

# Remineralizadores de solo: um novo insumo para a sustentabilidade agrícola de Angola

## Remineralizers: a new input for sustainable agriculture in Angola

António Olímpio Gonçalves<sup>1</sup>, Suzi Huff Theodoro<sup>2</sup>, Gustavo Rosa Almeida<sup>3</sup>, Daniel da Purificação<sup>1</sup>, Ricardo Reis<sup>1</sup>, Eduardo Alves Morais<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto, Avenida 4 de Fevereiro, n.º 71, Número de contribuinte 7101005232, Luanda, Angola, email: tonygoncalves@cicga-uan.co.ao, danieldapuri@gmail.com, Nuno\_reis16@hotmail.com, mlmorais@netangola.com.

<sup>2</sup>Universidade de Brasília/Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, suzitheodoro@unb.br.

<sup>3</sup>Universidade de Brasília/Instituto de Geociências, email: geol.rosag@gmail.com.

### CITAR COMO:

Gonçalves, A. O., S. H. Theodoro, G. R. Almeida, D. D. Purificação, et al. Remineralizadores de solo: um novo insumo para a sustentabilidade agrícola de Angola. Revista Angolana de Geociências, 2020, 1(1), p. 118-125

### INFORMAÇÃO ADICIONAL:

Recebido: 17/05/2020

Aceite: 11/07/2020

#### \*Autor correspondente:

António Olímpio Gonçalves (e-mail: tonygoncalves@cicga-uan.co.ao)

Licença: CC BY-NC

Copyright: Centro de Investigação em Ciências Geológicas Aplicadas

#### Conflitos de interesses:

Os autores declaram que não há conflitos de interesses

**Resumo:** Angola possui uma imensa geodiversidade, o que assegura um espectro de possibilidades para os usos dos seus bens minerais. Entre essas possibilidades estão os maciços ultrabásicos e alcalinos, de idades que variam do Proterozóico Inferior até o Cretáceo Inferior, que se encontram encaixados em rochas graníticas, tais como o Complexo Gabro Anortosítico do Cunene (constituído por rochas anortosíticas, hornblenditos e peridotíticas) e o Maciço Alcalino Vulcânico (composto por riólitos, dacitos, basalto e basalto olivínico) localizados na região sudoeste. A presença de rochas com composições variadas possibilita o seu uso como remineralizadores de solos, uma vez que representam uma imensa combinação mineralógica formando um “banco” de macronutrientes e de micronutrientes benéficos ao desenvolvimento das plantas. O uso de rochas moídas para remineralizar solos degradados ou intemperizados é o principal pressuposto da tecnologia da Rochagem, que visa melhorar a fertilidade dos solos. O objectivo desse trabalho é propor o uso de remineralizadores visando melhorar a fertilidade dos solos em Angola, bem como ampliar a oferta de alimentos no País. O estudo de caso considerou rochas da região de Cunene e resultou em uma proposta de uso desse potencial geológico para remineralizar os solos por meio do uso de rocha moída.

**Palavras-chave:** Rochagem, Remineralizadores, Insumo, Agricultura

**Abstract:** Angola beholds immense geodiversity, which ensures a spectrum of possibilities for use of its mineral resources. Among these possibilities are the ultrabasic and alkaline masses, with a range of ages from the Lower Proterozoic to the Lower Cretaceous, which are embedded in granitic rocks, such as the Gabbro Anorthositic Complex of Cunene (constituted by anorthositic, hornblendite and peridotitic rocks) and the Volcanic Alkaline Massif (composed of rhyolites, dacites, basalt and olivine basalt) located in the southwest region. The presence of rocks with varied compositions makes it possible to use them as soil remineralizers, since they represent a big mineralogical combination forming a “bank” of macronutrients and micronutrients beneficial to the development of plants. The use of crushed rocks to remineralize degraded or weathered soils is the main assumption of Stonemeal technology, which aims to improve soil fertility. The objective of this work is to propose the use of remineralizers in order to improve soil fertility in Angola and expand the food supply in the country. The case study considered rocks samples from Cunene region and resulted in a proposal to use this geological potential to remineralize the soils through the use of ground rock.

**Keywords:** Stonemeal, Remineralizers, Input, Agriculture.

## INTRODUÇÃO

Angola é País com grande diversidade geológica, o que favorece a exploração mineral. Possui grande parte do seu Produto Interno Bruto (PIB) centrado na exploração de petróleo, em um modelo que privilegia as grandes corporações internacionais do sector (Rodrigues, 2013). Segundo o relatório de Análise da Conjuntura Económica e Financeira do 1º semestre de 2019 (Angola, 2019), o País teve sua maior arrecadação a partir dos seguintes sectores: energia (26,02%), comércio (15,97%) e diamantes e outros serviços (6,07%). A concentração na exploração de recursos naturais, cujos preços são regulados pelo mercado internacional, coloca o País em uma situação de desvantagem, já que as principais fontes de receitas ficam reféns de flutuações de preços arbitrados internacionalmente. China e Portugal são seus principais parceiros comerciais.

