

# Caracterização Litoquímica e Petrográfica de Riodacitos Vítreos Mineralizados com Ametista no RS: Possíveis Fontes de Potássio e Multinutrientes para Remineralização de Solos.

Bergmann, M. <sup>1</sup>; Juchem, P.L.<sup>2</sup>; Petrolli, L.<sup>2</sup>; Sander, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CPRM-Serviço Geológico do Brasil [magda.bergmann@cprm.gov.br](mailto:magda.bergmann@cprm.gov.br);  
[andrea.sander@cprm.gov.br](mailto:andrea.sander@cprm.gov.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul [labogem@ufrgs.br](mailto:labogem@ufrgs.br)  
[larissapetrolli04@gmail.com](mailto:larissapetrolli04@gmail.com)

## RESUMO

As jazidas de ametista do Rio Grande do Sul ocorrem predominantemente em basaltos, mas nas regiões de Caxias do Sul, Nova Bréscia, Fontoura Xavier e Progresso, são conhecidos depósitos dessa gema encaixados em riodacitos vítreos, associados a rochas hipocristalinas afaníticas a afíricas. As jazidas são explotadas por atividade garimpeira intermitente, como complemento da agricultura familiar. As sucessivas etapas de retomada dos garimpos geram pilhas desorganizadas, que, no entanto, têm volume expressivo, já que a atividade se desenvolve há várias décadas. Este trabalho tem por objetivo caracterizar química e petrograficamente as rochas envolvidas nas lavras de ametista em rochas ácidas, quanto ao seu potencial como remineralizadores de solos. Dentre 30 amostras de rocha analisadas, foram selecionadas 14 que cumprem ou se aproximam do parâmetro Soma de Bases (SB) estabelecido pela IN MAPA 05/2016 e que podem ser consideradas fontes de K, Ca, SiO<sub>2</sub> e Fe. Todas as amostras apresentam teores de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) dentro dos limites propostos na referida normatização e o seu caráter vítreo a hipocristalino agrega um grande potencial de reatividade em solos. Análises de bancos de dados litoquímicos revelam que são bastante raras as rochas de afiliação ácida da Formação Serra Geral que apresentam SB>9%. Várias rochas vitrofíricas presentes ou intercaladas nos derrames mineralizados, contam com teores de K<sub>2</sub>O suficientemente elevados para possibilitar a composição de misturas com outras rochas. As restrições ao uso destes materiais podem estar ligadas ao conteúdo de quartzo, mineral inerte. O emprego destas e de outras rochas em práticas agrícolas deve ser validado por testes agronômicos que comprovem sua eficiência.

## INTRODUÇÃO

As rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná-Etendeka integram uma das maiores províncias de vulcanismo de platô conhecidas, com destaque entre as grandes províncias ígneas do mundo. A sequência de lavas e corpos hipoabissais do grupo Serra Geral, encontra-se aflorante em uma superfície aproximada de 917.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelo sudeste do Brasil e Paraguai, nordeste da Argentina e oeste do Uruguai (Frank *et al.*, 2009).

O magmatismo Serra Geral tem caráter bimodal, com predomínio de composição de rochas no campo de basaltos e basaltos andesíticos da família dos tholeiítos, enquanto o vulcanismo ácido (riolitos e riodacitos) perfaz apenas cerca de 2,5% em volume e 5% em área aflorante (Nardy *et al.* 2008), distribuídos no Planalto Sul-Rio-Grandense, entre Palmas (SC) e Guarapuava (PR), e entre Pirajú e Ourinhos (SP).

Devido ao amplo emprego de rochas basálticas e dacíticas como fontes de agregados para a construção civil, os subprodutos e resíduos de produção de brita (finos de britagem) costumam estar disponíveis em muitos empreendimentos. Embora não certificados, passaram a ser empregados nas últimas décadas de maneira empírica na remineralização de solos na agricultura familiar do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Knapik, 1987; Almeida e Silva, 2009). Essas litologias vêm sendo usadas na forma de pó de rocha para recompor a fração mineral de solos empobrecidos em nutrientes, a exemplo dos latossolos evoluídos sobre as próprias rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral. O uso busca alternativa ao emprego dos fertilizantes solúveis do tipo NPK e atende tanto às normas de produção orgânica, como representa uma alternativa ao alto custo dos fertilizantes convencionais.

