizantes fosfatados no Brasil*" dá-nos uma aprofundada e ilustrativa panorâmica dos diferentes e múltiplos impactos negativos no meio ambiente associados à cadeia produtiva dos fertilizantes fosfatados, que obrigatoriamente devem ser levados em consideração, no planejamento da ampliação da produção de agrominerais. A esperada ocorrência de tais impactos nos futuros empreendimentos torna necessário identificar as ações e medidas que, se implementadas, poderão atenuar este efeito, seja na lavra ou no beneficiamento dos minerais fosfáticos. Estes processos produtivos encontram-se todos no campo dos conflitos, seja pelo uso da terra ou da água e integrados no desenvolvimento sustentável no binômio: conservação e desenvolvimento econômico. Já na etapa de industrialização, o fosfogesso destaca-se como um importante problema, pois: "*constitui significativo passivo ambiental que, mantidas as atuais circunstâncias, deve continuar a crescer na razão direta da expansão da produção, em virtude da rota tecnológica adotada*". Os autores concluem que: "*o papel do desenvolvimento científico e tecnológico pode ser muito mais decisivo na solução dos problemas (...) deve ser tratado de modo amplo e transparente, envolvendo todos os atores interessados – empresas, instituições de ciência e tecnologia, organismos de governo, entidades não governamentais, sociedade civil – e incorporar como pressupostos os princípios de prevenção e precaução*".

O segundo capítulo: "*Fosfogesso: geração, destino, desafios*", centra e desenvolve o tema do rejeito complexo gerado na produção de ácido fosfórico, produto essencial na cadeia NPK dos fertilizantes, mas contendo, entre outros, metais pesados e minerais radiativos. A sua produção no Brasil iniciou-se em 1950 e para cada tonelada de ácido fosfórico geram-se seis toneladas de rejeito, o fosfogesso, gerando atualmente uma produção anual de 5 milhões de toneladas a sua produção anual. Os autores mostram que já atinge 50% a parcela do fosfogesso gerado no Brasil que é descartada no ambiente empurrado pelas empresas produtoras de ácido fosfórico, utilizado principalmente com finalidade agrícola. Neste particular, sem que haja uma avaliação do potencial impacto radiológico na população consumidora dos produtos agrícolas e sem provas da sua eficácia como fertilizante. Mostram ainda que existem pressões redobradas para a ampliação do seu descarte, como material de construção (por exemplo, para a população de baixa renda, ao abrigo do PAC do governo federal), sem que se aplique, nem o princípio da precaução, com seu consequente banimento, nem a proposição, pelos órgãos brasileiros competentes, de padrões e limites quantitativos das mensurações de risco principalmente quanto às emissões radiativas. Em contraste, no resto do mundo desenvolvido, nos Estados Unidos, União Europeia e Japão, os autores referem-se à rejeição deste material, para estradas junto de centros urbanos e habitados devido ao teor de radionuclídeos. Destaca-se nos EUA o banimento do uso do fosfogesso, feito pela *United States Environmental Protection*

Agency (USEPA) em 1992 citando a demolição de conjuntos habitacionais na Flórida, construídos nos anos 60.

Em "A indústria brasileira de fertilizantes (cadeia NPK, enxofre, rocha fosfática e potássio) - projeções de 2010 a 2030" é feito um exercício econométrico - rigoroso, através de sofisticada e adequada metodologia - onde são apresentados resultados de um exercício de projeção de longo prazo, das principais variáveis do mercado de fertilizantes minerais NPK do Brasil. Mostra a necessidade até 2030 de ampla ampliação da capacidade produtiva nacional da indústria do NPK, em todos os seus segmentos produtivos, para atender a um forte crescimento esperado do PIB brasileiro. Há uma expectativa de crescimento pujante do *agrobusiness*, o que significa a necessidade de novos empreendimentos agrominerais em grandes proporções, significando também vultosos investimentos, que até ao presente momento, a iniciativa privada ou estatal está longe de viabilizar. Comparados estes resultados com os obtidos num estudo da ANDA realizado em 2009, verifica-se que são muito semelhantes, apontando as necessidades adicionais em mais 50% da capacidade produtiva atual brasileira.

O tema de agrocombustíveis vem logo em seguida, desenvolvido em três capítulos concatenados: o primeiro trata da agricultura brasileira no que se refere às duas maiores produções direcionadas para biocombustíveis, a cana-de-açúcar e a soja; o segundo, sobre as políticas governamentais brasileiras para os biocombustíveis e, finalmente, o terceiro versa sobre o uso da biomassa como nova fonte energética mundial.

O capítulo "*Um estudo das principais lavouras para a produção de biocombustíveis*", é um texto positivo e afirmativo:

- o Brasil poderá expandir suas plantações tanto para a indústria de alimentos quanto de biocombustíveis (...) confirmando em 2030 um futuro promissor para os agentes envolvidos tanto com a cadeia produtiva do etanol
- o atual sucesso do carro *flex* é fruto dessa experiência adquirida desde a década de 70, com o lançamento do PROÁLCOOL, que incentivou o uso do álcool anidro misturado à gasolina até surgimento dos veículos *flex* em 2003.
- o grande desafio do Brasil é consolidar a liderança na utilização da bioenergia como combustível automotivo.