A produção de alimentos para uma população de mais de 32 milhões é outra fragilidade Angolana, uma vez que uma parte considerável dos produtos são importados com recursos derivados da exportação de petróleo. Segundo a FAO, cerca de 54% da população ainda vive em áreas rurais. Nesse sentido, é necessário encontrar mecanismos que garantam renda e alimentos para este grande contingente da população, que em muitos casos, vive abaixo da linha da pobreza.

Um País tão rico, do ponto de vista de recursos naturais, não pode permitir que sua população não se beneficie da exploração desses recursos. Ampliar as políticas públicas relacionadas à produção de alimentos fortalecerá a segurança alimentar e nutricional do seu povo e resultará em ganhos expressivos na renda da população rural e na produção de alimentos, bem como na diminuição dos gastos com a importação de fertilizantes solúveis, dos quais Angola é 100% dependente.

Considerando estes vários aspectos, este trabalho, que faz parte de uma parceria entre a Universidade Agostinho Neto e a Universidade de Brasília, sugere a adopção de rotas de produção que envolvam o sector mineral e o agrícola. O fio condutor da proposta está relacionado ao uso de subprodutos da mineração para fertilizar os solos intemperizados, onde vive a grande maioria da população rural. Trata-se do uso da tecnologia da Rocha-gem, que segundo Leonardos et al. (1976) e Carvalho et al. (2018) pode suprir de forma adequada a oferta de macro e micronutrientes aos solos, uma vez que a adição de determinados tipos de rochas que contenham uma mineralogia de carácter mais alcalino tende a enriquecer o solo e recondicioná-lo química e, eventualmente, fisicamente. Theodoro e Leonardos (2006) sugerem que o uso de tais materiais possibilita o rejuvenescimento de solos empobrecidos quimicamente ou lixiviados e fundamenta-se na busca do equilíbrio da fertilidade. Esses insumos podem estar disponíveis localmente e são mais baratos que os fertilizantes importados (MANNING & THEODORO, 2018).

Portanto, este trabalho apresenta os resultados preliminares de um estudo de caso que investiga o potencial de algumas rochas que pertencem ao Complexo Gabro-Anortosítico do Cunene, aos diques de doleritos da zona de Chibia e as rochas ácidas de composição riodacítica, bem como de basaltos toleíticos da bacia do Namibe. A Figura 01 apresenta a localização da área de estudo.



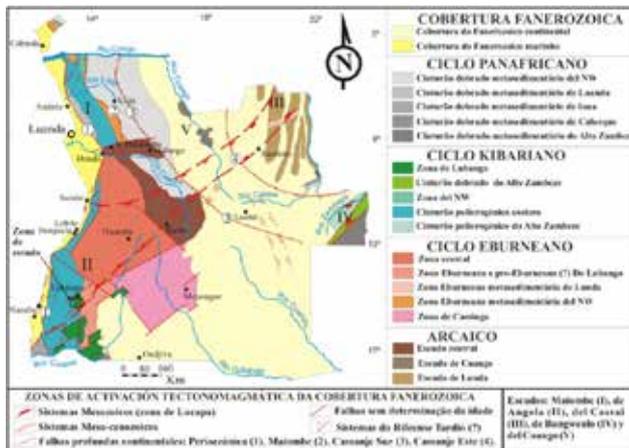
**Figura 01:** Mapa de localização da área de Estudo (província do Namibe e Huila, SW de Angola)

Fonte: Google Earth

## GEOLOGIA REGIONAL

O Complexo Gabro Anortosítico do Cunene (CGAC) está localizado nas províncias da Huíla e Cunene, no SW de Angola, em uma área de 15.000 km<sup>2</sup>, com afloramentos de cerca de 3 a 5 km de largura e com uma extensão em torno de 300 km, de direcção norte-sul, desde a região de Quipungo até ao rio Cunene. As rochas vulcânicas encontram-se desde o rio Giraúl ate comuna do Bentiaba, na província do Namibe, ao longo da margem continental numa extensão de mais de 100 Km, em direcção à região Norte de Angola (Figura 02).

O CGAC está dividido em dois ambientes com base na diferença do conteúdo de anortite, sendo separados por um cinturão de granitos tipo A (granitos vermelhos tipo da Matala) e riólitos porfiríticos. Esse Complexo é constituído por anortositos maciços de granulação média a grossa (cerca de 90%) e anortositos bandados de granulação fina. Na borda contínua do CGAC, junto às rochas encaixantes, ocorrem diques de doleritos de granulação fina e composição heterogénea (variam entre microgabros olivínicos a microgabros com ortopiroxena e/ou microgabros com anfíbola), estando, provavelmente, ligados à sua implantação.



**Figura 02:** Mapa geológico e principais unidades geotectónicas de Angola.

**Fonte:** Modificado a partir de Serviço Geológico de Angola (1983), Araújo et. al. 1998.

Na bacia Cretácica do Namibe ocorrem episódios vulcânicos, de idade Mesozóica (130 Ma), concentrados ao longo da margem continental, constituídos por riólitos, rioladacitos e basaltos, delimitando o contacto com rochas do soco cristalino com essa Bacia (MARZOLLI et al., 1999). Essas rochas possuem quantidades apreciáveis de minerais zeolitizados. Na província do Namibe, ocorrem cones vulcânicos e alguns derrames de basaltos porfíricos com fenocristais de olivina, registando-se em alguns deles, a presença de xenólitos do manto, tais como hawaiiites, basaltos alcalinos e basanitos.