A inclusão recente dos remineralizadores de solos na categoria de insumos para a agricultura, através da Lei nº 12.890/2013, e da sua regulamentação pelas Instruções Normativas números 5 e 6 de 14 de março de 2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), representam um ensejo para o lançamento de produtos capazes de diminuir a grande dependência que o Brasil apresenta, enquanto país agrícola, de importações de insumos para fertilizantes.

De maneira ampla, os basaltos e dacitos da Formação Serra Geral apresentam características próprias ao emprego como pó de rocha (Bergmann *et al.* 2013), com teores não impeditivos de Elementos Potencialmente tóxicos (EPT) como As, Cd, Hg e Pb (regulados pela Instrução Normativa MAPA 05/2016). Os basaltos portam percentuais significativos de macronutrientes como Ca e Mg, com K em menor quantidade, e micronutrientes como Fe, Mn, Ni, Zn, Cu e V. Quase toda a sílica presente nos basaltos é passível de liberação no solo, uma vez que se encontra em minerais como plagioclásios e piroxênios, suscetíveis ao intemperismo.

Já os dacitos e riolitos diferem dos basaltos essencialmente pelo conteúdo maior de sílica e dos álcalis K e Na. Tendo como minerais constituintes de rocha mais comuns microfenocristais de plagioclásios sódicos e cálcicos (andesina e labradorita), além de piroxênios (augita e pigeonita), assume-se que o K e os altos teores de sílica estão na matriz vítrea, o que permite considerar essas rochas como fontes potenciais de K, Ca e Na. Nessas rochas, os teores mais elevados de sílica requerem a investigação do percentual de quartzo, mineral inerte, com limite regulado em 25% nos remineralizadores de solo (IN MAPA 05/2016).

Para ambos os termos litológicos, as rochas com maior teor de vidro apresentam um diferencial de reatividade em solos, uma vez que o vidro vulcânico, material sem estrutura cristalina, se degrada com relativa rapidez em solos. Para os dacitos, em particular, as características estruturas de resfriamento rápido e texturas semi-vítreas e granofíricas (Nardi *et al.* 2008, dentre outros) apontam para um maior potencial de liberação de nutrientes a partir da abertura de fases minerais mal cristalizadas.

Em suma, os basaltos, e em menor proporção os dacitos do Grupo Serra Geral, encontram-se disponíveis em áreas de produção agrícola extensiva ou familiar e os termos ácidos já contam com trabalhos de investigação do desempenho agrônômico, que evidenciam seu potencial enquanto fontes de K e sílica (Bamberg *et al.* 2011; Grecco *et al.* 2013 e 2015). Alguns processos de certificação de remineralizadores de solos já se encontram inclusive em curso no Rio Grande do Sul, incluindo rochas vulcânicas ácidas do Grupo Serra Geral. No entanto, constitui um paradoxo o fato de que as rochas vítreas, mais comuns na afiliação ácida (vitrófiros), apesar do maior potencial de reatividade em solos, permaneçam à margem deste processo. Isto se deve em parte ao fato de que estas litologias não são próprias para a indústria de agregados, e

como tal, não são encontradas como subprodutos, sendo também poucos comuns enquanto descartes de mineração.

Neste sentido, o bota-fora das lavras de ametista em riodacitos vítreos do município de Caxias do Sul e região de Progresso-Nova Brésia, representam uma oportunidade quase única de aproveitamento de vidros vulcânicos ácidos como remineralizadores de solos, uma vez que outras lavras encaixadas em vitrófiros, como as minerações de ágata da região de Salto do Jacuí, envolvem a extração de gemas em níveis de alteritos e não contam com rochas frescas em pilhas de descartes.

## MÉTODOS DE ESTUDO

Os dados petrográficos e litoquímicos aqui apresentados foram compilados de projetos de pesquisa desenvolvidos no Instituto de Geociências (IGEO) da UFRGS, que geraram diferentes trabalhos publicados, como Sirtoli et. al. (2005), Hoppe (2012), Juchem (2014) e Juchem *et al* (2015).