No decorrer deste capítulo é-nos dado conhecer, tanto para a cana-de-açúcar como para a soja, estatísticas atualizadas e detalhadas sobre a área plantada - nacional e regional - , a estrutura industrial, as esperadas expansões da produção projetadas principalmente para os biocombustíveis, com a incorporação de novas áreas e ainda, os mercados para estes produtos.

O conhecimento referente às "*Políticas governamentais para biocombustíveis*" é de grande interesse e, neste capítulo, nos é dado conhecer as medidas governamentais, baseadas na plena convicção que existem externalidades positivas dos biocombustíveis em relação aos outros combustíveis fósseis, para consolidar a sua produção e uso no Brasil, baseada em suporte à agricultura e à instalação de unidades industriais de produção, à estruturação da cadeia logística e de abastecimento, à definição de normas e padrões de comercialização, ao consumo e à fabricação de veículos. Os diferentes instrumentos de política são também explanados, tal como a definição de mandatos para uso compulsório, políticas fiscais, creditícias e tributárias. Em seguida, listam-se as principais instituições do governo federal relativas aos biocombustíveis. Finalmente, em sua conclusão, o autor afirma que: "*É nítida a relevância da cana-de-açúcar como bem energético e estratégico para o país. Essa posição, conquistada ao longo de anos, serve como modelo para a consolidação do biodiesel no mercado brasileiro, assim como para o desenvolvimento de futuros biocombustíveis, a exemplo do bioquerosene e do biogás, ou mesmos de novas gerações tecnológicas*".

"*O uso da biomassa como nova fonte energética mundial*" trata intensivamente do uso de biomassa, dissecando o etanol como um novo produto para o mundo, a natureza do funcionamento da cadeia de produção sucroalcooleira no Brasil e a competição entre a produção de matérias-primas agrícolas e energéticas. Em relação a este último item, observa o autor que a utilização de matérias-primas agrícolas,

convencionais ou não, para a produção de combustível em grandes volumes traz, para os países que iniciam este tipo de programa, algumas consequências que não podem ser ignoradas. Observa ainda que: o atendimento deste novo tipo de demanda tende a provocar fortes desequilíbrios, que podem ser globais ou domésticos, nas relações econômicas, ambientais e sociais, que não podem ser desconsideradas pelas autoridades responsáveis pela gestão do novo programa. O autor apresenta uma visão otimista mas contendo algumas advertências em sua análise como mostra o subtítulo final do capítulo: O uso da biomassa como fonte energética é um movimento irreversível e de consequências imprevisíveis!

Um capítulo inteiro fecha o conjunto de capítulos que trata especificamente do Brasil e é dedicado ao "Inventário e cartografia de recursos agrominerais convencionais e alternativos do território brasileiro", com a produção de dois mapas do Brasil que podem ser consultados na internet e/ou em encarte de folha dupla no próprio livro. Os mapas versam sobre: - *Ambientes geológicos favoráveis para agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg, direcionado à cartografia das fontes minerais convencionais para produção destes macronutrientes e - Insumos alternativos para a agricultura: rochas, minerais e turfa voltado para a cartografia de fontes alternativas, tais como rochas, minerais e substância húmica (turfa), para aplicação direta na agricultura, com destaque para os insumos utilizados na rochagem.*

Finalmente, três capítulos são inteiramente dedicados a estudos internacionais e foram diretamente encomendados a especialistas estrangeiros O primeiro sobre "*Rochas e minerais como fertilizantes alternativos na agricultura: uma experiência internacional*", onde o autor disserta sobre três fatores básicos que pesam no desempenho dos cultivos, além das características físico-químicas, (o fator rocha), existem as propriedades químicas e físicas dos solos (o fator solo) e finalmente as exigências e necessidades de nutrientes dos plantios (o fator plantio). Atualiza o conhecimento sobre as rochas e os minerais alternativos fertilizantes e relata as aplicações alternativas em um conjunto grande de países do mundo. Os outros dois capítulos são dedicados às questões que se prendem mais com a matriz energética e a produção de biocombustíveis na União Europeia e nos Estados Unidos. No capítulo dedicado à UE: "*A situação energética da União Europeia e o caso particular dos biocombustíveis: diagnóstico actual e perspectivas*", destaca-se que a par das controvérsias quanto à produção de biocombustíveis, no que se refere à segurança alimentar e à questão ambiental, existe uma grande dependência da UE em relação às principais importações das principais fontes de energias não-renováveis e perspectiva do seu agravamento no futuro, o que obrigou a um grande programa de reversão da matriz energética, através do incentivo às energias renováveis, com ênfase nos biocombustíveis, acompanhada de grande esforço de pesquisa e desenvolvimento, existindo aprofundada apresentação de sua meta e resultados parciais. Com "*Biocombustíveis nos Estados Unidos em contexto de mudança*", mostra-se a insustentabilidade do modelo energético dominante desde 1970, apoiado em fontes não-renováveis, como os combustíveis fósseis e o atual dilema dos EUA, o principal produtor e consumidor mundial. Para a transição para um novo modelo, que está em marcha desde o final da primeira década do século XXI, a transição para o uso maior de fontes renováveis como os biocombustíveis, exige-se pesados desafios de natureza tecnológica e de uma contribuição ativa para o combate ao aquecimento global ou a sua atenuação, diminuindo a emissão de gases do efeito estufa. O autor aponta que, no estágio atual da pesquisa tecnológica, a nascente indústria norte-americana de biocombustíveis baseado no milho não é competitiva, só sobrevive por barreiras à concorrência externa e subsídios aos seus produtores. Os biocombustíveis competitivos existem apenas em outros países que não os EUA (predominantemente no Brasil), mas a quebra das barreiras internas e as importações acabariam com o principal pilar da política energética deste país que é a independência energética.