### REMINERALIZADORES DE SOLO

A utilização de pó de rocha (também conhecido como fari-nhas de rocha ou remineralizadores) é destinada sobretudo ao rejuvenescimento ou remineralização de solos empobrecidos quimicamente (como aqueles que ocorrem em regiões tropicais) ou degradados pelo uso inadequado. Essa técnica de fertilização também pode ser entendida como uma espécie de banco de nutrientes de baixa dissolução, ao qual as plantas recorrem à medida que seu desenvolvimento o exija (THEODORO et. al., 2010).

O uso de de rochas moídas foi inicialmente proposto por Hensel (1898). Pães de Pedra sintetiza as suas ideias, onde foi sugerido que as rochas moídas poderiam suprir da quantidade de nutrientes que as plantas precisavam para se desenvolver, sem causar danos ao solo. Porém, nesta mesma época Liebig defendia que a quantidade de determinadas substâncias químicas adicionadas ao solo garantiria incrementos na produção. Ele desconsiderava totalmente a importância da matéria orgânica. Para ele a resposta das plantas dependeria de uma quantidade mínima disponível de determinados elementos químicos para seu crescimento. Essa teoria é conhecida como lei do mínimo e foi o factor que impulsionou a criação e difusão das formulações NPK de forma solúvel, que permitiu a abertura do mercado de fertilizantes no mundo (ROCHA, 2006).

Ocorre que estas formulações foram pensadas para os solos temperados Europeus, bastante distintos dos solos tropicais, como é o caso de Angola e de grande parte do Brasil. Porém, o grande poder do mercado de fertilizantes associado a necessidade de ampliar a produção de alimentos levou o mundo todo a ser dependente de poucos países que detêm as principais jazidas de potássio, fósforo e compostos nitrogenados. Para muitos autores, incluindo Theodoro e Leonardos (2006), Gliemann (2001) entre outros, este modelo traz grandes impactos ambientais e económicos para grande parte dos países produtores.

Recentemente, e em especial no Brasil, os pressupostos de Hensel foram resgatados com vistas à obtenção de soberania alimentar e, também, como forma de tornar a produção agrícola menos impactante, do ponto de vista económico e ambiental. As primeiras propostas de uso de pós de rocha são da década de 1950 (GUIMARÃES e ILCHENKO, 1953). Desde a década de 1970, Leonardos, et. al. (1976) e Leonardos, Fyfe e Kromberg (1987) vêm sugerindo o uso de rochas moídas para aumentar a oferta de nutrientes nos solos lateríticos de países tropicais. Mas foi a partir do início deste século que o tema ganhou força e muitos pesquisadores (THEODORO 2000, THEODORO e LEONARDOS 2006, THEODORO et. al., 2013 E 2015, CARVALHO, 2012 entre outros) mostram que essa alternativa tecnológica é cada vez mais adequada para países com grande diversidade geológica e que sejam produtores de alimentos e commodities. Para estes pesquisadores a existência de rochas com uma ampla diversidade geoquímica e mineralógica pode suprir adequadamente a demanda por potássio, fósforo, cálcio, magnésio e vários micronutrientes para fertilizar os solos, conforme prevê da tecnologia da Rochagem.

Essa tecnologia ou prática agrícola pode ser considerada como base fundamental para a recuperação dos solos degradados ou empobrecidos quimicamente, pois tem como principal finalidade auxiliar os agricultores na reconstrução da fertilidade, restituindo os constituintes minerais já lixiviados ou exauridos pelo uso excessivo ou pelo tempo, de forma que se possa obter uma produção de alimentos de melhor qualidade, a custos mais baratos e atendendo aos princípios da segurança alimentar (KROMBERG et al., 1987; SILVA et al., 2008, THEODORO, 2000, THEODORO E LEONARDOS 2006 e 2015, ROCHA, 2006, Van STRAATEN 2007 e CARVALHO et. al., 2018). Outra vantagem do uso de rocha moída refere-se à possível reestruturação física dos solos, já que um gradiente granulométrico diverso (entre 0,3 a 4,0 mm) permite uma melhor circulação dos fluidos entre os espaços porosos bem como sua aeração.

Os materiais derivados de rochas moídas (remineralizadores) possuem baixa solubilidade. Apesar disso, os resultados em várias pesquisas e uso comercial mostram que a produtividade é comparável aquelas obtidas com os fertilizantes solúveis convencionais (NPK). Epstein e Bloom (2006) mencionam que as plantas não exigem altas concentrações de nutrientes, como as que são encontradas nas formulações usuais de fertilizantes. Segundo esses autores inúmeros estudos mostram que as plantas absorvem os nutrientes até a faixa de 0,1 ppm de potássio, de fósforo e de nitrogénio em seus tecidos, o que

os leva a enfatizar que a taxa de suprimento de nutrientes é mais importante que a concentração dos mesmos. Essa afirmação reforça a visão de que os remineralizadores comportam-se como um banco de nutrientes, do qual as plantas vão se utilizando na medida do necessário (THEODORO, et al., 2013). Além disso, Melahmed et al. (2009) informam que a baixa solubilidade dos pós de rocha pode promover o aumento da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) dos solos, devido à neoformação de minerais de argila durante o processo de alteração das rochas.