Nos trabalhos de campo foram coletadas amostras das rochas encaixantes dos depósitos, incluindo os níveis mineralizados e os não mineralizados. No Departamento de Mineralogia e Petrologia do IGEO/UFRGS, foram realizadas análises petrográficas macro e microscópicas de amostras representativas, com a utilização de microscópios da marca *MEIJI* modelo *ML9720* (petrografia) e da marca *Leica*, com o programa *Scion Image 1.62* (fotomicrografias digitais). Dados litoquímicos de rocha total foram obtidos em 30 amostras representativas das rochas mineralizadas e não mineralizadas, no Laboratório *AcmeLabs*, no Canadá, que utiliza as técnicas combinadas de Fluorescência de Raios-X (XRF) e Espectrometria por Indução de Plasma (ICP-MS).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Juchem (2014) e Juchem et. al. (2015), as jazidas de ametista nas rochas ácidas da região de Progresso-Nova Brésia ocorrem em cinco níveis topográficos mineralizados, enquanto que em Caxias do Sul foram identificados dois níveis mineralizados, um na localidade de Galópolis e outro em Santa Lúcia do Piaí.

Vários garimpos são explorados desde o início do século XX por moradores locais, em um trabalho que se alterna com as práticas de agricultura familiar (Ferstenseifer, 2011). Desta maneira, os sucessivos abandonos e retomadas das frentes de lavra acarretam pilhas de descartes descontínuas e pouco organizadas, que, no entanto, somam volumes expressivos, dado ao tempo envolvido na atividade, que já alcança várias décadas.

De uma maneira geral, as frentes de lavra a céu aberto envolvem áreas com dimensões variáveis (comprimentos entre 50 a 500 m) e taludes com altura que chega a 30 m (Fig. 1A). Dois garimpos desativados contam com galerias subterrâneas de 30 a 50 m de extensão, escavadas em rochas vítreas do tipo *pitchstone* (Fig. 1C e 1E).

Na região de Progresso-Nova Brésia (amostras NB), foram descritos seis garimpos, sendo identificados cinco níveis mineralizados com espessura em torno de 2,0 a 5,0 m, entre as cotas  $\pm 290\text{m}$  e  $\pm 570\text{m}$ , constituídos de uma rocha preta de aspecto vítreo a resinoso (*pitchstone*), bem preservada. Ocorrem intercaladas, rochas afaníticas a afíricas de cor cinza a cinza acastanhado, com diferentes graus de alteração e que podem conter vesículas preenchidas por calcedônia e quartzo. Identificou-se também um nível vítreo na cota  $\pm 310\text{m}$ , com aproximadamente três metros de espessura, porém sem nenhum indício de mineralização, totalizando, portanto, seis níveis vítreos na região estudada. Dentre os oito garimpos estudados, o Garimpo Zanchettin, no município de Progresso, é o único legalizado e em operação regular.

Na região de Caxias do Sul, foram descritos dois garimpos. Na localidade de Galópolis (amostras CX2), o nível mineralizado ocorre na cota  $\pm 670$ m e atinge a espessura de 20 m, enquanto que em Santa Lúcia do Piaí (amostras CX1), este nível é encontrado na altitude de  $\pm 760$  m e perfaz 15-20 m de espessura. Ambas as regiões, e em especial a última, apresentam cavas em materiais com adiantado grau de intemperismo ou desenvolvidas no próprio regolito (Fig. 1B), onde podem ser identificadas lentes e pequenos bolsões de rocha menos intemperizada, de aspecto vítreo (*pichstone*). Em Santa Lucia do Piaí, foram ainda identificadas rochas afaníticas a afíricas, por vezes com vesículas preenchidas por calcedônia e quartzo, situadas estratigraficamente acima e abaixo do nível mineralizado.