O Brasil requer urgentes e vultosos investimentos industriais em todos os setores da cadeia produtiva dos Agrominerais, de forma que a demanda, incluindo a segurança alimentar brasileira, o programa de exportações do agronegócio e o acelerado desenvolvimento dos biocombustíveis não sejam inviabilizados. Hoje em dia, as decisões empresariais estão nas mãos da Vale e da Petrobrás, que detêm uma participação majoritária na cadeia convencional de NPK, após recentes aquisições das participações dos grupos multinacionais que dominaram a indústria brasileira no último decênio.

Acreditamos que terão uma excelente leitura todos aqueles que tenham acesso a este livro, especialistas do tema, alunos e professores, profissionais e leitores em geral, interessados em aprender ou aprofundar seus conhecimentos sobre os Agrominerais.

INVENTÁRIO E CARTOGRAFIA DE RECURSOS AGROMINERAIS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVOS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

GERSON MANOEL MUNIZ DE MATOS¹
IVAN SÉRGIO DE CAVALCANTE MELLO²

Introdução

Dentre as justificativas para o desenvolvimento do Projeto Estudo Prospectivo Relativo aos Agrominerais e seus Usos na Produção de Biocombustíveis Líquidos com Visão de Longo Prazo (2035), destaca-se a necessidade de fornecer à iniciativa privada e a órgãos públicos elementos básicos para planejamento de futuros trabalhos, visando à expansão ordenada da indústria de insumos agrícolas no Brasil. Com esse projeto objetiva-se, portanto, dar apoio e sustentabilidade ao grande aumento previsto da produção brasileira de biocombustíveis líquidos. O projeto é executado pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCT) em parceria com diversas instituições, dentre as quais a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Para atender aos objetivos desse projeto, a CPRM/SGB contribui com a elaboração de dois mapas. O *Mapa de Ambientes Geológicos Favoráveis para Agrominerais Fontes de P, K, Ca e Mg* é direcionado à cartografia das fontes minerais convencionais para produção de macronutrientes (P, K, Ca, Mg) necessárias ao cultivo de oleaginosas fontes de biocombustíveis, enquanto o *Mapa de Insumos Alternativos para a Agricultura: Rochas, Minerais e Turfa* é voltado para a cartografia de fontes alternativas, tais como rochas, minerais e substância húmica (turfa), para aplicação direta na agricultura, com destaque para os insumos utilizados no processo designado por rochagem.

Mapa de ambientes geológicos favoráveis para agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg

Com a cartografia dos ambientes geológicos favoráveis à ocorrência de rochas fosfáticas, potássicas e carbonáticas, apresenta-se ao Governo Federal, às entidades de pesquisa e à agroindústria um produto inédito, desenvolvido em base tecnológica capaz de suportar complementações e atualizações posteriores, o qual, certamente, contribuirá significativamente para o desenvolvimento do setor de fertilizantes.

O Mapa desenvolvido para esse fim se constitui no produto do inventário das informações sobre fontes primárias de recursos comprovados e potenciais para uso na agricultura como insumos minerais convencionais e corretivo de solo, obtido por meio de levantamento e identificação dos ambientes geológicos favoráveis a hospedar depósitos de agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg no território brasileiro.

Tal levantamento se baseou em informações geológicas integradas nos mapas do Projeto GIS Brasil (escala 1:1.000.000), executado pela CPRM/SGB e editado em 2004, assim como informações obtidas posteriormente de trabalhos executados por Unidades Regionais da CPRM/SGB. Igualmente, foram levantados e disponibilizados dados de infraestrutura, tais como localização das principais capitais brasileiras e aeroportos, rodovias federais, ferrovias, e dados de hidrografia, além de indicação das áreas de restrição integral à mineração.