Carvalho (2012) lembra que muitos dos autores que obtiveram resultados desfavoráveis em suas pesquisas, partiram de pressupostos equivocados (experimentos de curta duração, solos com pouca ou nenhuma actividade microbiana e granulometria inadequada dos materiais testados). A observância desses três factores é determinante para obtenção de resultados positivos. Tanto importante quanto o range granulométrico, a presença de microrganismos nos solos é um aspecto fundamental para favorecer a interação das rochas com os ácidos orgânicos derivados de diversas fontes.

Segundo Hinsinger et al. (2001) os ácidos produzidos pelas raízes podem afectar directamente a dissolução das fases sólidas dos minerais silicatados. Carvalho (2012) concluiu que o papel dos fungos é significativamente importante na microbiota dos solos, já que esses organismos são, frequentemente, os componentes maioritários da biomassa microbiana em ecossistemas agrícolas. Ele menciona que as plantas e os fungos controlam a libertação de exudatos na micorrizosfera e podem favorecer o crescimento de outros microrganismos do solo, elevando a biomassa microbiana.

Portanto, é importante entender que os remineralizadores apresentam resultados mais significativos quando associados a fontes orgânicas, para que a disponibilização de nutrientes e a interação com os fluídos do solo sejam mais eficazes. Mas é fundamental a compreensão de que o uso ou o estímulo à libertação de nutrientes faz parte de um conjunto de estratégias relacionadas ao manuseamento da fertilidade dos agroecossistemas. Outro ponto importante diz respeito ao facto de os remineralizadores não são uma fonte de nutrientes que tem o objetivo de substituir os fertilizantes industriais de alta solubilidade (Theodoro et al. 2012).

Para Theodoro e Leonardos (2015), o uso de rochas moídas, como remineralizadores de solo, têm produzido resultados significativos e vantajosos, entre os quais destacam: (i) os custos de aquisição são muito menores e seu efeito se estende por longo período (até quatro ou cinco anos consecutivos); (ii) os níveis de fertilidade nos solos são crescentes (em especial a oferta de P, K, Ca e Mg) após a aplicação de rocha em pó; (iii) o rendimento esperado pode ser comparável aos obtidos pela fertilização convencional, em alguns casos até melhores dependendo do tipo de remineralizador, forma de aplicação, quantidade de elementos disponíveis etc., (iv) as raízes das plantas são mais desenvolvidas do que nas plantas que recebem a adubação química, provavelmente devido à oferta de multinutrientes e à redução da toxidez de alumínio e correção do pH; (v) o teor de umidade é maior nas áreas onde se apli-

cam os remineralizadores, mostrando que os mesmos possuem grande capacidade de retenção de água; (vi) as plantas mostram maior quantidade de massa verde, são mais exuberantes e apresentam maior perfilhamento; (vii) a aceleração do ciclo produtivo da planta foi observada em alguns casos; (viii) não ocorre contaminação ou eutrozação dos recursos hídricos já que os pós de rocha apresentam solubilidade gradual, ao contrário dos fertilizantes convencionais; e (ix) atende aos padrões requisitos exigidos de insumos utilizados pela agricultura orgânica.