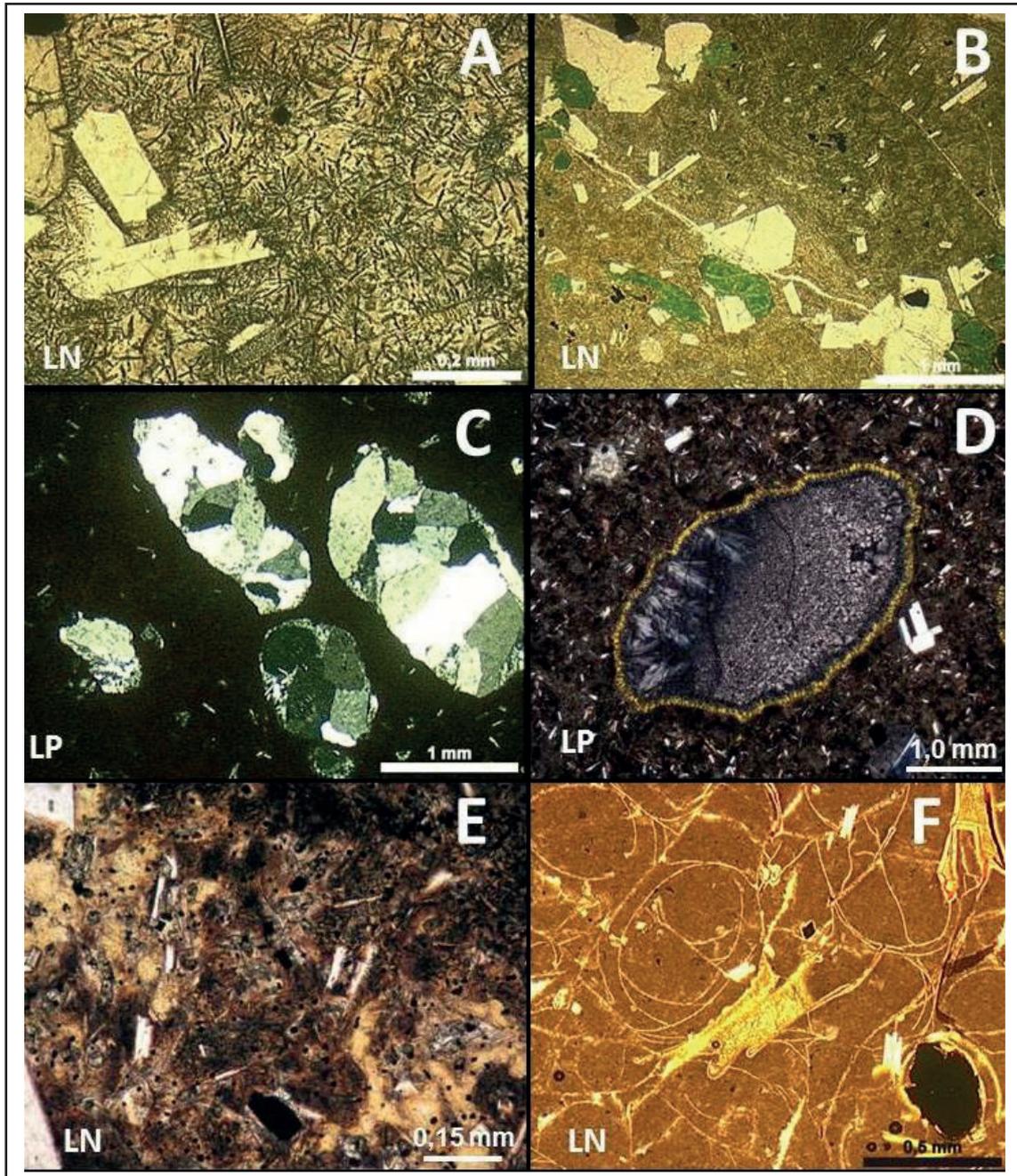
**Figura 1** – Frentes de lavra nos garimpos estudados. A – Talude de lavra em Galópolis (CX2), com altura aproximada de 30 metros, em rocha alterada, mas ainda consistente. B – Garimpo desenvolvido em regolitos, em Santa Lúcia do Piaí (CX1); C e D – Cavas subterrâneas, abertas em vitrófiros do tipo *pichstone* (NB).