Após análise, integração e interpretação de tais informações, obteve-se, como produto, um mapa de localização e distribuição das unidades litoestratigráficas que constituem domínios geológicos identificados como potenciais à existência de fontes minerais para extração de macronutrientes (P, K, Ca e Mg).

¹ D.Sc. Universität Heidelberg. Serviço Geológico do Brasil (SGS/CPRM). E-mail: gmmm@rj.cprm.gov.br.

² D.Sc. Universidade de São Paulo (USP). Serviço Geológico do Brasil (SGS/CPRM). E-mail: mello@sp.cprm.gov.br.

O mapa, apresentado na escala de trabalho de 1: 5.000.000, foi elaborado em meio digital e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Na figura 1, apresentada como encarte a esse texto, é mostrado o modo de apresentação (leiaute) desse produto, que pode ser acessado para visualização e plotagem - em escala original - no endereço: <http://www.cetem.gov.br/> ou em ambiente SIG (CDROM) na CPRM/SGB.

CRITÉRIOS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA

Os critérios utilizados para identificar os domínios geológicos de ambiência favorável à existência de depósitos de agrominerais no território brasileiro e sua caracterização em mapa objetivaram, primeiramente, o agrupamento de grandes unidades estratigráficas de diferentes idades, em conjuntos com características semelhantes quanto ao posicionamento tectônico, nível crustal, classe de rocha (ígneas, sedimentar ou metamórfica), grau de deformação, expressividade dos corpos rochosos, tipo de metamorfismo e litotipos especiais. Se, por um lado, nos domínios geológicos levantados foram agrupados diferentes litotipos, desde conglomerados a sedimentos siltico-argilosos, por outro lado foram separados pacotes sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria dos corpos rochosos apontava na direção da importância em se distinguir, por exemplo, situação de extensas coberturas de uma situação de pacote com distribuição restrita limitado em riftes.

Em cada um desses conjuntos ou grandes domínios procedeu-se à identificação de diferentes fácies sedimentares e à individualização daquelas cujas características composicionais e deposicionais se mostram propícias à formação de rochas carbonáticas, fosfáticas e evaporíticas. Sobre essa base de estudo foram localizados todos os jazimentos dos minerais convencionais, fontes de macros e micronutrientes, cadastrados como ocorrências (939), depósitos (256) e minas ativas e paralisadas (788), disponíveis na Base de Dados de Recursos Minerais do GeoBank (banco de dados geológicos da CPRM/SGB).

No mapa, os polígonos que representam as ambiências/faciologias potenciais para agrominerais são identificados por cores, apresentando a descrição de sua composição litológica em legenda, enquanto sua área de ocorrência é apresentada com sua real expressão, proporcionalmente à escala de trabalho. Os jazimentos (ocorrências, depósitos e minas), por sua vez, têm representação pontual, sem guardar proporcionalidade com a escala de trabalho, uma vez que a grande maioria dos jazimentos não possui expressão significativa em área para representação na escala de apresentação do mapa.

JAZIMENTOS DE AGROMINERAIS CONVENCIONAIS NO BRASIL CARACTERIZADOS EM MAPA

Com relação ao fosfato, o inventário das informações mostra que, no estágio atual do conhecimento geológico, no Brasil, os jazimentos estão relacionados a cinco ambientes principais. Destes, apenas os quatro primeiros descritos hospedam depósitos com viabilidade econômica:

- magmático: associado a complexos alcalino-carbonatíticos mesozoicos, incluindo os jazimentos residuais supergênicos decorrentes de processo de laterização desses complexos.
- metassedimentar: em bacias intracratônicas proterozoicas.
- sedimentogênico: em bacias marginais mesozoicas.
- ortometamórfico: em complexos alcalino-carbonatíticos metamorfizados do Proterozoico, incluindo os jazimentos residuais decorrentes de processo supergênico de laterização sobre esses complexos.
- orgânico: constituído de excrementos de aves (guano); pouco importante do ponto de vista comercial.

Relativamente aos sais de potássio, as principais fontes estão associadas à deposição de evaporitos, isto é, produtos da precipitação química em bacias sedimentares próprias a ambientes transitórios restritos em lagos com alta concentração de sais e com elevadas taxas de evaporação, em clima árido. O principal minério potássífero é a silvinita [silvita (KCl) + halita (NaCl)], seguido por: carnalita (KCl.MgCl₂.6H₂O), langbeinita (K₂SO₄.2MgSO₄), polihalita [K₂Ca₂Mg(SO₄)₄.H₂O] e leonita (K₂SO₄.MgSO₄.4H₂O).

Quanto aos macronutrientes Ca e Mg, as grandes unidades sedimentares carbonáticas portadoras de rochas calcárias e dolomíticas constituem-se na principal fonte desses insumos.

Levando em consideração essas premissas, foram caracterizados os seguintes domínios geológicos e suas fácies, representados no Mapa de Ambientes Geológicos Favoráveis para Agrominerais Fontes de P, K, Ca e Mg (Quadro 1).