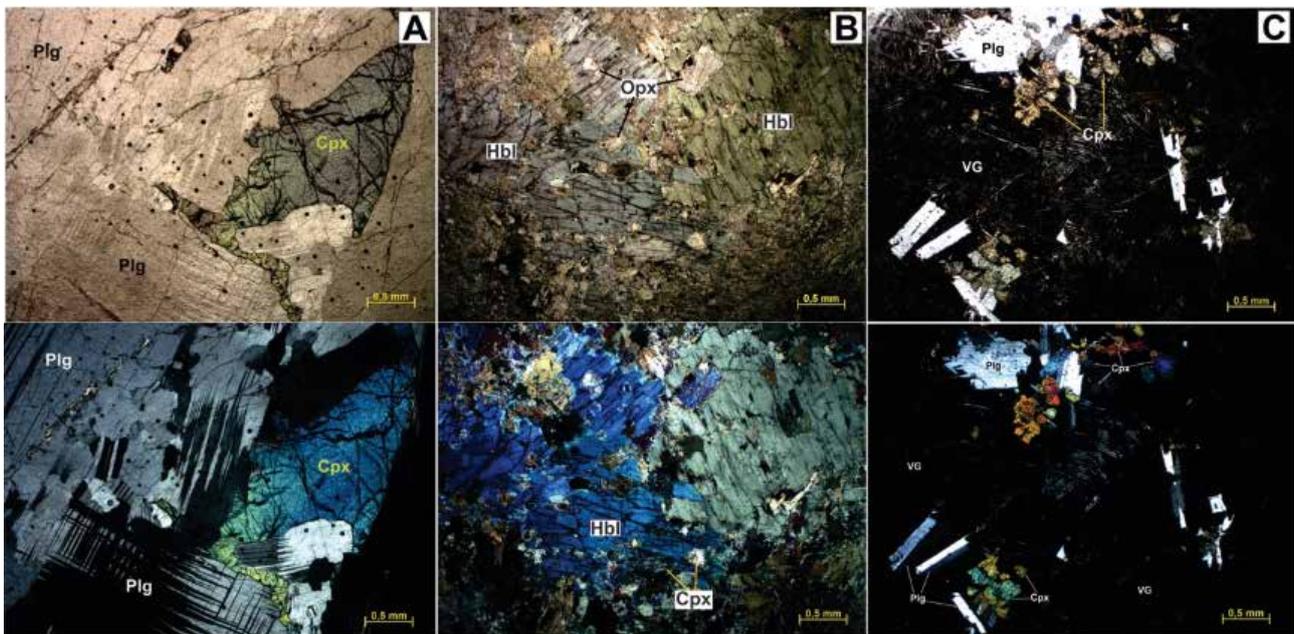
Adicionalmente, é importante destacar que existem alguns condicionantes para o uso de rochas moídas: (i) o material deve conter quantidades e garantias mínimas de macronutrientes (a presença de micronutrientes também é desejável e importante); (ii) o material não deve possuir contaminantes e; (iii) o material deve estar disponível na própria região (caso contrário, o custo do transporte inviabiliza sua aplicação).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo considerou amostras de rocha representativas da geologia relativa ao Complexo Gabro Anortosítico, bem como aquelas presentes na Bacia do Namibe, onde foram colectadas três amostras. Foram confeccionadas lâminas delgadas de amostras de hornblendito, anortosito e basalto. As análises petrográficas foram efetuadas no laboratório de microscopia da Universidade de Brasília, utilizando o microscópio ZEISS Imager A2m Axio. As análises químicas foram feitas no laboratório SGS Geosol (Brasil), onde foram fundidas por tetraborato de lítio e analisadas por fluorescência de raios-x para detecção de elementos maiores (nesse caso macronutrientes); e submetidas a digestão por água-régia e analisadas por espectrometria de emissão óptica (ICP-OES), de massa (ICP-MS) e de absorção atômica (ASS) para detecção de elementos menores (nesse caso micronutrientes) e elementos potencialmente tóxicos (EPT). Posteriormente, fez-se a comparação dos resultados dessas análises para averiguar o potencial litoquímico e mineralógico dessas rochas como remineralizadores de solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O anortosito apresenta coloração cinza, estrutura isotrópica e granulação grossa, sendo constituído por cristais de plagioclase (An78 a An85) e clinopiroxênio. Os cristais de plagioclásio (~ 90 a 95%) são subeuédricos a euédricos, inequigranulares e apresentam baixa a média densidade de fracturas (Fig. 3-A). Os cristais de clinopiroxênio são anédricos, inequigranulares (variando de 0,04 a 5,5 mm) e possuem alta densidade de microfaturas. O hornblendito possui coloração verde escuro, estrutura isotrópica e granulação média a grossa (Fig. 3-B). É constituído por cristais de hornblenda, clinopiroxena, ortopiroxena, biotite, magnetite e ilmenite. Os cristais de hornblenda (~88 a 93%) são anédricos a euédricos, inequigranulares, sendo os cristais de granulação grossa predominantes. Os cristais de ortopiroxena e clinopiroxena (~ 10%) são euédricos e inequigranula-



**Figura 03:** Fotomicrografias a nicóis paralelos e cruzados das amostras de anortosito [A], hornblendito [B] e basalto porfirítico [C]. As abreviações “Plg”, “Cpx”, “Opx”, “Hbl” e “VG” referem-se a plagioclase, clinopiroxena, ortopiroxena, hornblenda e vidro vulcânico, respectivamente.

res, com tamanhos entre 0,4 a 1,6 mm de comprimento e comumente encontram-se inclusos nos cristais de hornblenda (textura poiquilítica). Cristais de biotite apresentam-se intemperizados e compõem cerca de 3% da rocha. O basalto porfirítico apresenta coloração preta, estrutura maciça e hipovítrea (maior proporção de vidro vulcânico em relação ao material cristalino). Apresenta aglomerados de fenocristais subcentimétricos de plagioclase (An48 a An55), clinopiroxena e magnetite imersos em matriz vítrea. A porção vítrea representa em torno de 70% da rocha e também apresenta finos cristais aciculares de plagioclase e piroxena. Os cristais de plagioclase, clinopiroxena e magnetite ocorrem aglomerados (Fig. 2-C), são anédricos a euédricos e inequigranulares.