Quando examinadas ao microscópio petrográfico, tanto as rochas macroscopicamente vítreas, como as de textura afanítica a afírica, mostram muitas semelhanças e diferem apenas pelos teores de vidro: em torno de 60% nas primeiras e em torno de 40% nas últimas (Juchem, 2014) (Fig. 2A e 2B). Essas rochas são constituídas por microfenocristais de plagioclásio (labradorita/andesina), piroxênio (augita/pigeonita) e opacos (magnetita titanífera) e micrólitos de mesma composição, envolvidos por uma matriz vítrea. Podem ocorrer, dentre outras, textura glomerporfírica (Fig. 2A e 2B) envolvendo principalmente microfenocristais de plagioclásio e de piroxênio e por vezes opacos.

Na matriz vítrea identificam-se feições de cristalização incipiente, como cristálitos fibrosos a aciculares (Fig. 2A), eventualmente em agregados radiados a esferulíticos e núcleos de desvitrificação.

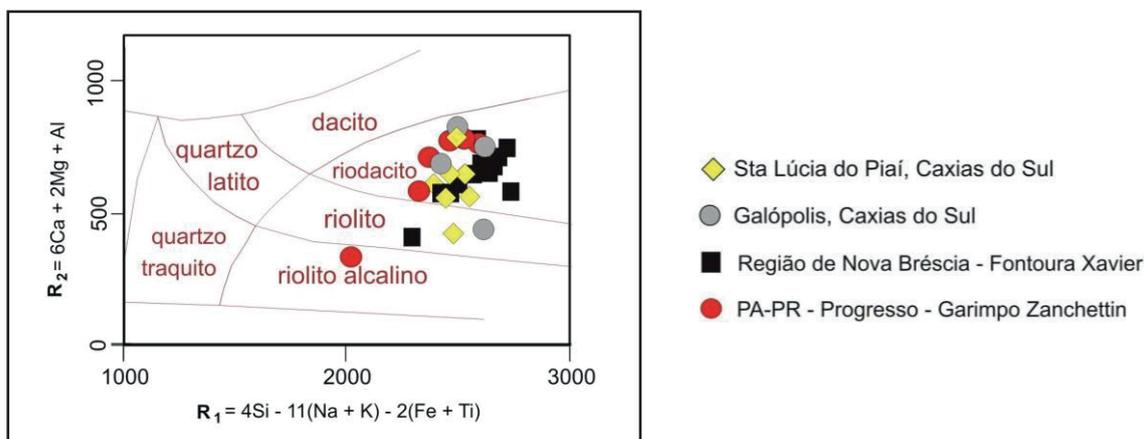
Texturas amigdalóides podem ocorrer em rochas associadas aos níveis mineralizados (Fig. 2C), e o preenchimento dessas cavidades por fases silicosas requer

um estudo mais detalhado dos materiais dispostos nas pilhas, para evitar o uso de níveis com teores inadequados de quartzo. Também podem ocorrer cavidades preenchidas por argilominerais, quartzo e possíveis zeólitas (Fig. 2D). Observou-se também alteração da matriz para minerais argilosos e minerais aciculares (Fig. 2E) e fraturas perlíticas em vitrófiros (Fig. 2F).



**Figura 2** – Fotomicrografias representativas das rochas. LN= Luz Natural; LP= Luz Polarizada. **A** – Vitrófiro do tipo *pitchstone* com microfenocristais de plagioclásio e piroxênio e matriz vítrea com abundância de micrólitos. **B** – Rocha semivítrea, com microfenocristais de plagioclásio e piroxênio, envoltos por micrólitos, vidro e cristálitos. **C** – Cavidades totalmente preenchidas (amígdalas) por quartzo. **D** – Rocha semivítrea, com amígdala revestida por argilominerais e preenchida parcialmente por fases silicosas e cristais fibroradiados de zeólitas (?); **E** – Produtos de desvitrificação em rocha semivítrea (argilominerais e minerais aciculares); **F** – Fraturas perlíticas em rocha vítrea do tipo *pitchstone*, com argilização associada.

O diagrama da figura 3, mostra que a composição química das rochas dos garimpos quando plotadas em gráficos de classificação geoquímica (e.g. De La Roche *et al.*,1980), podem em sua maioria ser classificadas como riódacitos, e apenas algumas amostras são de riólitos. Segundo a classificação litogeoquímica proposta por Nardy *et al.* (2008) para as rochas ácidas do vulcanismo Serra Geral, as rochas das áreas estudadas são do tipo magmático Palmas (ATP), tanto pelo critérios composicionais, como pelo aspecto macroscópico afanítico a afírico e textura hipoalinala ao microscópio.