Quadro 1 - Caracterização de domínios geológicos e faciologias favoráveis para agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg.

AMBIÊNCIA FAVORÁVEL		
Domínio Geológico	Faciologia	
I	Coberturas sedimentares, quaternárias e terciárias, formadas por lixiviação química.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coberturas sedimentares detrítico-lateríticas. Favorabilidade para fosfato residual (Ia). ▪ Coberturas sedimentares detrítico-carbonáticas. Favorabilidade para rochas carbonáticas (Ib).
II	Coberturas sedimentares terciárias, amplas e espessas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas a pequenas bacias.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Predominância de pelitos de deposição continental-fluvial. Favorabilidade para depósitos de turfa, gipsita, salgema e anidrita (II).
III	Coberturas sedimentares clástico-carbonáticas mesozoicas consolidadas, associadas a bacias costeiras do tipo rifte, depositadas em diferentes ambientes, tais como: continental, marinho, desértico, glacial e vulcânico.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rochas calcárias contendo intercalações de sedimentos siltico-argilosos (IIIa). ▪ Sedimentos quartzo-arenosos e conglomeráticos com intercalações de sedimentos siltico-argilosos. Favorabilidade para gipsita, evaporitos, turfa e calcário (IIIb). ▪ Espessos pacotes de sedimentos siltico-argilosos. Favorabilidade para fosfato, gipsita e carbonatos (IIIc).
IV	Coberturas sedimentares e vulcanossedimentares consolidadas mesozoicas e paleozoicas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise, preenchidas por espessos e extensos pacotes de camadas horizontalizadas de sedimentos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Predomínio de tufo cineríticos com ocorrências de fosfatos (IVa). ▪ Espessos pacotes com predomínio de sedimentos siltico-argilosos, arenosos e rochas carbonáticas (IVb). ▪ Camadas de evaporitos e calcários com intercalações irregulares de sedimentos siltico-arenosos (IVc). ▪ Espessas camadas de rochas calcárias intercaladas com finas camadas de sedimentos siltico-argilosos (IVd). ▪ Sequência siliciclástica depositada em bacia intracratônica e constituída por arenitos, folhelhos e siltitos. Favorabilidade para fosfato (IVe).
V	Suítes intrusivas alcalino-carbonáticas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Favorabilidade para fosfato e carbonato (V).
VI	Extensas e espessas coberturas sedimentares proterozoicas, pouco dobradas e metamorizadas, caracterizadas por um empilhamento de camadas horizontalizadas e sub-horizontalizadas, com diferentes espessuras, de sedimentos clastoquímicos de várias composições, depositadas em diferentes ambientes tectonodeposicionais.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espessos pacotes de sedimentos predominantemente siltico-argilosos com intercalações de arenitos e grauvas. Favorabilidade para calcário e fosfato (VIa). ▪ Espessas e extensas camadas de rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos (VIb).
VII	Sequências metassedimentares proterozoicas complexamente e diferentemente dobradas e metamorizadas em baixo grau.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos com intercalações de grauvaça e ocorrências de fosfatos (VIIa). ▪ Alternância irregular de finas camadas ou lentes de metassedimentos arenosos com metacarbonáticas, calciossilicáticas e xistos calcíferos (VIIb). ▪ Predomínio de espessos e extensos corpos de metacalcários, com intercalações de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos. Ocorrências de fosfato e rochas carbonáticas (VIIc).

VIII	Sequências metavulcanossedimentares proterozoicas dobradas e metamorfizadas em baixo a médio grau.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos. Favorabilidade para rochas carbonáticas (VIIIa). ▪ Predomínio de espessos pacotes de rochas metacalcárias com intercalações de finas camadas de metassedimentos síltico-argilosos com ocorrências de fosfato (VIIIb).
IX	Sequência metavulcanossedimentar, do tipo <i>greens-tone belt</i> , metamorfizada em baixo grau, representada por metassedimentos síltico-argilosos, arenosos, clorita-xistos, quartzitos e metacalcários.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácies exclusivamente metassedimentar representada principalmente por filitos, xistos, quartzitos e metacalcários. Favorabilidade para rochas carbonáticas (X).

ÁREAS POTENCIAIS PARA DEPÓSITOS ECONÔMICOS

Comparativamente aos resultados obtidos da caracterização faciológica dos ambientes favoráveis à ocorrência de agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg, integrados com a distribuição dos jazimentos conhecidos desses insumos, foram considerados dois tipos de áreas potenciais, em função do conhecimento do ambiente geológico, com possibilidades de aproveitamento econômico, e da densidade de trabalhos de prospecção mineral anteriormente desenvolvidos para esses insumos.

Constata-se que a grande maioria das áreas selecionadas para pesquisa está relacionada às bacias brasileiras, com potencial ainda inexplorado.