A geoquímica revelou que são rochas com concentrações significativas dos principais macro e micronutrientes, conforme Tabela 01. Dentre as três rochas máficas analisadas, o hornblendito foi a que mostrou maior potencial, devido ao diferencial no conteúdo de  $K^2O$  (3,3%), hospedado na biotite. O basalto e anortosito têm boas chances de converterem-se em remineralizadores de solo. Porém, recomenda-se

o uso de um blend com as rochas graníticas encaixantes, o que aumentaria a disponibilidade de potássio.

A tabela 01 mostra os valores dos constituintes (macronutrientes) e alguns dos mais importantes micronutrientes para o pleno desenvolvimento das plantas. Portanto, essas rochas apresentam um potencial para uso que visa a alteração da fertilidade dos solos. Essa acção seria especialmente viável a partir do uso dos subprodutos de minerações que já estejam processando as rochas para diversos fins. Complementarmente aos resultados da Tabela 01, são mencionados os teores de  $SiO^2$  varia de 49,4% (Anortosito) a 60,7% (Hornblendito), de  $Al^2O^3$  varia de 4,41% (Basalto) a 28,1% (Anortosito) e de  $Fe^2O^3$  variando de 3,14% (Anortosito) a 13,3% (Basalto).

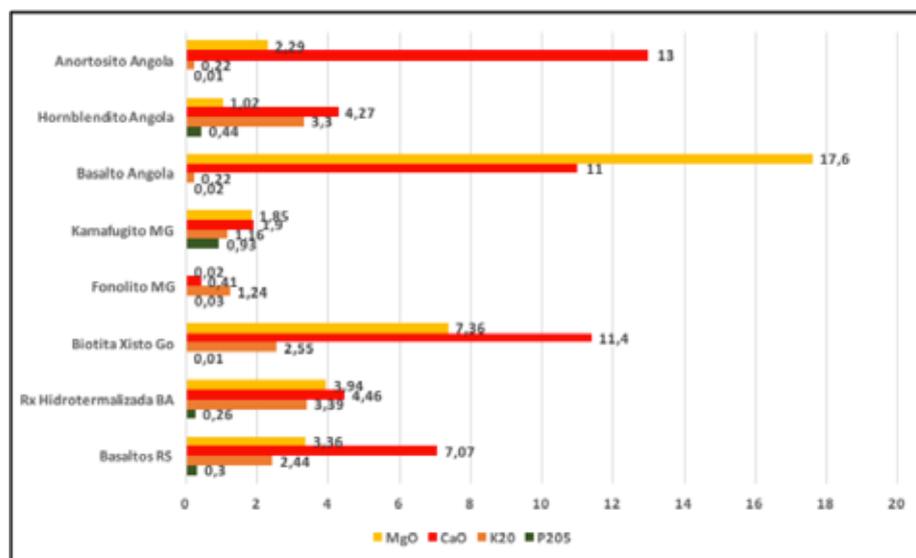
A título de comparação o Gráfico 01 apresenta os teores dos quatro principais macronutrientes ( $K^2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  e  $P^2O^5$ ) encontrados nas amostras analisadas e provenientes do Complexo Gabro Anortosítico de Cunene, em relação a algumas rochas Brasileiras que já vêm sendo utilizadas como remineralizadores de solo.

**Tabela 01.** Composição química das três rochas do CGAC

Rochas	Macronutrientes				Micronutrientes				EPT			
	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Co	Cu	V	Zn	As	Hg	Cd	Pb
	..... % .....				..... ppm .....							
<b>Hornblendito</b>	4,27	1,06	0,14	3,3	44	93,4	4	98	<1	0,15	0,09	2,4
<b>Anortosito</b>	13	2,61	0,014	0,2	71,2	8,9	6	20	<1	0,1	0,03	0,4
<b>Basalto</b>	11	17,6	0,028	0,22	44,7	110,2	29	9	<1	0,12	0,02	0,4

\*Elementos Potencialmente Tóxicos

**Gráfico 01** – Comparação dos teores (%) dos quatro principais macronutrientes (K<sup>2</sup>O, CaO, MgO e P<sup>2</sup>O<sup>5</sup>) em rochas do CGAC e rochas Brasileiras



**OBS:** os dados das rochas Brasileiras fazem parte da pesquisa desenvolvida, no Brasil, pela 2ª autora

A partir das informações do gráfico é possível averiguar que as amostras do CGAC mostram teores mais expressivos, especialmente de CaO e MgO e, eventualmente de K<sup>2</sup>O, quando comparadas algumas rochas já registradas no Brasil para uso como remineralizadores de solo. Esse aspecto, sugere que as rochas analisadas poderão ter uma grande capacidade para uso agrícola.

Mas, para além da geoquímica, a petrografia das rochas pertencentes ao CGAC mostrou que a composição mineralógica é bastante favorável ao uso desses materiais geológicos para remineralizar os solos de Angola. Chama a atenção o facto dessas amostras conterem cristais com muitas microfraturas, o que eventualmente facilitaria tanto a sua cominuição como aceleração dos processos bio-intempéricos. No entanto é importante advertir que o uso do pó de anortosito exige atenção, uma vez que pode haver neoformação de gibbsite em maiores proporções: plagioclase mais cálcios dissolvem mais rápido e apresentam maior teor de Al<sup>2</sup>O<sup>3</sup> (BRANTLEY e OLSEN, 2014, entre outros). Assim, recomenda-se a mistura com outras rochas contendo silicatos de potássio, cálcio e/ou magnésio para neoformação, em maior proporção, de argilominerais de estrutura 2:1.