**Figura 3** – Diagrama de classificação litogeoquímica de De La Roche *et al.* (1980), indicando que a maioria das rochas estudadas são riódacitos. Modificado de Juchem (2014).

Dentre 30 amostras de rochas analisadas para os níveis mineralizados ou estéreis, foram selecionadas 14 (Tabela 1) que cumprem ou se aproximam do parâmetro Soma de Bases (SB) estabelecido pela IN MAPA 05/2016 ( $K_2O + CaO + MgO \geq 9\%$ ). O intervalo de valores deste conjunto quanto ao parâmetro SB fica entre 8 e 10%, e os teores de  $K_2O$  mostram-se bastante expressivos (valores médios entre 3 e 9%), com destaque para as rochas do garimpo Zanchettin (amostras PA-PR1-B e PA-PR1-D). Essas 14 rochas têm percentuais variados de  $CaO$  (0,63 a 5,18%) e  $MgO$  (0,32 a 2,14%) e podem ser consideradas mais propriamente como fontes de K, portando também o micronutriente Fe e o nutriente secundário Si, além de P. Todas as amostras apresentam teores de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) dentro dos limites propostos pela norma IN MAPA 05/2016.

Análises de bancos de dados litoquímicos (Bergmann *et al.* 2013) revelam que são bastante raras as rochas de afiliação ácida da Formação Serra Geral que apresentam  $SB \geq 9\%$ , o que ressalta a potencialidade dos dacitos vítreos e semivítreos ácidos das lavras de ametista de Caxias do Sul e região de Nova Bréscia-Progresso para remineralização de solos.

Observa-se que várias rochas presentes ou intercaladas nos derrames mineralizados contam com teores de  $K_2O$  entre 3,5 e 5%, e SB inferior a 9%, o que abre a possibilidade de composição de misturas entre os litotipos disponíveis nas pilhas de descarte das lavras de ametista. Outra alternativa é a blendagem (mistura) com rochas basálticas, que afloram em cotas inferiores às rochas riódacíticas nas mesmas regiões, ou com seus finos de britagem. A possibilidade de misturas com termos vulcânicos de composição basáltica aponta para a obtenção de um agromineral multinutriente, com teores mais significativos de  $CaO$  e  $MgO$ , ao mesmo tempo em que pode diluir eventuais teores indesejados de quartzo. Os altos percentuais de  $K_2O$  de algumas das rochas disponíveis nas pilhas de descartes permitem que uma mistura desse tipo não dilua de forma considerável o nutriente K. Não obstante, rochas exemplificadas pela

amostra CX2-2 já se constituem naturalmente em fontes de multinutrientes, com teores satisfatórios de K<sub>2</sub>O, CaO e em menor grau de MgO, além de Fe e Si.

**Tabela 1** – Teores de sílica, álcalis, soma de bases (SB), micronutriente (Fe) e de fósforo, em 14 amostras de rochas selecionadas como as de maior potencial para remineralização de solos.

AMOSTRA	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SB	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
CX1-1	58,68	3,91	4,16	1,17	9,24	6,84	0,27
CX1-6	66,43	4,42	2,58	1,11	8,11	6,63	0,26
CX2-1	64,70	3,06	3,64	1,38	8,08	6,56	0,25
CX2-2	57,25	3,57	4,34	2,14	10,05	6,91	0,27
CX2-5	66,10	4,31	3,18	1,2	8,69	6,65	0,27
NB-2	59,39	1,36	5,18	1,99	8,53	6,36	0,28
NB-6	66,56	4,88	2,53	1,31	8,72	6,21	0,26
NB-9	67,76	5,18	2,56	0,87	8,61	6,80	0,26
NB-10	65,47	3,34	3,47	1,36	8,17	6,15	0,25
NB-12	67,67	4,74	2,35	1,03	8,12	6,12	0,25
PA-PR1-A	65,14	3,09	3,51	1,41	8,01	6,22	0,26
PA-PR1-B	66,02	5,59	2,66	0,91	9,16	5,62	0,27
PA-PR1-D	68,19	9,09	0,63	0,32	10,04	6,46	0,26
PA-PR1-E	64,93	3,18	3,53	1,51	8,22	6,32	0,26