- alto potencial: ambiente geológico favorável e baixa densidade de trabalhos de prospecção mineral.
- médio/baixo potencial: ambiente geológico favorável e alta densidade de trabalhos de prospecção mineral.

Áreas de alto potencial

As características principais das áreas consideradas de alto potencial para pesquisa de fosfato, potássio e rochas calcárias (Ca, Mg), em ordem decrescente de prioridade para cada substância mineral, são apresentadas no Quadro 2. Foram selecionadas seis áreas com alto potencial para ocorrências econômicas de fosfato, três para rochas calcárias e dolomíticas e uma para potássio. Destacam-se para pesquisa de fosfato e rochas calcárias áreas correspondentes à porção aflorante de metassedimentos carbonáticos e pelito-carbonáticos do Grupo Bambuí/Una, no oeste dos estados da Bahia e Minas Gerais, e a área de metassedimentos da Formação Bocaina do Grupo Corumbá, aflorantes na serra da Bodoquena, a sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul.

Quadro 2 - Áreas de alto potencial para ocorrências econômicas de agrominerais.

Insumos	Faciologia (*)	Localização	Área Aproximada (Km ²)	Unidade Hospedeira	Idade	Características Metalogenéticas	Jazimentos Conhecidos
P, Ca, Mg	Vla	Centro-Oeste e Oeste dos Estados da Bahia e Minas Gerais; Nordeste do Estado de Goiás	200.000	Grupo Bambuí (MG), Formações Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas e Grupo Una (BA), FM. Formação Irecê, Unidade Nova América	PS	Metassedimentos Carbonáticos e Pelito-Carbonáticos, com esteiras algais e estromatólitos ou margas com intercalações de fosforito.	Irecê (BA), Patos de Minas (MG); Cedro do Abaeté (MG); Campos Belos (GO)
	VIIc	Serra da Bodoquena (MS)	10.000	Grupo Corumbá, Formação Bocaina	PS	Sequência de Metassedimentos Marinhos rasos constituídos de calcários e dolomitos com níveis de fosforito.	Bonito (MS)
P	IVe	Flanco Ocidental da Bacia do Parnaíba (TO)	25.000	Formação Pimenteiros	Pz-D	Sequência de sedimentos Marinhos transgressivos, constituídos de arenitos, Siltitos e folhelhos com disseminações de fosfato criptocristalino (colofana), associado à anomalia radiométricas e glauconta.	Serra do Estrondo (TO)
	VIb	Região de Jurueña/Teles Pires/Aripuanã, no Norte do Mato Grosso e Sul do Amazonas	60.000	Grupo Beneficente	PM	Sequência de Metassedimentos Marinhos Glauconíticos constituída de siltitos com disseminações de fosfato criptocristalino (colofana) e arenitos com micronódulos de colofana.	Aripuanã (AM)
	V	Bordo Norte da Bacia do Amazonas (PA E AM)	75.000	Complexo Intrusivo de Mapari e Semelhantes	PM	Complexos Alcalino-Carbonatíticos de forma circular (500 A 2.500 m de diâmetro), mineralizados a apatita..	Maecuru (PA)
	V	TREND SW-NE do Alto Rio Negro (AM) à Serra de Catrimani	130.000	Complexos Intrusivos de Seis Lagos I (proterozoico médio) e da Serra do Repartimento (cretáceo)	Mz-K PM	Complexos Alcalinos – Carbonatíticos cretácicos e do proterozoico médio, mineralizados a apatita, frequentemente associados a nióbio e terras-raras. Controle estrutural segundo lineamento de direção SW-NE.	Seis Lagos (AM), Serra do Repartimento (RR)
K	-	Bacia do Amazonas (AM)	40.000	Formação Nova Olinda	Pz-C	Sequência evaporítica constituída de Halita com níveis métricos de Silvinita e Sulfatos complexos de Potássio e Magnésio.	Fazendinha e Arari (AM)

Mz-K- Msozoico-Cretáceo

PS - Proterozoico Superior

P - Fosfato

(*) Faciologia do Quadro 1

Pz-C - Paleozoico-Carbonífero

PM - Proterozoico Médio

K - Potássio

Pz-D - Paleozoico-Devoniano

Ca - Cálcio

Mg - Magnésio

Áreas de médio/baixo potencial

As características principais das áreas consideradas de médio/baixo potencial para pesquisa de insumos minerais para fosfato e potássio, em ordem decrescente de prioridade para cada substância mineral, são apresentadas no Quadro 3. Foram selecionadas três áreas com potencial para ocorrências econômicas de fosfato, uma para rochas calcárias e uma para potássio.

Quadro 3 - Áreas de médio/baixo potencial para ocorrências econômicas de agrominerais.