No entanto é fundamental que se alerte que tais subprodutos precisam passar por um rigoroso controlo para que se conheça o seu potencial ou suas limitações. A união do sector mineral com o sector agrícola precisa estar respaldada em garantias de qualidade dos produtos, pois do contrário, ao invés de criar elos ou soluções possíveis, o uso de materiais inadequados pode causar problemas de contaminação de solos e alimentos.

No Brasil, como forma de proteger o meio ambiente, os produtores e os consumidores, foi editada a Lei nº

12.890/2013 que definiu remineralizador de solo como “material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo”.

Subsequentemente a Instrução Normativa nº 05/2016 estabeleceu os conceitos, garantias mínimas (soma de bases: K<sup>2</sup>O+CaO+MgO ≥ 9%, sendo que K<sup>2</sup>O ≥ 1%) e percentagem máxima de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT), bem como a quantidade máxima permitida de quartzo (SiO<sub>2</sub> livre ≤ 25%) permitida nos materiais geológicos comercializados como

remineralizadores de solo. Este arcabouço legal assegura que materiais que não atendam a essas condicionantes não podem ser comercializados, sob pena de não serem eficazes, ou mesmo, serem prejudiciais aos solos.

Destaca-se, ainda, que existem outras áreas em Angola, onde a presença de rochas de composições mineralógicas diversas (muitas ultrapotássicas) apresentam características adequadas para uso agrícola. Theodoro, et al. (2013) mencionam as rochas que compõem o rift de Lucapa, que praticamente corta o País no sentido NE-SW. Nessa região, segundo Lopes (2018) e Araújo et. al (1998), ocorrem corpos kimberlíticos, rochas alcalinas, ultrabásicas e carbonatitos, que representam a transição entre o Cretáceo Inferior e o Superior, e que marcaram a ativação tectono-magmática da Plataforma Africana. Para Gonçalves (2008), o rift de Lucapa teve sua origem ligada à compartimentação fanerozóica, e resultou da ruptura do cratão do Congo, durante o Cretáceo Inferior, vinculado aos processos de rifteamentos continentais relativos à abertura do Atlântico Sul, que determinam o aparecimento de uma série de fossas e lineamentos tectónicos, que atravessam Angola na diagonal.

Para esse autor, nesse estágio extensional foi gerado o actual litoral Africano. As falhas associadas a esse processo são de direcção aproximadamente N-S e compartimentam uma série de blocos que dão origem a um conjunto de bacias marginais na borda atlântica do cratão. Essas bacias são preenchidas com materiais sedimentares marinhos que compõem as bacias mesocenozóicas das Depressões Periatlânticas, com sedimentação de plataforma. Dentre essas cita-se os fosforitos no norte de Angola (províncias de Cabinda e Zaire), do Cretáceo

superior ao Quaternário, associados a falha perioceânica que corta transversalmente o Rift do Lucapa. São compostos por concreções fosfatadas e grãos de fluorapatite com teores médios que variam de 8,7% a 28% de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup>.

Muitas dessas rochas são utilizadas para vários fins (incluindo a exploração de diamantes, pedras ornamentais e fabricação de fertilizantes). Coincidentemente esses locais são também ocupados por agricultores com diferentes perfis socioeconômicos. O uso de subprodutos dessa atividade mineral poderia se converter em inúmeros Arranjos Produtivos Minerário-Agrícolas (Cluster), beneficiando um grande contingente de agricultores e, em última instância, o País.

## CONCLUSÕES

O uso de remineralizadores de solo tem apresentado uma série de resultados positivos e sinaliza como uma opção para a obtenção de produções agrícolas mais sustentáveis. Além de produtividades compatíveis ou equiparáveis àquelas obtidas com o uso dos fertilizantes convencionais, a técnica da Rochagem sinaliza para a utilização de materiais disponíveis local ou regionalmente. Para além disto, e considerando a realidade de Angola, pode-se converter em uma ótima rota tecnológica aliando dois sectores que, tradicionalmente, não possuem interação: mineração e agricultura. O problema de um (excesso de rejeitos) pode-se transformar em solução para o outro (fertilizantes/insumos).