As restrições ao uso destes materiais podem estar ligadas ao conteúdo de quartzo, mineral inerte limitado pela Instrução Normativa em 25%. A baixa cristalinidade das rochas torna difícil a estimativa de quartzo, e requer o uso de técnicas investigativas como Difractometria de raios-X quantitativa (DRX Rietveld). A própria cristalinidade do quartzo pode ser também investigada pelo mesmo método, pela análise da largura dos picos característicos deste mineral. Uma baixa cristalinidade do quartzo poderia reforçar o potencial destas rochas enquanto fontes de sílica.

De maneira geral, ficam indicadas para testes agrônômicos o conjunto das rochas que fazem parte do presente estudo, de maneira a validar ou não seu potencial enquanto fontes de K, Ca, Si, Fe e em menor proporção Mg.

Cabe destacar a indicação do Garimpo Zanchetin, no município de Progresso, como fonte de materiais que podem dar prosseguimento à investigação do potencial dos riodacitos vítreos mineralizados com ametista no RS enquanto remineralizadores de solos, por se constituir no único empreendimento regularizado e operante, e também pelas características químicas e petrográficas das suas rochas, além do grau de sanidade das rochas envolvidas (Fig. 4A).

A própria agricultura familiar desenvolvida nas proximidades de alguns garimpos, que compreende plantios de frutíferas como macieiras e cítricos (Fig. 4B) poderia se beneficiar do aporte destes insumos, que também mostram, pela sua composição, serem próprios à cultura de grãos e pastagens.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os riodacitos vítreos e semivítreos das lavras de ametista dos municípios de Caxias do Sul e região de Nova Bréscia-Progresso, apresentam características de composição química e mineralogia que apontam para seu potencial enquanto rochas próprias para a remineralização de solos. Dentre os oito garimpos que foram

pesquisados para este estudo, o Garimpo Zanchettin encontra-se em atividade e está regularizado, o que disponibiliza descartes de mineração que podem vir a constituir um agromineral rico em K, Ca e Sílica, com teores menos relevantes de Mg. As diferentes rochas envolvidas nos desmontes para extração da ametista podem ainda constituir eventuais misturas com rochas ou finos de britagem de composição basáltica de empreendimentos vizinhos, aumentando os teores de Ca, Mg e de micronutrientes.



**Figura 4** – Extração de geodos utilizando martelote pneumático na rocha pouco alterada no Garimpo Zanchettin (A) e cultivo de macieiras nas proximidades do garimpo de Santa Lúcia do Piaí (B).

A disponibilidade do K em solos fica fortemente indicada pelos teores deste elemento e pelo fato de o mesmo estar presente na matriz vítrea de rochas como vitrófiros do tipo *pitchstone* e de rochas semivítreas. Como fatores adicionais, os produtos de desvitrificação destas litologias portam comumente argilominerais com estrutura 2:1 e zeólitas, que podem aumentar a Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC) em solos, e a ocorrência de vidros perlíticos naturais aponta para a possibilidade de mais um produto agromineral. Indicam-se análises mineralógicas com emprego de Microsonda Eletrônica para a identificação precisa desses minerais na matriz das rochas estudadas, bem como análises com Difractometria de raios-X com a mesma finalidade e para determinar o percentual e a cristalinidade do quartzo (DRX Rietveld), mineral inerte com limite regulado em remineralizadores de solos.