Insumos	Faciologia (*)	Localização	Área aproximada (km ²)	Unidade Hospedeira	Idade	Características Metalogenéticas	Jazimentos Conhecidos
P	V	Bordo oriental da Bacia do Paraná	250.000	Complexos Intrusivos Alcalinos, semelhantes a Jacupiranga, Araxá, Catalão etc.	Mz-K	Complexos Alcalino-Carbonatíticos de formato circular, mineralizados a Apatita frequentemente associada a Nióbio e Terras-Raras	Catalão (GO), Ouvidor (GO), Tapira (MG), Araxá (MG), Jacupiranga (SP), Anitápolis (SC), Iperó (SP)
P, Ca, Mg	IIIc	Faixa Costeira PE/PB	4.000	Formação Gramame	Mz-K	Sequência sedimentar marinha transgressiva, com níveis métricos de sedimento fosfático Argilo-Arenoso, com oólitos fósseis e <i>Pellets</i> fosfatizados e cimento apatítico.	Paulista (PE), Alhandra (PB) /Goiana (PE), João Pessoa (PB)
	IVe	Flanco Oriental da Bacia do Parnaíba	20.000	Formação Pimenteiras	Pz-D	Sequência de sedimentos marinhos, com calcários oolíticos cimentados por apatita, siltitos com disseminações de fosfato criptocristalino (colofana) e arenitos com micronódulos de colofana.	São Miguel do Tapuio e Pimenteiras (PI)
K	IIIc	Bacia de Sergipe (SE)	1.200	Formação Muribeca Membro Iburá	Mz-K	Sequência evaporítica constituída de Halita, Carnalita, Taquidrita e Silvinita.	Taquari, Vasouras, Santa Rosa de Lima, Aguilhada/ Pirambu (SE)

Notas: Mz-K - Mezozoico-Cretáceo; P - Fosfato.; (*) Faciologia do Quadro 1.
 Pz-C - Paleozoico-Carbonífero; K - Potássio;
 Pz-D - Paleozoico-Devoniano; Ca - Cálcio;
 Mg - Magnésio

Mapa de insumos minerais alternativos para agricultura: rochas, minerais e turfa

O levantamento dos insumos minerais alternativos para agricultura objetivou a cartografia, principalmente, de rochas e minerais cujas composições químicas e mineralógicas os qualificam a servirem de matéria-prima para o processo alternativo ou complementar de fertilização ou remineralização de solos, ou seja, a obtenção de fertilizantes alternativos de baixo custo, com a vantagem de essa matéria-prima ser portadora de diversos macros e micronutrientes. A técnica de aplicação direta na agricultura de rochas, minerais e resíduos mínero-industriais, de granulometria fina resultante de moagem, como fontes alternativas de P, K, Ca e Mg – elementos de fertilização natural –, é conhecida como rochagem. Esta técnica se reveste de grande importância na cultura de vegetais adequados à produção de biocombustíveis líquidos, a custos menores e sem prejuízo ao meio ambiente.

O levantamento considerou as informações geológicas constantes no Projeto GIS Brasil (escala 1:1.000.000) e no GeoBank (Base de Dados de Afloramentos e Base de Dados de Recursos Minerais), e se constitui no produto do inventário em território brasileiro de fontes alternativas de macros e micronutrientes para uso como insumos minerais para agricultura. Igualmente, foram levantados e disponibilizados dados de infraestrutura, tais como localização das principais capitais brasileiras e aeroportos, rodovias federais, ferrovias e dados de hidrografia, além de indicação das áreas de restrição integral à mineração.

Visando à melhor leitura e compreensão das informações plotadas em mapa, uma vez que, devido à grande quantidade de dados levantados as suas representações se superpõem, optou-se, na elaboração do Mapa de Insumos Minerais Alternativos para Agricultura: Rochas, Minerais e Turfa, pela utilização de três representações gráficas em um único leiaute e duas diferentes escalas: 1:7.000.000, para a versão do mapa para rochas, e 1:15.000.000, tanto para a versão do mapa referente a minerais, quanto à versão para turfa.

No Mapa de Rochas são apresentadas a localização e a distribuição dos litotipos, considerados adequados ao processo de rochagem, presentes no substrato rochoso do território brasileiro. Dentre as rochas metamórficas, foram consideradas: biotita-xistos, esteatitos, flogopititos e mármores; dentre as rochas sedimentares: arenitos fosfáticos, folhelhos pirobetuminosos, glauconitos (verdetes) e lateritos fosfáticos; dentre as rochas vulcânicas e plutônicas: anortositos, basaltos, biotititos, fonolitos, kamafugitos, kimberlitos, piroxenitos, serpentinitos, sienitos e rochas alcalinas e básico-ultrabásicas indiferenciadas. A área de distribuição da maior parte dessas rochas, relacionadas e identificadas por cores na legenda, é apresentada em mapa com sua real expressão, proporcionalmente à escala de trabalho do mapa. Aquelas rochas cuja área de distribuição não possuem expressão na escala de trabalho são representadas pontualmente.