Portanto, a disponibilidade de materiais geológicos de composições variadas, em especial na região sudoeste de Angola, e que foi confirmado pelas análises de química total e petrografia de amostras representativas dessa área, este trabalho recomenda, ainda que preliminarmente, o uso de parte dessas rochas para melhorar o perfil de fertilidade dos solos de Angola. Essa acção fortalecerá a agricultura do País, em especial os mais de 50% da população que ainda vive em áreas rurais e que necessitam de apoio e novas opções tecnológicas para melhorar seu perfil produtivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANGOLA - Análise da Conjuntura Económica e Financeira 2019. <https://www.bna.ao/uploads/%7B-75f27bb9-6d02-43e2-9ab5-d57d019de798%7D.pdf> Araújo, A.G., Perevalov, O.V., Jukov, R.A. Carta Geológica de Angola. Escala 1:1000 000. 1988. Instituto Nacional de Geologia. Angola.
- [2] Carvalho, H., Alves, P. The precambrian of SW Angola and NW Namibia. General remarks. Correlation analysis. Economic geology. Comunicações Instituto Investigação Científica Tropical 4, 38. 1993.
- [3] Carvalho, A. M. X, Cardoso, I. M., Souza, M.E.P De E Theodoro, S. H. Rochagem: o que se sabe sobre essa técnica? In: Cardoso, I. M. E Fávero, C. Solos e Agroecologia. Ed. Embrapa. Brasília. ISBN:

978-85-7035-774-8 p 101 -128. 2018

- [3] Epstein, E.; Bloom, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Editora Planta, p.169-201. 2003.
- [4] Gliessmann, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 658 p. 2001.
- [5] Hinsinger, P., Barros, O. N. F., Benedetti, M. F., Noack, Y. E Callot, G. Plant-induced weathering of a basaltic rock: Experimental evidence. *Geochemistry at Cosmochimistry Acta*. Vol. 65, No. 1, pp. 137-152, 2001
- [6] Ilchenko, W & Guimarães, D. Sobre a utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do Planalto de Poços de Caldas. MG. Inst. Tecn. Avulso. 15. 16p, 1953.
- [7] Kronberg, B. I., Leonardos, O.H., Fyfe, W.S. The Use of Ground Rocks in Laterite Systems: an Improvement to the Use of Conventional Soluble Fertilizers. *Chemical Geology*, n. 60, p. 361 - 370. 1987.
- [8] Leonardos, O.H.; Fyfe, W.S.; Kronberg, B.I. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. *Anais 29 Cong. Brasil. Geol, BH*, 1976.
- [9] Manning, D. E Theodoro, S. H. Enabling food security through use of local rocks and minerals. *The Extractive Industries and society*. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.11.002> . 2018
- [10] Melamed, R., Gaspar, J.C.; Miekeley, N. Pó de rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentável. In: LAPIDO LOUREIRO, F.E et al. (Eds). *Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade*. Rio de Janeiro/Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, p.385-396. 2009.
- [11] Pereira, E., Tassinari, C.C.G., Rodrigues, J.F., Van-Dúnem, M.V., 2011. *New data on the deposition age of the volcano-sedimentary Chela Group and its Eburnean basement: implications to post-Eburnean crustal evolution of the SW of Angola*. *Comunicações Geológicas*, 98, 29-40.
- [12] Rocha, E. L. P. Agroflorestas sucessionais no assentamento Fruta D'Anta/MG: potenciais e limitações para a transição agroecológica. 142p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2006 Disponível: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2204/1/2006\\_Eduardo%20Jorge%20Pino%20Lyra%20Rocha.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2204/1/2006_Eduardo%20Jorge%20Pino%20Lyra%20Rocha.pdf)
- [13] Rodrigues, R. D. Sonangol - o petróleo e a estratégia de desenvolvimento económico em Angola. Dissertação de Mestrado na Universidade Aberta Mestrado Em Gestão/MBA. 2013. [https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2823/1/TMG/MBA\\_RuiRodrigues.pdf](https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2823/1/TMG/MBA_RuiRodrigues.pdf).
- [14] Theodoro, S. H. A. Fertilização da Terra pela Terra: Uma Alternativa de Sustentabilidade para o Pequeno Produtor Rural. Tese de doutorado. UnB, 231 p. 2000 <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20881>

- [15] Theodoro, S. H. E Leonardos, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. *Anais Acad. Bras. de Ciências*. Rio de Janeiro. Vol.78 nº 4 p: 715-720. 2006.
- [16] Theodoro, S. H., Tchouankoue, J. P., Gonçalves, A. O., Leonardos, O. H & Harper, J. A *Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais*. *Revista Brasileira de Geografia Física* 06. pp. 1390-1407. 2012 <http://www.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/520/363>
- [17] Theodoro, S. H.; Leonardos, O. H. Rochagem: uma questão de soberania nacional. *XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Simpósio Geoquímica dos Países do Mercosul, Gramado/RS/Brasil 2011*. Disponível: [https://www.researchgate.net/publication/265509414\\_ROCHAGEM\\_UMA\\_QUESTAO\\_DE\\_SOBERANIA\\_NACIONAL](https://www.researchgate.net/publication/265509414_ROCHAGEM_UMA_QUESTAO_DE_SOBERANIA_NACIONAL)
- [18] Theodoro, S. H.; Leonardos, O. H. Stonemeal: principles, potential and Perspective from Brazil. In: Goreau, T. J., Larson, R. W. And Campe, J. *Geotherapy: Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO2 increase*. CRC Press. 403-418. 2015.
- [19] Van Straaten P. (2007). *Agrogeology: The use of rock for crops*. Enviroquest Ltd., Cambridge, Canadá, 440 p.



Foto: DR