Testes agrônômicos são necessários para determinar o desempenho dos riocacitos vítreos enquanto rochas fontes de K e de multinutrientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P. Transição agrogeológica de sistemas produtivos familiares no sul do Paraná e Planalto Catarinense - o relato da experiência com o pó de basalto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1, Anais. Brasília. **Resumos Estendidos... p 167-172**. Planaltina DF, Embrapa Cerrados, 2010.
- BAMBERG, A.L.; SILVEIRA, C.A.P.; POTES, M.L.; PILLON, C.N.; LOUZADA, R.; CAMPOS, A.A. Dinâmica da liberação de nutrientes por diferentes tipos de rochas em coluna de lixiviação. Anais 33 Cong. Brasileiro de Ciência do Solo. 2011. Uberlândia, MG.
- BERGMANN, M.; SILVEIRA, A. P.; BANDEIRA, R.; BAMBERG, A.L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. F. Representação de dados litoquímicos em rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná: uma ferramenta para investigação do potencial de uso agrônômico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Resumos Estendidos ... p.190-199**. Poços de Caldas: Petrobras. Embrapa, 2013.
- FERSTENSEIFER, C. H. A ametista e a ágata no Vale do Taquari, RS – um contexto histórico e o desenvolvimento do Programa em Rede de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral. In: Tecnologia para o desenvolvimento de gemas, joias e mineração. Léo Afrâneo Hartmann & Juliano Tonezer da Silva, Orgs. IGEO-UFRGS, 2010. p. 285 – 300.
- FRANK, H. T.; GOMES, M. E. B.; FORMOSO, M. L. L. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. Pesquisas em Geociências, 36 (1): 49-57, jan./abr. 2009 Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- GRECCO, M.F.; BAMBERG, A.L.; POTES, M.L.; LOUZADA, R.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M. Efeito de rochas moídas e torta de tungue sobre a concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (*Zea mays*). II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2013., pg 101-108) e o do Adilson
- GRECCO, M. F.; BAMBERG, A.L.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M.; PINTO, L.F.S. Efeito Residual de Agrominerais Sobre a Concentração e Acumulados de Nutrientes K, Ca e Mg na Parte Aérea de Plantas de Aveia Preta (*Avena strigosa*). 2015. [http://www.cbcs2015.com.br/anais/index\\_int.php?id\\_trabalho=2510&ano=&ev=#menuanais](http://www.cbcs2015.com.br/anais/index_int.php?id_trabalho=2510&ano=&ev=#menuanais)
- HOPPE, B. S. Geologia e mineralogia dos depósitos de ametista da região entre Progresso e Nova Bréscia, RS. Instituto de Geociência/UFRGS [65 f.] il. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação). 2012. Orientador: Pedro Luiz Juchem. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/65637>
- IN MAPA, 2016: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa MAPA nº 5 de 10/03/2016. *Diário Oficial República Federativa do Brasil*, Brasília. <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317444>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- JUCHEM, P. L. Mineralizações de ametista em riodacitos do Grupo Serra Geral. In: Mineralogia e exploração mineral no Grupo Serra Geral Hartmann, L.A. e Baggio, S.B. (org.) Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2014. p. 41-54. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/344457101\\_mineralizacoes\\_de\\_ametista\\_em\\_riodacitos\\_do\\_grupo\\_serra\\_geral\\_provincia\\_vulcanica\\_parana](https://www.researchgate.net/publication/344457101_mineralizacoes_de_ametista_em_riodacitos_do_grupo_serra_geral_provincia_vulcanica_parana)
- JUCHEM, P. L.; DUARTE, M. B.; ALTHAUS, C. E. Serra Geral amethyst-bearing acid rocks in Rio Grande do Sul State, Brazil In: Boletim de Resumos do VI Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados 2015, São Paulo. Sociedade Bras. de Geologia, p.48. Disponível em [http://sbgeo.org.br/assets/admin/imgCk/files/vulcanismo\\_boletim\\_resumos.pdf](http://sbgeo.org.br/assets/admin/imgCk/files/vulcanismo_boletim_resumos.pdf)
- KNAPIK, B.; SILVA, F. J. P.; KNAPIK, J. G. Pó de basalto: experimentos do Médio Iguaçu. Porto União, SC; União da Vitória, PR: Secretaria de Estado da Ciência Tecnologia e Ensino Superior, 2007.
- NARDY, A.J.R., MACHADO, F.B., OLIVEIRA M.A.F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. Revista Brasileira de Geociências, v. 38, n.1, p.178-195, 2008.
- SIRTOLI, M.; JUCHEM, P. L.; AUGUSTIN, A.H. Depósitos de ametista em Caxias do Sul (RS) nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Anais do III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. 2005. Cabo Frio, RJ. Soc. Bras. Geologia - Núcleo R. Janeiro/Espírito Santo. p. 53-58.