No Mapa de Minerais, encontram-se localizados os jazimentos dos minerais que constituem fontes naturais de macronutrientes principais e secundários. Foram considerados os seguintes minerais: amazonita (1 mina e 23 ocorrências), serpentina (12 minas, 7 depósitos e 22 ocorrências), gipsita (67 minas e 118 ocorrências), vermiculita (12 minas, 8 depósitos e 90 ocorrências) e zeólita (42 ocorrências).

No Mapa da Turfa, é apresentada a localização de 15 minas e 195 ocorrências.

A representação das ocorrências dos minerais selecionados e de turfa é pontual, sem guardar proporcionalidade com a escala de trabalho, uma vez que a grande maioria dos jazimentos não possui expressão significativa em área para serem representados na escala de trabalho do mapa.

O mapa foi elaborado em meio digital e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Na figura 2, apresentada como encarte a esse texto, é mostrado o modo de apresentação (leiaute) do mapa de rochas. O produto final, constituído pelo conjunto dos três mapas, pode ser acessado para visualização e plotagem - em escala original - no endereço: <http://www.cetem.gov.br/> ou em ambiente SIG (CDROM) na CPRM/SGB.

Referências bibliográficas

BIZZI, Luiz Augusto; SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta Mary; GONÇALVES, João Henrique (Orgs.) Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil; texto, mapas e SIG. [Geology, Tectonics and Mineral Resources of Brazil: text, maps and GIS]. Brasília: CPRM, 2003. 673 p. 1 DVD. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infol=790&sid=9>>. Acesso em 30 set. 2009.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: sistema de informações geográficas – SIG [Geological Map of Brazil 1:1.000.000 Scale: geographic information system - GIS]. Brasília: CPRM, 2004. 41 CD ROM. Programa Geologia do Brasil.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. GEOBANK. Salvador: CPRM, 2007.

- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Nota Explicativa do Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil na escala 1:7.000.000: texto, Rio de Janeiro. CPRM, 1997.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Goiânia: CPRM, 2006. 144 p.; 1 CD - ROM Programa Geologia do Brasil (PGB). Disponível em: <www.cprm.gov.br/publique/media/rel_mato_grosso_sul.pdf>;<www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_mato_grosso_sul.pdf>. Acesso em 30 set. 2009.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Rio de Janeiro, 2006. 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB).
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geodiversidade do Brasil. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília, 2006. 68p.; 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade.pdf>>. Acesso em 30 set. 2009.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico do Estado do Piauí: mapas. Sistema de Informações Geográficas - SIG. Escala 1:1000.000. [Brasília], 2006. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_piaui.pdf>. Acesso em 30 set. 2009.
- DELGADO, Inácio de Medeiros; FUEZI, Vanessa. Mapa Tectônico do Brasil, versão simplificada. Escala 1:5.000.000. Brasília: CPRM, 2009. Versão preliminar em CD-ROM
- IBGE. Base cartográfica vetorial contínua ao milionésimo: versão 3.01. Rio de Janeiro: IBGE [s.d.]
- LACERDA FILHO, Joffre Valmório de; ABREU FILHO, Waldemar; VALENTE, Cidney Rodrigues; OLIVEIRA, Cipriano Cavalcante de; ALBUQUERQUE, Mário Cavalcante de (Orgs.) Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso: texto explicativo. Cuiabá: CPRM, 2004. 235 p.; 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_mato_grosso.pdf>; <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_mato_grosso.pdf> Acesso em 30 set. 2009.
- MOREIRA, Maria Luiza Osório; MORETON, Luiz Carlos; ARAÚJO, Vanderlei Antônio de; LACERDA FILHO, Joffre Valmório de; COSTA, Heitor Faria da (Orgs.). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal: texto explicativo. Escala 1: 500.000. Goiânia: CPRM, 2008. 143 p.; 1 CD-ROM. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_goiassdf.pdf>; <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_goiassdf.pdf>. Acesso em 30 set. 2009.
- QUADROS, Marcos Luiz do Espírito Santo; RIZZOTTO, Gilmar José (Orgs.). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM, 2007. 169p.; 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB). Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_rondonia.pdf >; <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_rondonia.pdf>. Acesso em 30 set. 2009.
- REIS, Nelson Joaquim; ALMEIDA, Marcelo Esteves; RIKER, Silvio Lopes; FERREIRA, Amaro Luiz (Orgs.). Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas: texto explicativo. Escala 1:1.000.000. Manaus: CPRM, 2006. 144 p.; 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB); Convênio CPRM; CIAMA-AM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_amazonas.pdf>; <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_amazonas.pdf>. Acesso em 30 set. 2009
- VASQUEZ, Marcelo Lacerda; ROSA-COSTA, Lúcia Travassos da (Orgs.). Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: texto explicativo. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008. 328 p.; 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_para.pdf>; <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/para.pdf>> Acesso em 30 set. 2009.
- WILDNER, Wilson; RAMGRAB, Gilberto Emílio; LOPES, Ricardo da Cunha; IGLESIAS, Carlos Moacyr da Fontoura. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2008. 1 DVD. Programa Geologia do Brasil (PGB).